

林地残材の燃料材利用のための 作業システムの提案

令和6年度 林野庁補助事業
「林地残材等利用環境整備事業」
成果報告

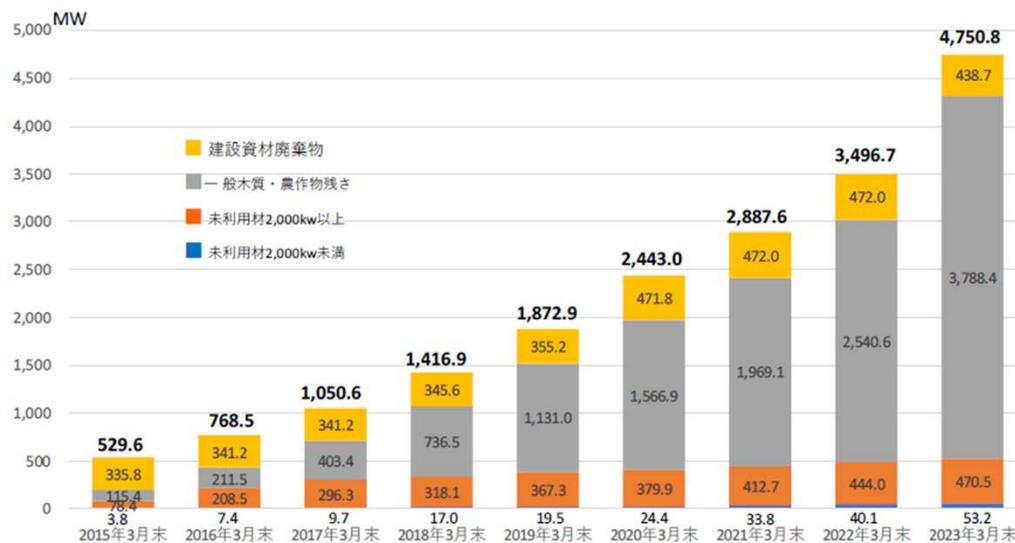
令和7年2月20日

一般社団法人 日本木質バイオマスエネルギー協会

1. 事業の目的と実施内容
2. 林地残材利用実証調査の内容
 - ① 坂井森林組合(福井県)
 - ② 真名畑林業(株)(福島県)
 - ③ 実証調査から得られた作業工程の整理
3. モデル的な林地残材収集システムの設計
4. 各収集システムのコスト試算
5. 林地残材収集による地拵えコストの低下
6. まとめ

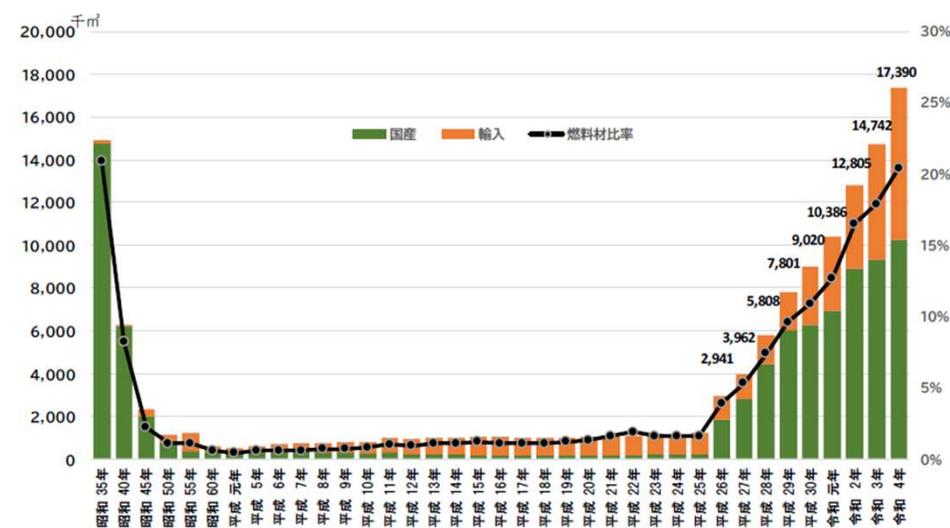
燃料材の概況

- 木質バイオマス発電導入容量の増加
- FIT制度の導入以降、国内の燃料材需要量は大幅に拡大
- 燃料材需要は国内木材需要量の20%を超える状況



資料：資源エネルギー庁「再生可能エネルギー電気の利用の促進に関する特別措置法 情報公表用ウェブサイト」

図 木質バイオマス発電導入(稼働)容量の推移

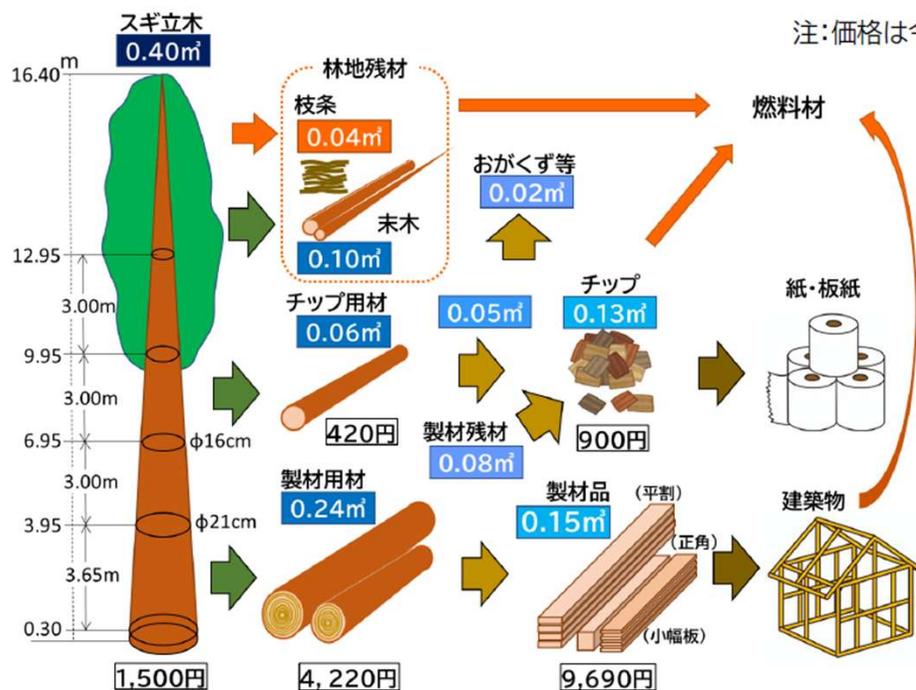


資料：林野庁「木材需給表」

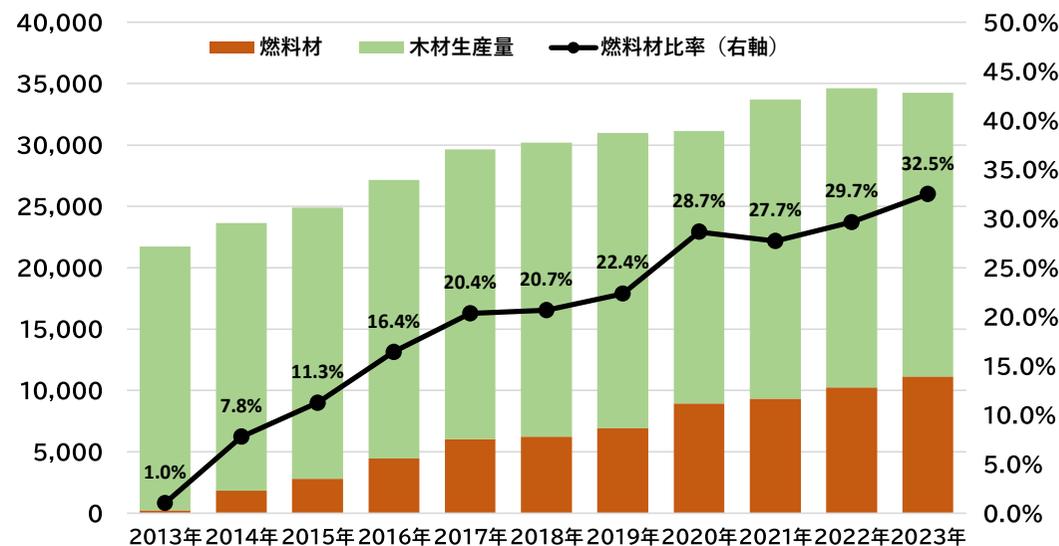
図 我が国における燃料材需要量の推移

燃料材の概況

- ・燃料材はマテリアル需要に伴い副次的に供給される
- ・近年の推移は燃料材の供給量の伸びがマテリアル需要量の伸びよりも大きい



資料：農林水産省「木材需給報告書」、日本不動産研究所「山林素地及び立木価格調」

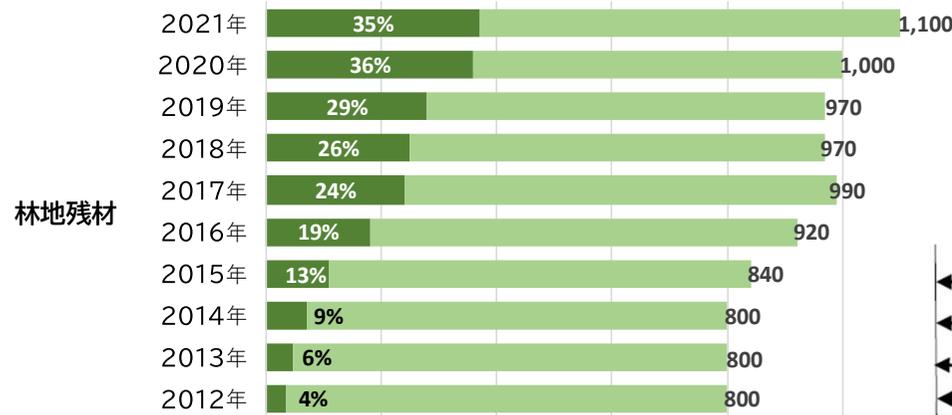


資料：林野庁「木材需給表」

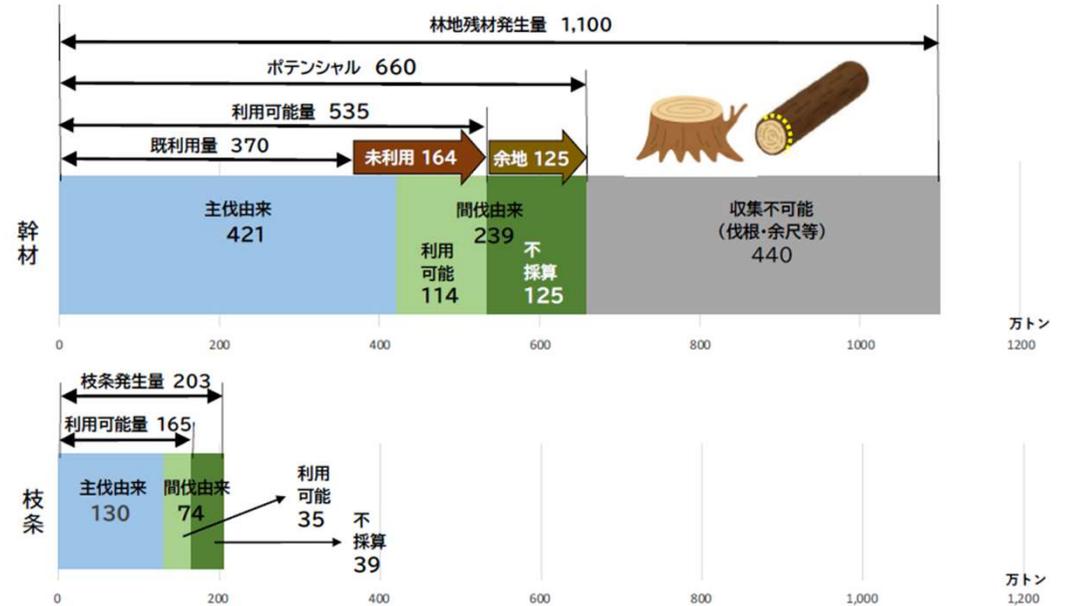
図 木材生産量に占める燃料比率の推移

林地残材の利用状況

・燃料材の安定供給を実現するためには
利用率が未だ低位な林地残材の利用を促進



資料:農林水産省「バイオマス種類別の利用率等の推移」



出典:令和5年度林野庁「地域内エコシステム」リビングラボ事業「木質バイオマス燃料の安定供給システム構築に関する調査」

林地残材の利用状況

林地残材利用の課題

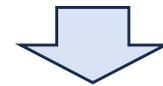
- ・林地残材は、林内に分散的に存在
- ・末木、枝条など質量に比べてかさばる
- ・収集・運搬・チップ化の作業が煩雑



採算性が確保できず、放置される場合が多い



利用促進のためには林地残材利用コストが、チップ買取価格以下となる必要がある



本事業では、

- ・林地残材利用の作業工程の整理と
- ・林地残材コストの試算を行う



林地残材利用の促進のために本事業では…

① 実証事業体での林地残材利用の作業工程を調査

| 事業体名 | 施業地の概要 | | | | 作業概要 | 使用機械 |
|-----------------|-------------------|---------|----|-----|--|---------------------------------------|
| 坂井森林組合 (福井県) | 民有林(福井県坂井市) | | | | 林地残材を施業地から中間土場・バイオマスセンターに収集し、移動式チップパーで破碎 | グラップル・フォワーダ・トラック・移動式チップパー |
| | 面積 | 2.05ha | 樹種 | スギ | | |
| 真名畑林業 (福島県) | 国有林(関東森林管理局棚倉営林署) | | | | 林地残材を山土場に集積し、移動式チップパーで破碎 | グラップル・フォワーダ・移動式チップパー・コンテナ・コンテナ搭載式トラック |
| | 面積 | 10.53ha | 樹種 | コナラ | | |

② 効率的な林地残材利用システムを構築し、作業内容を元に採算性評価のためにコストの算出

②で得られた作業内容を元に、チップ生産場所に応じた効率的な作業システムの構築
 例:山土場でチップ化した場合の作業内容・作業時間・生産量・作業員の人件費・使用機械の費用を整理
 →チップ1tの生産コストの算出

③ 林地残材収集による地拵えコスト削減効果を試算し、再造林コストの削減による林地残材収集の採算性の向上を定量的に評価する

※地拵えとは放置される林地残材を再造林の際に整理する作業のこと

→ チップ化生産の作業内容とコストの参考にガイドブックの作成

→ 林地残材利用の促進のために林地残材利用コストの算出と作業内容の周知が可能

1. 事業の目的と実施内容

2. 林地残材利用実証調査の内容

- ① 坂井森林組合(福井県)
- ② 真名畑林業(株)(福島県)
- ③ 実証調査から得られた作業工程の整理

3. モデル的な林地残材収集システムの設計

4. 各収集システムのコスト試算

5. 林地残材収集による地拵えコストの低下

6. まとめ

実証調査に当たり前提とした条件

- 作業間での木材の重量変化

一連の作業中では水分量の変化による木材重量の変化は微小と考えられるため、林地残材とそれをチップにした際の重量に変化はないものとして試算

- 広葉樹のチップ重量とその材積

本調査では以下の条件で広葉樹(コナラ)の材積当たりチップ重量を試算

| コナラ | (生重量事条件:水分率21% 含水率27%) | | | |
|--------------------|------------------------|--------|-------------------------------|-----------------------|
| 生丸太材積 (m^3) | 絶乾重量 (t) | 生重量(t) | チップ材積 (見かけ材積) (m^3) | チップ重量 (kg/m^3) |
| 1.00 | 0.75 | 0.95 | 3.00 | 316.7 |

※針葉樹のチップ重量は坂井森林組合の実証調査より $292kg/m^3$ が算出

1. 事業の目的と実施内容
2. 林地残材利用実証調査の内容
 - ① **坂井森林組合(福井県)**
 - ② 真名畑林業(株)(福島県)
 - ③ 実証調査から得られた作業工程の整理
3. モデル的な林地残材収集システムの設計
4. 各収集システムのコスト試算
5. 林地残材収集による地拵えコストの低下
6. まとめ

坂井森林組合:福井県あわら市
 正組合員 1457名
 組合員所有森林面積 9,189ha
 現場職員 25名



チッパー:オーストリア・MUS-MAX社製 9XL(切削)
 トラクター:フィンランド・VALTLA社製 T254A



チッパー:コマツBR-200T(破碎) 2台



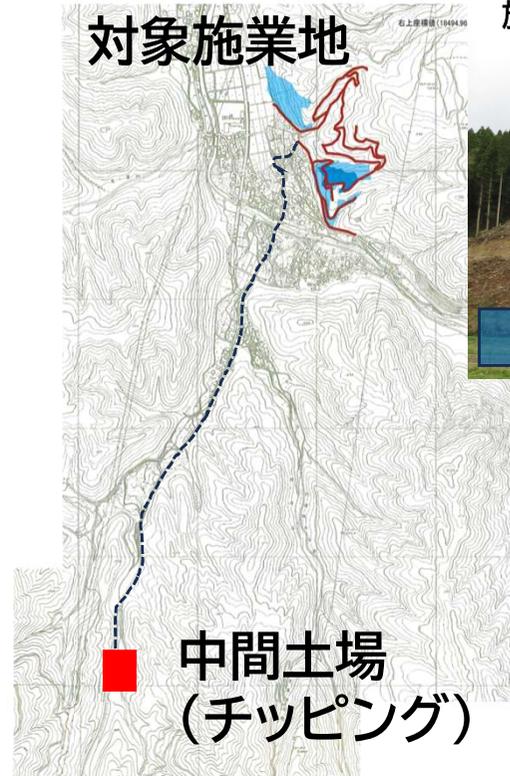
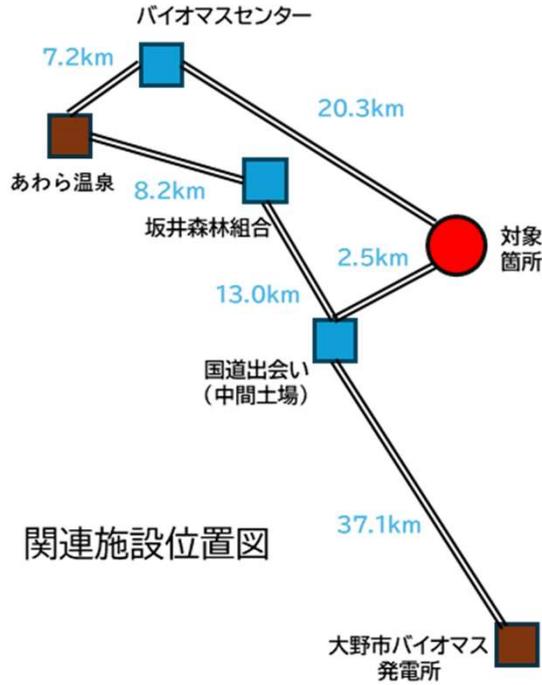
KETO製ハーベスタ150
 ロングリーチベースマシン
 4台



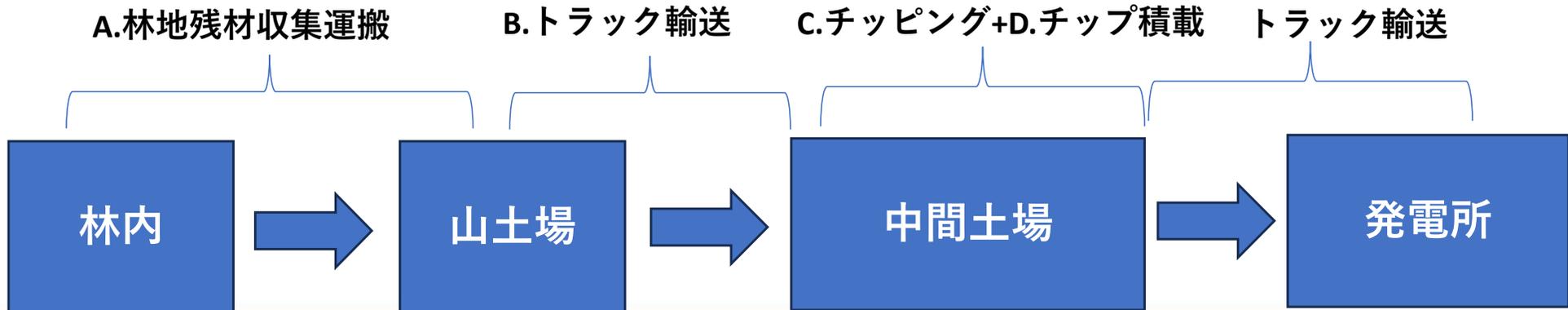
グラブプル5台



フォワードダイワフジ製U6BG (最大積載5.5 t)
 5台



施業地の様子



A. 林地残材収集運搬

場所: 林内 → 山土場 使用機械: グラップル(1名) フォワーダ(1名)



林内

①積載
林地残材の積載
(フォワーダ・グラップル)
※積載中、フォワーダ作業員は待機

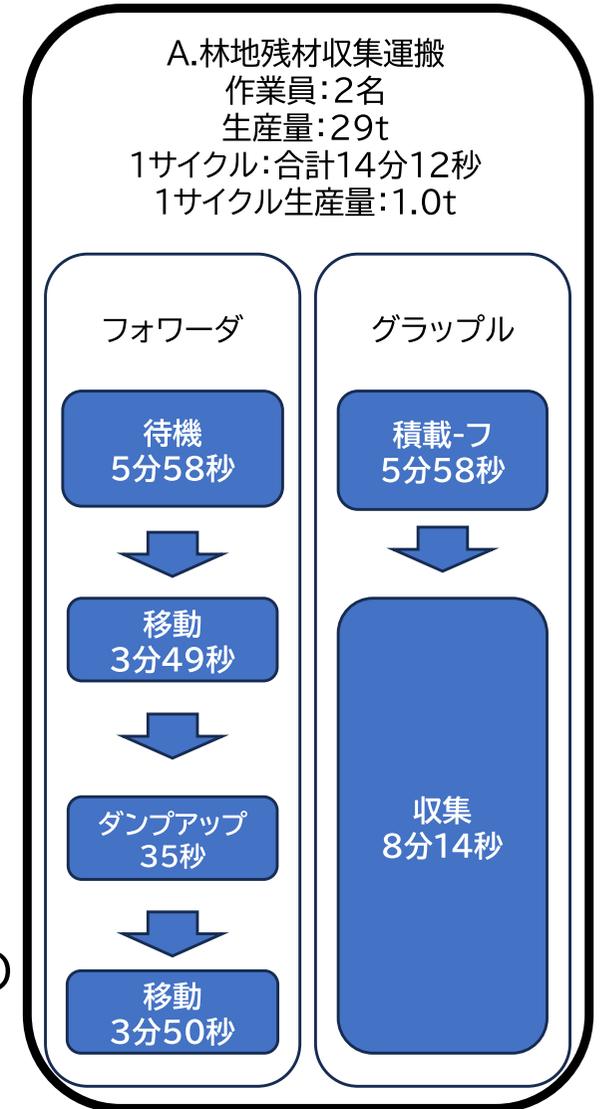


山土場

②移動
(フォワーダ)

③ダンプアップ
(フォワーダ)

※フォワーダ運搬中(②+③)は
グラップルは林内で林地残材の
収集



B.トラック輸送

場所:山土場→中間土場 使用機械:4tトラック+グラップル(1名)

山土場



①集積準備
(トラック・グラップル)
※位置調整等

山土場



②林地残材4t車積載
(トラック・グラップル)

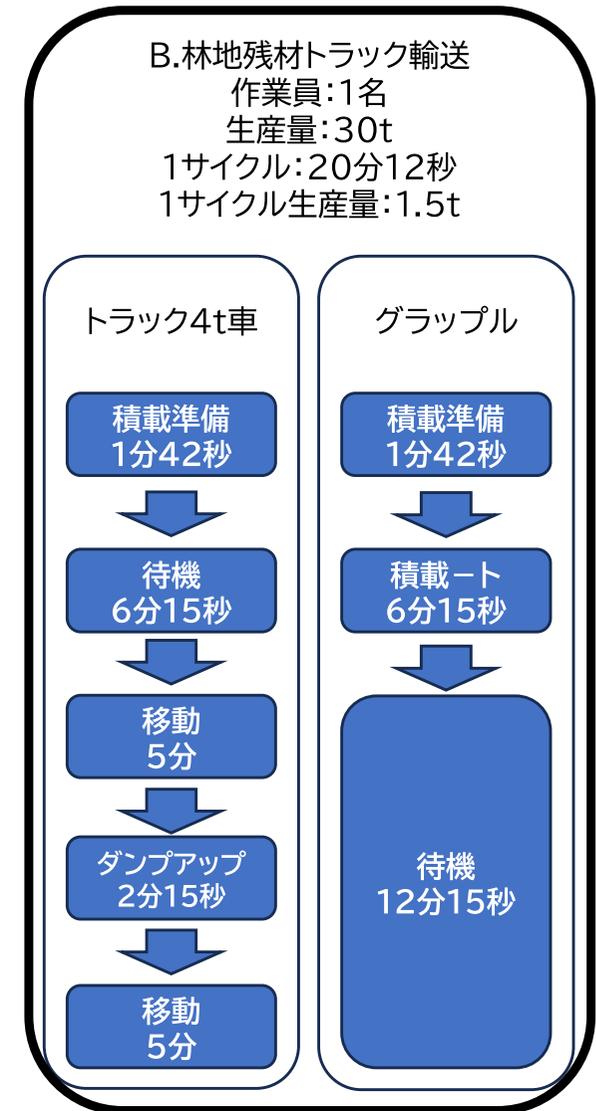
①へ

中間土場



③移動 (トラック)
(往復5km)

④ダンプアップ
(トラック)



C.チップ生産+D.チップ積載

場所:バイオマスセンター(BC) 使用機械:グラップル+チッパー機(1名)

※調査時、中間土場でのチップ生産は行っておらず、バイオマスセンターで同様の作業を行っていたため、バイオマスセンターでの調査内容を記載

林地残材の破碎チップ製造

BC



野積みされたチップ
ホイールローダによる整理

BC



中間土場の様子

中間土場



25tトラックへのチップ
積載機械は下表のとおり

表.チップ積載時間

| 場所 | BC | 中間土場 |
|------------------|---------|-------|
| 使用機械 | ホイールローダ | グラップル |
| 25tトラックへのチップ積載時間 | 20分 | 30分 |

※25tトラック積載量14.6t(50m³)
チップの体積当たり重量は293kg/m³

C.チップ生産
作業員:1名
生産量:73.6t
連続稼働
1時間当たり生産量:10.5t

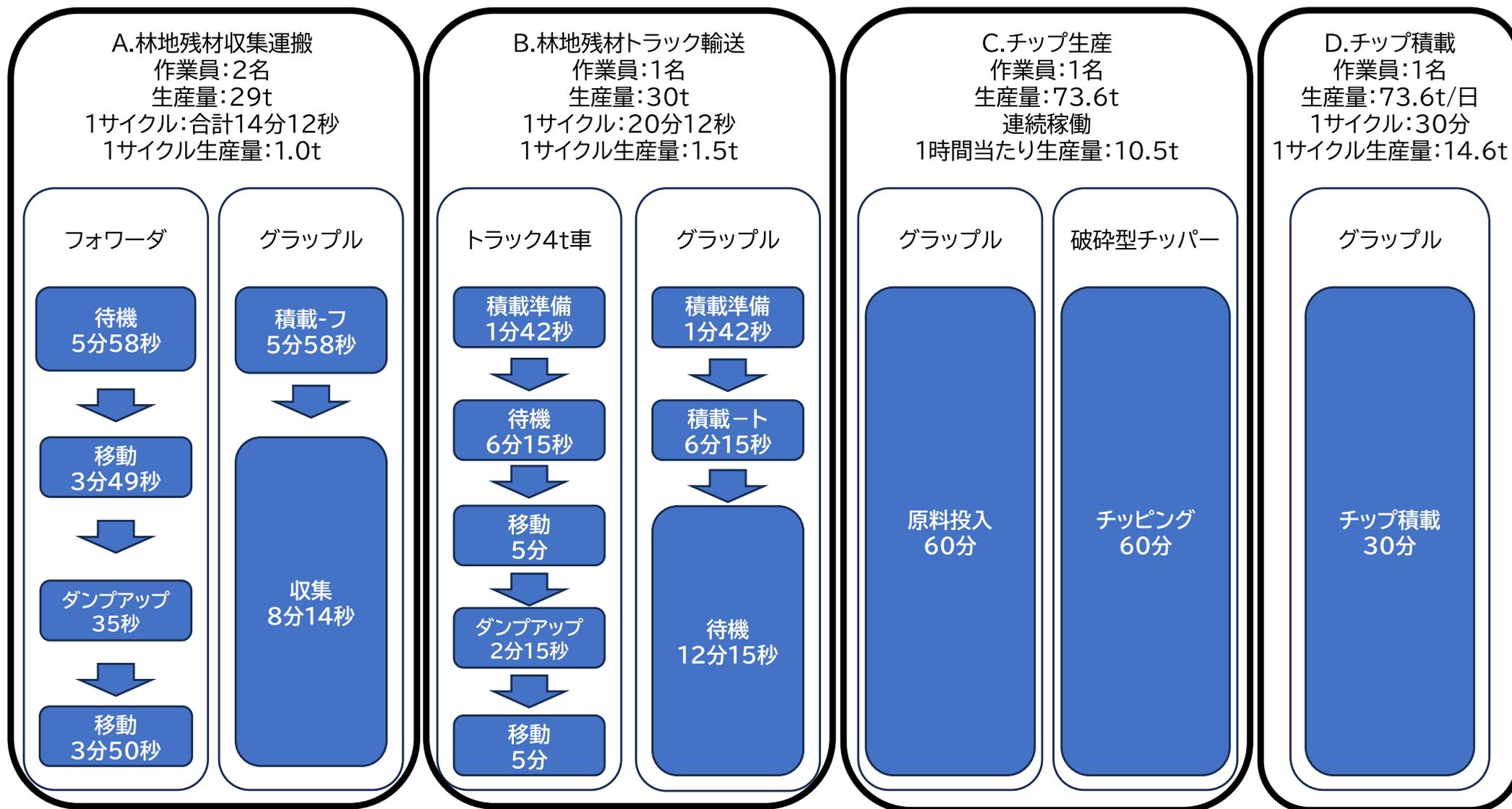
グラップル

破碎型チッパー

原料投入
60分

チップング
60分

林地残材収集システムの各作業時間



※参考バイオマスセンター: チップ積載でホイールローダー使用時は1サイクル20分

1. 事業の目的と実施内容
2. 林地残材利用実証調査の内容
 - ① 坂井森林組合(福井県)
 - ② **真名畑林業(株)(福島県)**
 - ③ 実証調査から得られた作業工程の整理
3. モデル的な林地残材収集システムの設計
4. 各収集システムのコスト試算
5. 林地残材収集による地拵えコストの低下
6. まとめ

真名畑林業有限会社
福島県東白川郡塙町
素材生産量: 3万6千m³/年
造林面積: 20ha/年
従業員: 26名



令和5年度伐採箇所



グラップルによるチッパーへの残材投入



コンテナ運搬用フォワーダ



フォワーダへのコンテナ搭載

令和5年秋導入

**移動式
チッパー**



新たなシステム

①

コンテナ付き
フォワーダ

山土場

コンテナ搭載
トラック

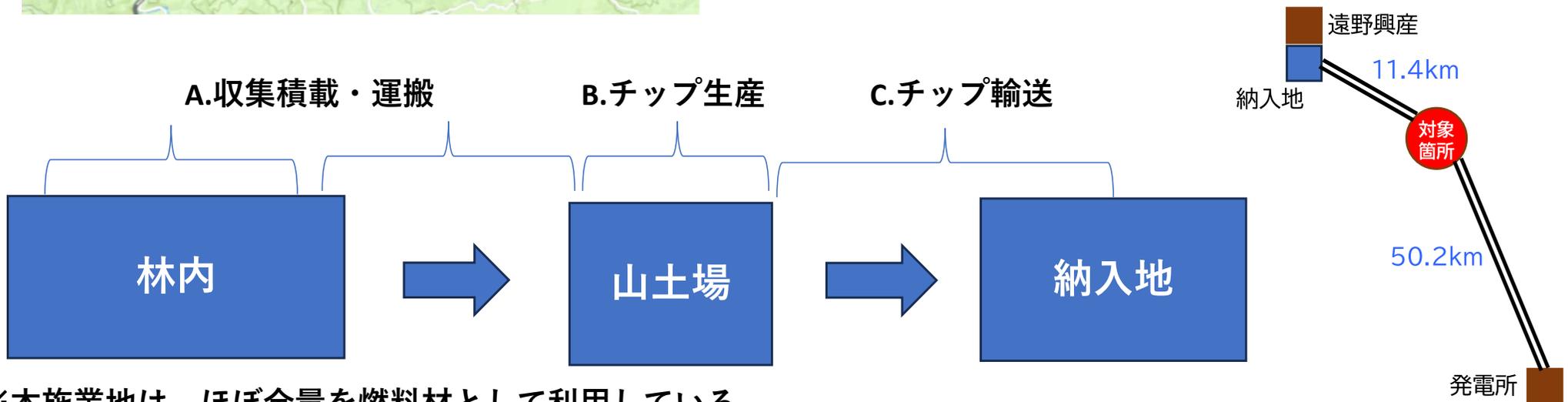
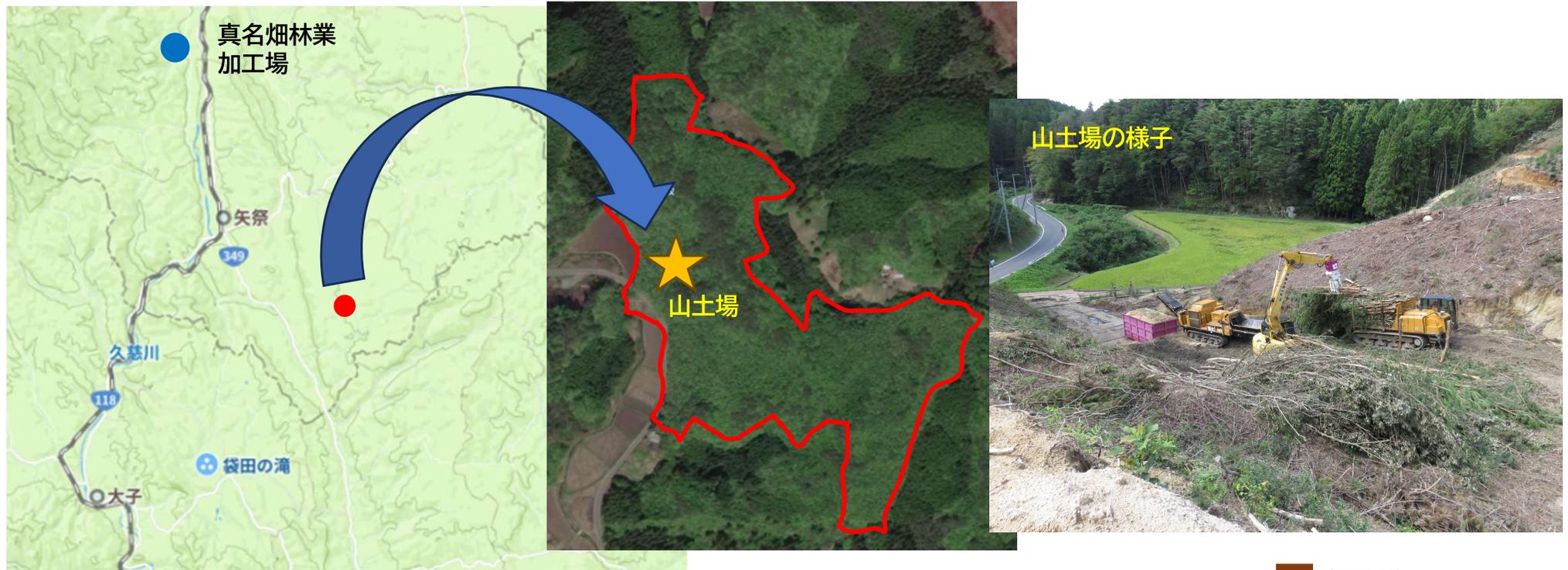
②

グラップル
山土場集積

**移動式
チッパー**

コンテナ搭載
トラック

チップ形態
で販売



※本施業地は、ほぼ全量を燃料材として利用している。

A. <<収集積載・運搬>>

場所: 林内→山土場 使用機械: グラップル・フォワーダ 作業員: 1名

林内



① グラップルによる収集・フォワーダ積載
※ 収集中はフォワーダは待機

作業道



② 移動 往復: 200m

山土場



③ 降ろし作業(待機)

※ グラップルはチップ作業員が操作し、フォワーダ作業員は待機

A. 収集積載・運搬
作業員: 1名
1サイクル: 42分34秒
1サイクル生産量: 1.5t

グラップル

収集・積載
28分4秒

待機
(エンジン停止)
14分30秒

フォワーダ

待機
(エンジン停止)
28分4秒

移動
3分50秒

待機
6分50秒

移動
3分50秒

B. チップ生産

場所:山土場 使用機械:グラップル+チッパー機 作業員:1名



山土場



山土場

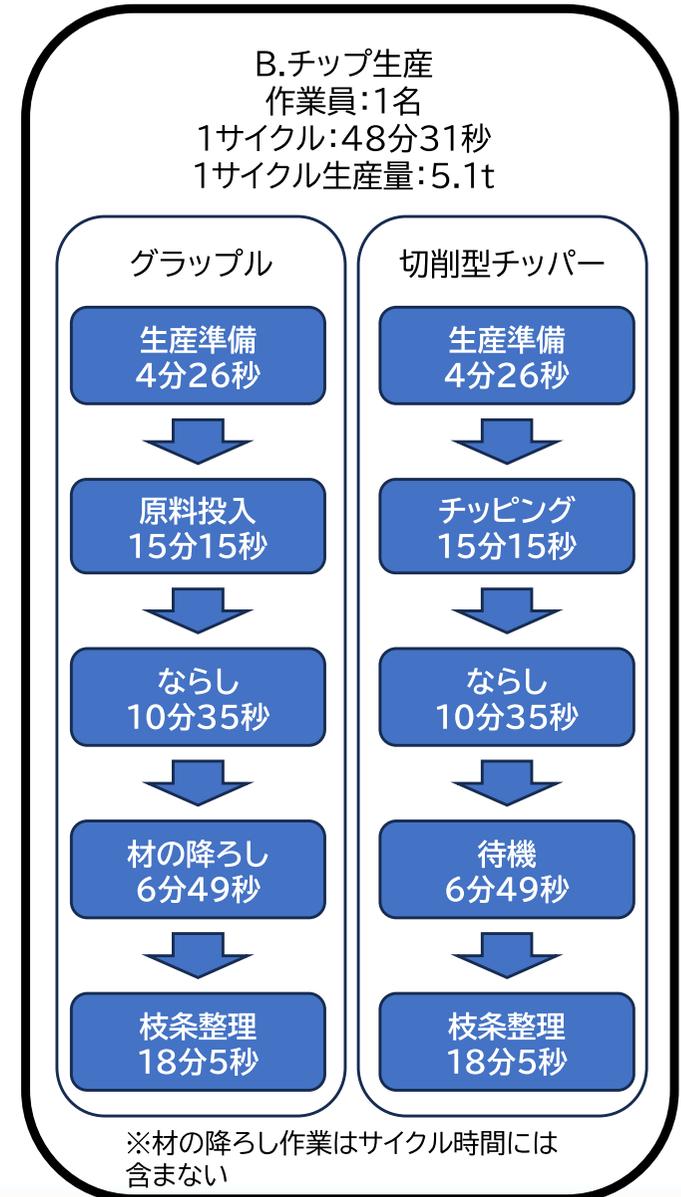


山土場

①生産準備
グラップル・チッパー機
(チッパー機方向転換等)

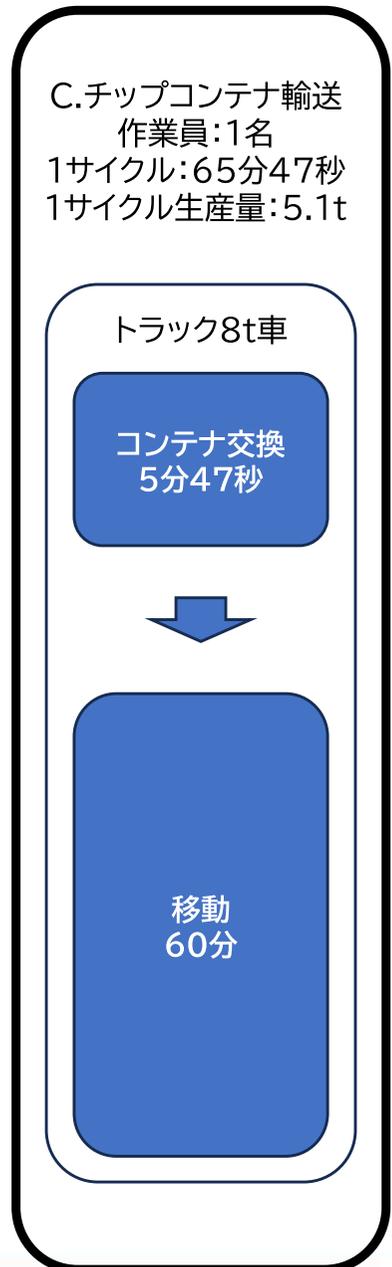
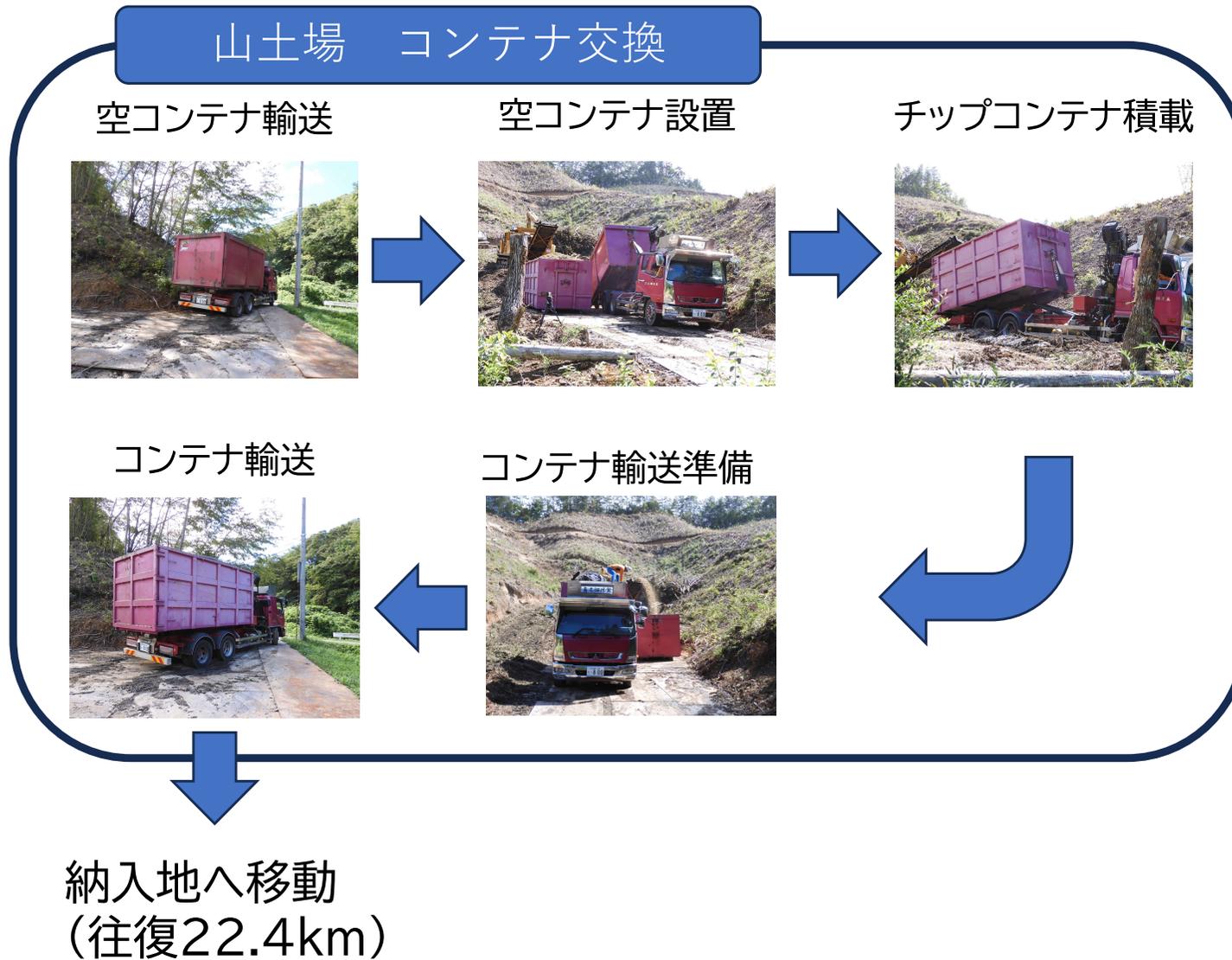
②チップ生産
グラップル・チッパー機
(材の投入/枝条整理)

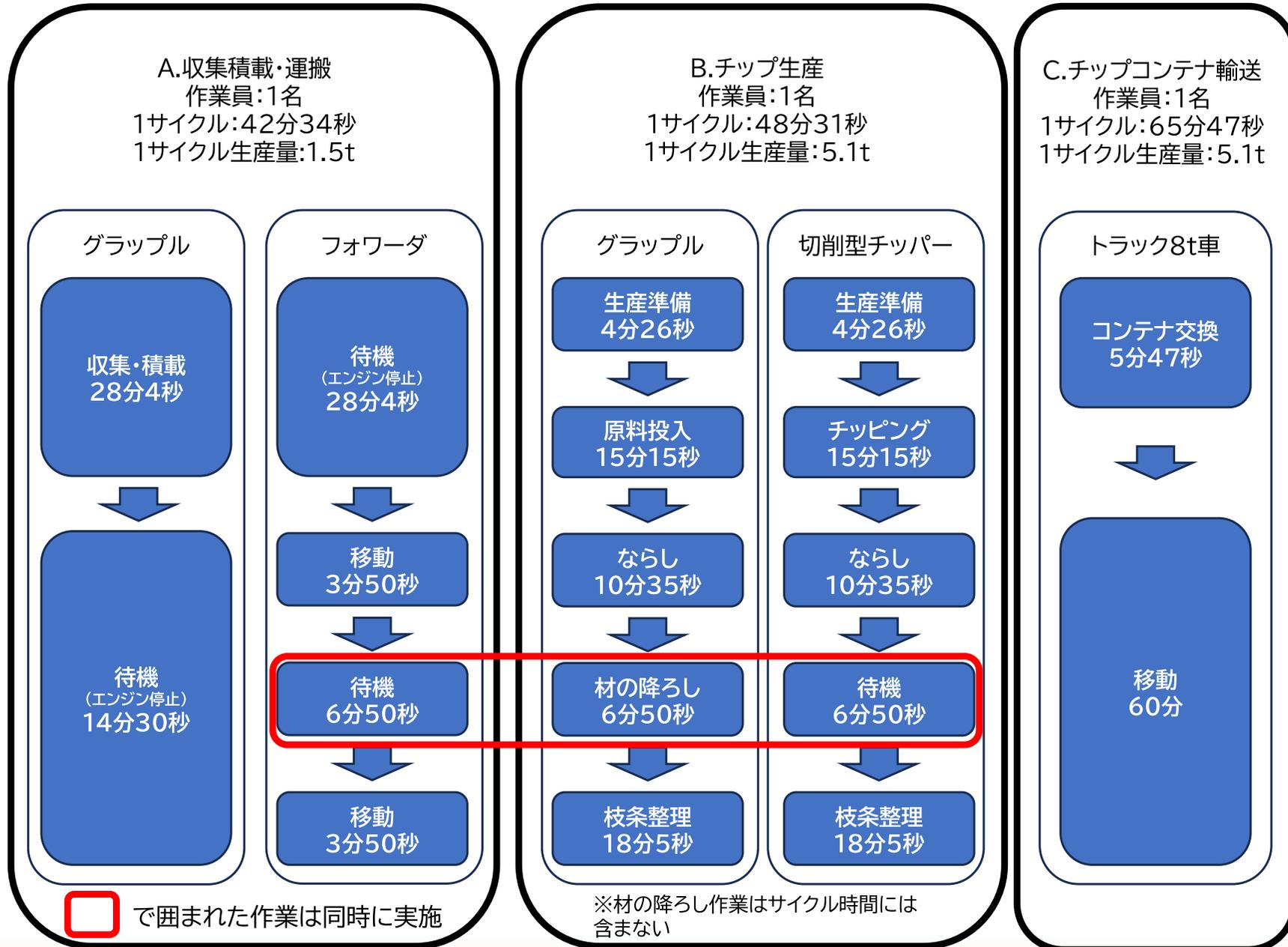
③コンテナのならし作業
グラップル



C.チップ輸送

場所:山土場→加工場 使用機械:トラック 作業員:1名

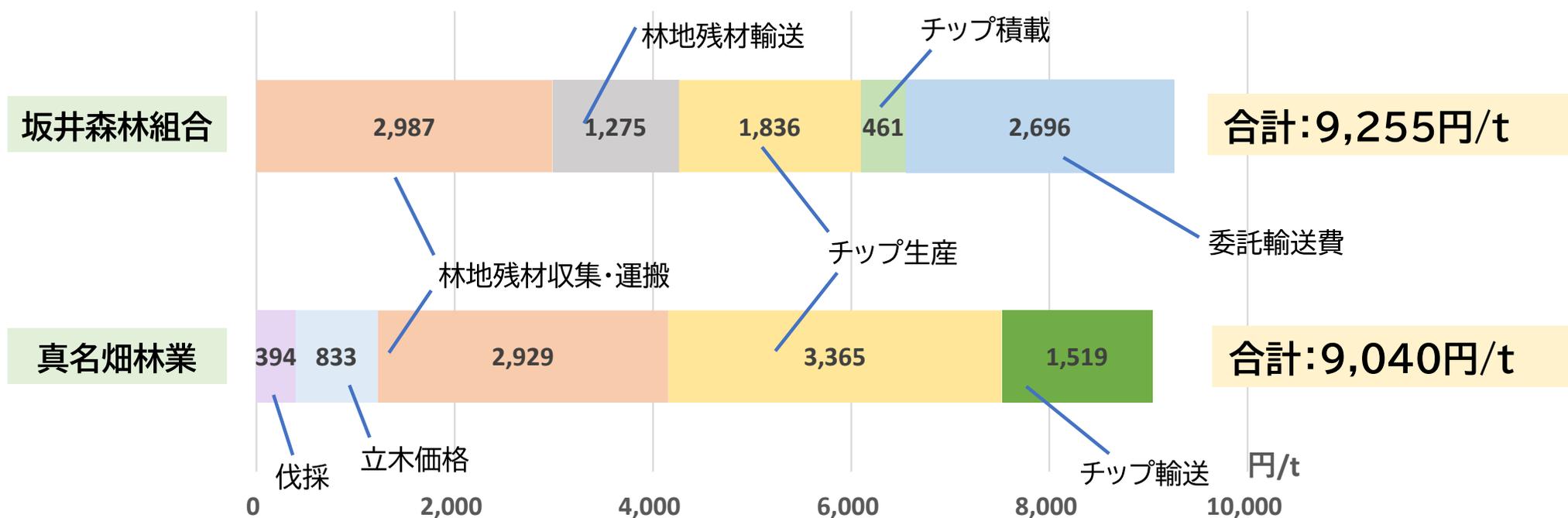




参考：各調査地の燃料材製造コストについて

参考資料やメーカーヒアリングより、機械損料や人件費、運搬費を設定し、1日の作業時間を7時間として、各機械の作業時間・生産量から各調査地の概算の燃料材製造コストを算出した。

燃料材販売価格が製造コストより上回れば、利益が確保でき、製造が可能



※日本木質バイオマス協会の試算によるもので、実際の燃料材製造コストとは異なります。

※真名畑林業では伐採された全量を燃料材としているため、伐採費用も考慮した。

※参考資料：令和6年版治山林道必携、森林施業プランナーテキスト

国交省 公共工事設計労務単価

トラック協会 距離制運賃表

※機械購入に当たっては1/2の補助金を適用を想定し、機械損料を試算

1. 事業の目的と実施内容
2. 林地残材利用実証調査の内容
 - ① 坂井森林組合(福井県)
 - ② 真名畑林業(株)(福島県)
 - ③ **実証調査から得られた作業工程の整理**
3. モデル的な林地残材収集システムの設計
4. 各収集システムのコスト試算
5. 林地残材収集による地拵えコストの低下
6. まとめ

実証調査から得られた各作業工程

- 実証調査から得られた作業から、スギ林の林地残材を利用する際の作業となるデータを下記のように整理。(実測地 A:坂井森林組合 B:真名畑林業)

| 使用機械 | 作業名 | 作業内容 | 作業1回あたり 作業時間 | 作業1回あたり 生産量・作業量 | 実測地 |
|--|----------|----------------------------------|-----------------|--------------------|-----|
|  グラップル (0.5m ³) | 収集 | 林地残材の収集 | 8分14秒 | 1.0 t | A |
| | 積載-フ | フォワーダへの林地残材の積載 | 5分58秒 | 1.0 t | A |
| | 積載-ト | トラックへの林地残材の積載 | 6分15秒 | 1.5 t | A |
| | 生産準備 | グラップルの調整等 | 4分26秒 | | B |
| | 積載準備 | トラックへ林地残材積載時の準備 | 1分42秒 | | B |
| | 原料投入-切 | 切削チップパー機への原料投入 | 15分15秒 | 4.7 t | B |
| | 原料投入-破 | 破碎チップパー機への原料投入 | 60分 | 10.5 t | A |
| | 枝条整理 | 枝条整理 | 18分5秒 | 4.7 t | B |
| | チップ積載 | 25tトレーラ(50m ³)へチップ積載 | 30分 | 14.6 t | A |
| ホイールローダー | チップ積載 | 25tトレーラ(50m ³)へチップ積載 | 20分 | 14.6 t | A |
|  フォワーダ | 移動 | 林内⇄山土場 | 3分50秒 | 100 m | A |
| | ダンプアップ | 林地残材の降ろし作業 | 35秒 | 1.0 t | A |
| | コンテナ交換 | 充填コンテナと空コンテナの交換 | 5分47秒 | | B |
|  トラック | 移動-林 | 山土場⇄チップング箇所 | 10分 | 5.0 km | A |
| | 移動-チ | チップング箇所⇄納入地 | 60分 | 22.4 km | B |
| | ダンプアップ | 林地残材の降ろし作業 | 2分15秒 | 1.5 t | A |
| | コンテナ交換 | 充填コンテナと空コンテナの交換 | 5分47秒 | | B |
| | 積載準備 | 林地残材積載の準備 | 1分42秒 | | B |
|  切削式チップパー | チップング | チップ生産 | 15分15秒 | 4.7 t | B |
| | 生産準備 | チップ排出方向の調整等 | 4分26秒 | | B |
| 破碎式チップパー | チップング | チップ生産 | 60分 | 10.5 t | A |
|  手作業 | ならし作業-10 | 10m ³ コンテナのチップならし作業 | 5分 | 2.9 t | B |
| | ならし作業-16 | 16m ³ コンテナのチップならし作業 | 10分 | 4.7 t | B |

1. 事業の目的と実施内容
2. 林地残材利用実証調査の内容
 - ① 坂井森林組合(福井県)
 - ② 真名畑林業(株)(福島県)
 - ③ 実証調査から得られた作業工程の整理
- 3. モデル的な林地残材収集システムの設計**
4. 各収集システムのコスト試算
5. 林地残材収集による地拵えコストの低下
6. まとめ

林地残材収集システムにおけるコスト試算の考え方

- ① 収集システムを林地条件・チップ生産箇所を考慮して
収集システムパターンを4パターン構築
- ② 実証調査によって得られた各作業ごとの作業時間・生産量を利用。
- ③ 既存資料より作業員の人件費や作業機械の損料、運搬費単価を設定。
- ④ パターン1～4の収集システムの林地残材の運搬・チップ生産・チップ輸送
等の各作業ごとの作業人員、作業内容を設定。
- ⑤ 各収集システムに、作業工程・単価を代入して、チップ生産コストを算出

モデル的な林地残材収集システムの検討

- (仮説)

林地残材はチップに比べ層積が大きくなることから、林地残材の形態での輸送距離を小さくすることが生産コストを低く抑えることにつながる因子である。

仮説に基づき、以下の4パターンを設定する。なお、林地残材の賦存状況や生産箇所の立地条件によって林地残材の形態での輸送が避けられない場合も存在することから、その条件についても提示する。

- **パターン①：林内チップング**

林内にチップパー機等が設置可能で、かつ、林内に林地残材量が十分ある場合

- **パターン②：山土場チップング**

山土場にチップパー機等が設置可能で、かつ、単一施業地で十分な林地残材がある場合

- **パターン③：中間土場チップング**

中間土場にチップパー機等が設置可能で、かつ、近隣の複数施業地から十分な林地残材を収集可能な場合

- **パターン④：チップセンターチップング**

パターン1～3に合致しない場合

※③中間土場と④チップセンターについて

③中間土場は④チップセンターに比べ、施業地に近く、林地残材のチップ加工が可能な場所を確保可能な場合に設置する。

作業員人件費や作業機械の損料

- コスト試算に当たっては参考文献やメーカーヒアリングより、
機械損料・燃料消費量、人件費、運搬費を下表のようにまとめた。

| 使用機械/機器 | 機械出力 (kW) | 燃料消費率 (L/kw) | 燃料消費量 (L/h) | 1日損料 |
|---------------------------|-------------------------|--------------|-------------|--------|
| グラップル(0.5m ³) | 72.5 | 0.144 | 10.4 | 7,980 |
| ホイールローダー | 73.1 | 0.144 | 10.5 | 12,570 |
| フォワーダ | 120.5 | 0.114 | 13.7 | 9,550 |
| フォワーダ(コンテナ脱着式) | 92.6 | 0.114 | 10.6 | 33,950 |
| ダンプトラック4t | 135.0 | 0.04 | 5.4 | 4,150 |
| ダンプトラック10t | 246.0 | 0.04 | 9.8 | 10,040 |
| コンテナ脱着式8t | 179.0 | 0.04 | 7.2 | 16,730 |
| 切削式チップパー | 186.5 | 0.191 | 35.6 | 36,250 |
| 破碎式チップパー | 254.0 | 0.191 | 48.5 | 28,750 |
| コンテナ | 10m ³ (2.9t) | | | 1,140 |
| | 16m ³ (4.7t) | | | 1,710 |

| | 労務単価 | 管理費 | 合計 |
|-------|--------|-------|--------|
| 作業員単価 | 21,900 | 3,285 | 25,185 |

| トラック25t (委託運搬費) | 10km | 30km | 50km | 70km |
|--------------------|--------|--------|--------|--------|
| | 26,730 | 37,890 | 42,240 | 46,600 |

※参考資料: 日本林道協会 令和6年版 治山林道必携
 森林施業プランナー協会 森林施業プランナーテキスト
 国交省 公共工事設計労務単価
 トラック協会 距離制運賃表

※機械購入に当たっては1/2の補助金を適用を想定し、機械損料を試算

※実際の試算には使用した機械の損料や地域の実情に合わせた費用の設定が必要です。

システム検討時の前提条件

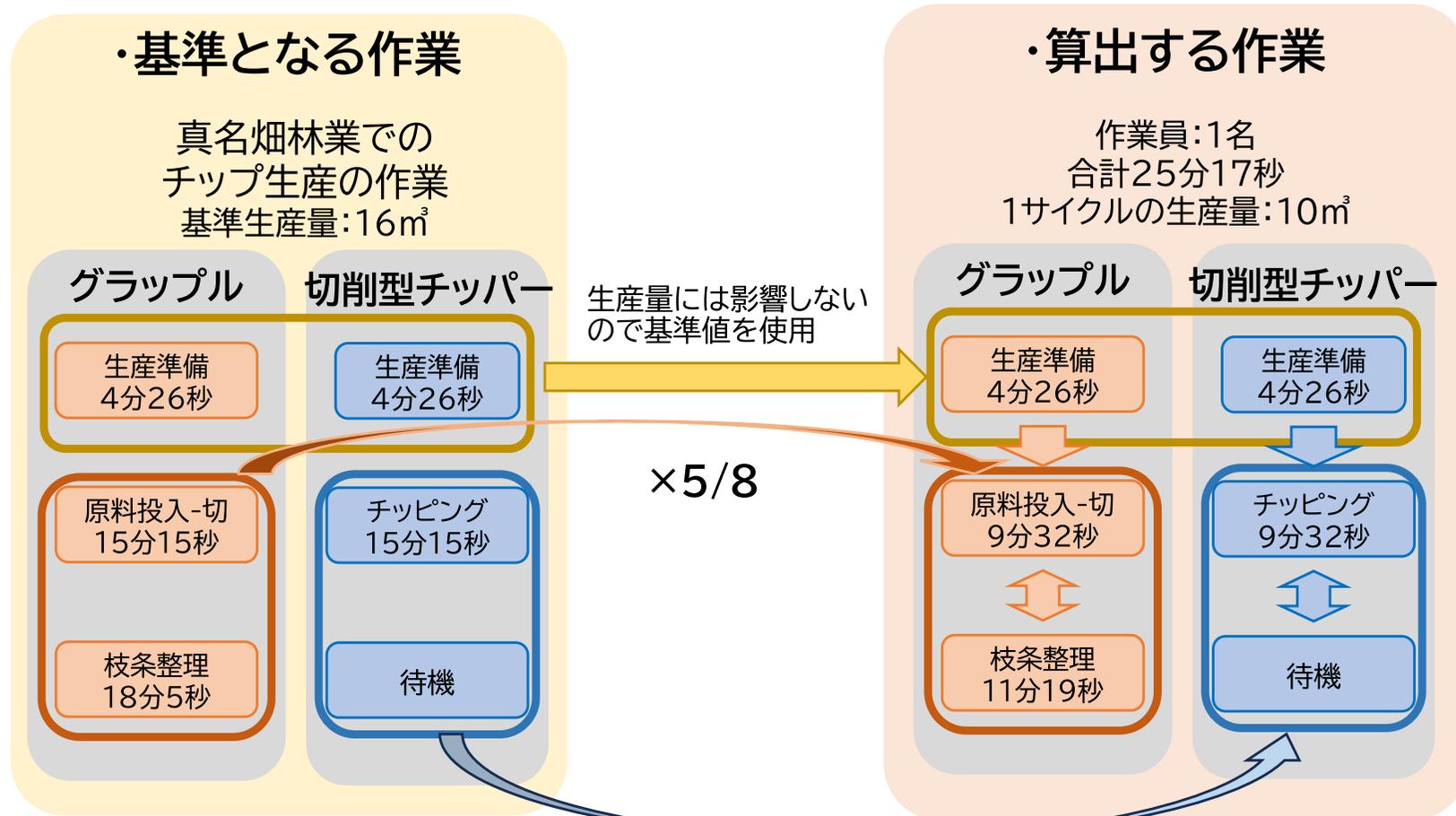
- 1日の作業時間は休憩時間を考慮して**7時間**とする。
- 試算に用いる**チップ生産量**は特記が無い限り、**生トン**とする。
- 林地残材を収集する伐採箇所は**スギ人工林、林齢60年**とする。(パターン①の場合は適用外)
- 林地残材をチップ化した際の**チップ生重量**は坂井森林組合データから、**292kg/m³**とする。
- 利用可能な林地残材量の推計
 松岡らの文献では、伐採材積のうち、用材75%、バイオマス材15%、供給不可能な材10%と設定しており、**利用可能な林地残材量は伐採材積の15%**とする。

- 林齢60年のスギ人工林の**ha当たりの林地残材**は以下のとおり。

| 林齢60年スギ材積 (m ³ /ha) ※天城地方スギ林 林分収穫表より引用 | 林地残材として 利用可能な割合 (%) | 1haにある利用可能な 林地残材 | | 材積当たり重量 (t/m ³) ※チップ工業連合 会資料より引用 |
|--|---------------------------|----------------------------|---------------|---|
| | | 材積 (m ³ /ha) | 生重量 (t/ha) | |
| 450 | 15 | 67.5 | 53.3 | 0.79 |

林地残材収集システムにおけるコスト試算の考え方

例) 切削チップパー機による林地残材のチップ化を 10m^3 (2.9t)分行うとき



考え方)

同様に変更

元の作業の基準となる生産量は 16m^3 、算出する作業の生産量は 10m^3

→生産量は $5/8$ になっているため、作業時間も $5/8$

林地残材収集システムにおけるコスト試算の考え方

例) 切削チップパー機による林地残材のチップ化を10m³(2.9t)分行うとき

・算出した作業

作業員:1名
合計25分17秒
1サイクルの生産量:10m³

グラップル

生産準備
4分26秒

原料投入-切
9分32秒

枝条整理
11分19秒

切削型チップパー

生産準備
4分26秒

チップング
9分32秒

待機

| | 燃料消費量 (L/h) | 1日損料 |
|----------|----------------|--------|
| グラップル | 10.4 | 7,980 |
| 切削式チップパー | 35.6 | 36,250 |
| | 労務単価 | 管理費 |
| 作業員単価 | 21,900円 | 3,285円 |

【コスト(生産性)の求め方】

- ①作業時間から1日のサイクル回数を算出する
- ②1日の生産量の算出
- ③費用の算出(人件費+燃料費+機械損料)
- ④生産性 = 費用合計 / 生産量

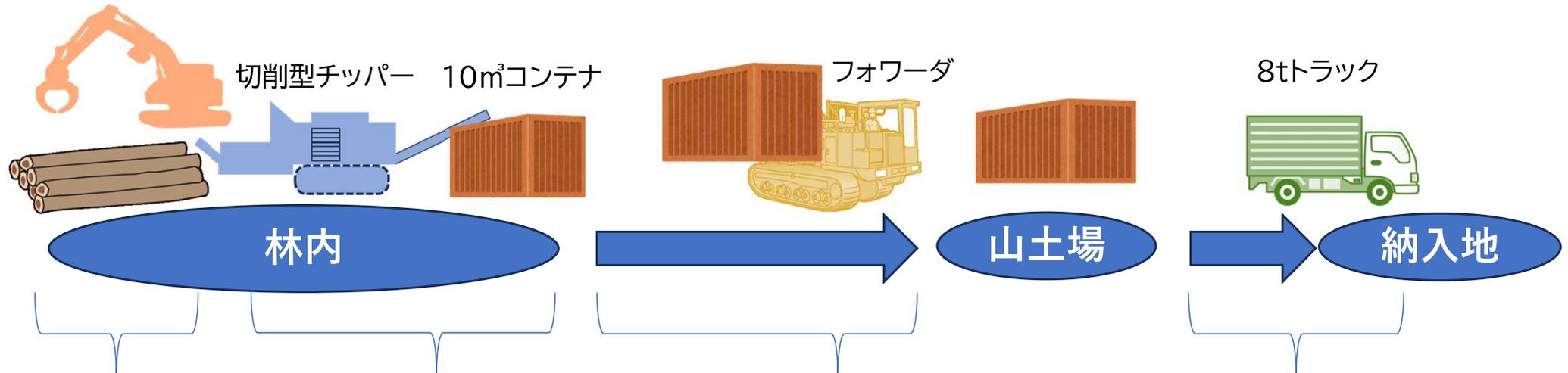
【例】

- ①1日の作業時間は7時間とするとサイクル回数は
7時間/日 ÷ 25分17秒/回 ÷ 16回/日
 - ②生産量は 16回/日 × 2.9t = 46.4t/日
 - ③補正後の作業時間:6.7時間
人件費:21,900円 + 3,285円 = 25,185円
燃料費:308.2l × 157円/l = 48,387円
損料:7,980 + 36,250 = 44,230円
合計費用:117,802円
 - ④1t当たり生産コスト
117,802円 ÷ 46.4t = 2,539円/t
- ※機械の作業時間が3.5時間未満の場合は機械損料を1/2日分とした。

1. 事業の目的と実施内容
2. 林地残材利用実証調査の内容
 - ① 坂井森林組合(福井県)
 - ② 真名畑林業(株)(福島県)
 - ③ 実証調査から得られた作業工程の整理
3. モデル的な林地残材収集システムの設計
- 4. 各収集システムのコスト試算**
5. 林地残材収集による地拵えコストの低下
6. まとめ

パターン① 林内チップング収集システム

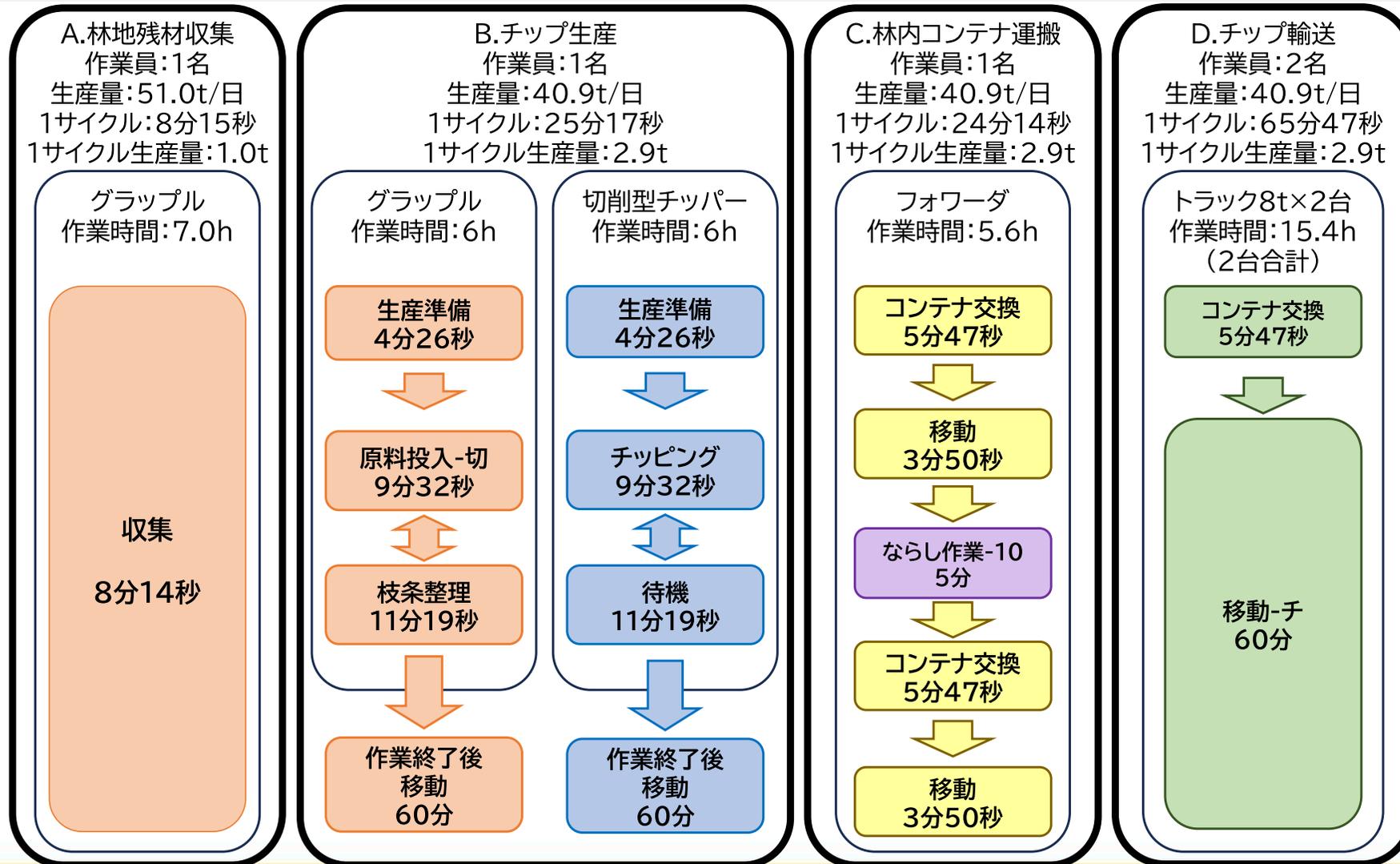
- 林内でチップングし、10m³コンテナで山土場に運搬、8tトラックで納入地に輸送。



| A.林地残材収集 (作業員1名) | | B.林地残材チップ生産 (作業員1名) | | C.林内コンテナ運搬 (作業員1名) | | D.チップ輸送 (作業員2名) | |
|---------------------------|---------|---|----------------|--|-----------|--|---------------------------------|
| 作業内容 | | 作業内容 | | 作業内容 | | 作業内容 | |
| 林内で作業員1名がグラップルで林地残材を先行集積。 | | グラップルでチッパー機に投入し、チップは10m ³ コンテナに直接投入。チップ生産を6時間行い、1時間は次の作業場所への機械の移動。 | | チップコンテナの均し作業を行い、フォワーダでチップコンテナを山土場へ運搬。その後、先山へ空コンテナ運搬。(往復200m) | | 山土場からトラックでチップコンテナを輸送。その後山土場へ空コンテナ輸送。(輸送距離往復22.8km) | |
| 使用機械 | 作業内容・備考 | 使用機械 | 作業内容・備考 | 使用機械 | 作業内容・備考 | 使用機械 | 作業内容・備考 |
| グラップル 1台 | 林地残材の集積 | グラップル 1台 | 林地残材のチッパー機への投入 | フォワーダ 1台 | コンテナ運搬/交換 | トラック (8t車) 2台 | コンテナ輸送/交換 |
| | | 切削型チッパー機 1台 | チップ加工 | | | コンテナ 5台 | 10m ³ フォワーダに積載可能なサイズ |

パターン① 林内チップング収集システム(作業仕組)

- 林地残材集積の1収集箇所当たり林地残材量はチップパー1日処理量(6時間分)以上を前提。
(チップパー1日処理量:41t(53m³)が収集範囲半径40mの円内に存在(1ha換算106m³)以上の林分)
- チップパーは、作業日の最後の1時間で次の集積地に移動し、設置。(チップ生産時間は6時間)
- 林内のフォワーダ運搬距離は往復200m、トラック輸送距離は11.4km(真名畑林業での例を引用)。



パターン① チップ1t当たりコストの算出

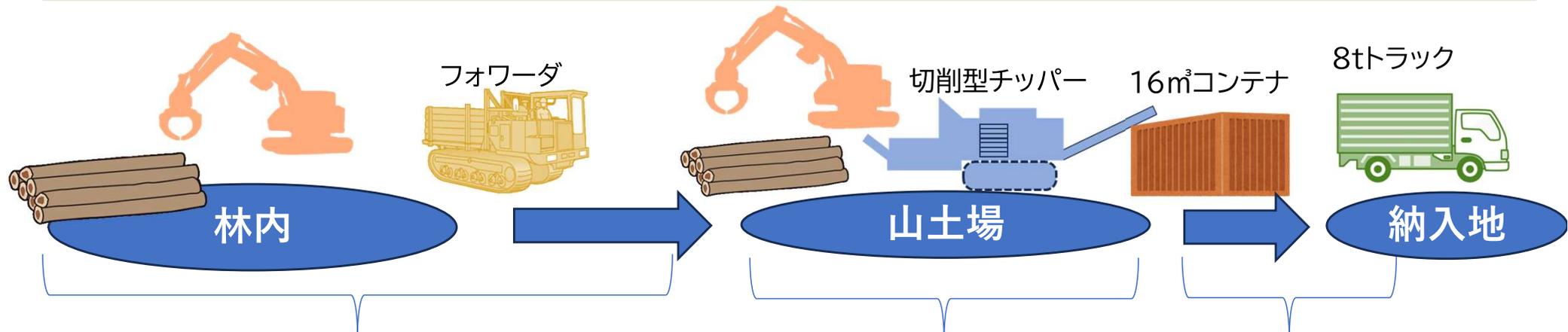
林内チップング収集システム チップ1t当たりコスト

| | 作業員 | | 使用機械 | | | | 合計 | 生産量 (t/日) | コスト (円/t) |
|------------------|-----|--------|----------|-------------|--------------|---------------|---------|--------------|--------------|
| | 人数 | 人件費 | 使用機械 | 作動時間 (h) | 燃料費 (円/日) | 機械損料 (円/日) | | | |
| A. 林地残材収集 | 1 | 25,185 | グラップル | 7.0 | 11,284 | 7,980 | 44,449 | 51.0 | 872 |
| B. 林地残材 チップ生産 | 1 | 25,185 | 切削型チップパー | 7.0 | 38,626 | 36,250 | 119,325 | 40.9 | 2,917 |
| | | | グラップル | 7.0 | 11,284 | 7,980 | | | |
| C. 林内コンテナ 運搬 | 1 | 25,185 | フォワーダ | 5.6 | 16,666 | 9,550 | 51,401 | 40.9 | 1,257 |
| D. チップ輸送 | 2 | 50,370 | トラック | 15.4 | 16,948 | 33,460 | 106,478 | 40.9 | 2,603 |
| | | | コンテナ | | | 5,700 | | | |

コスト合計: 872円/t + 2,878円/t + 1,257円/t + 2,603円/t = **7,610円/t**

パターン② 山土場チッピング収集システム

- 林地残材をフォワーダで山土場に収集し、チッピング。16m³コンテナで納入地に輸送。

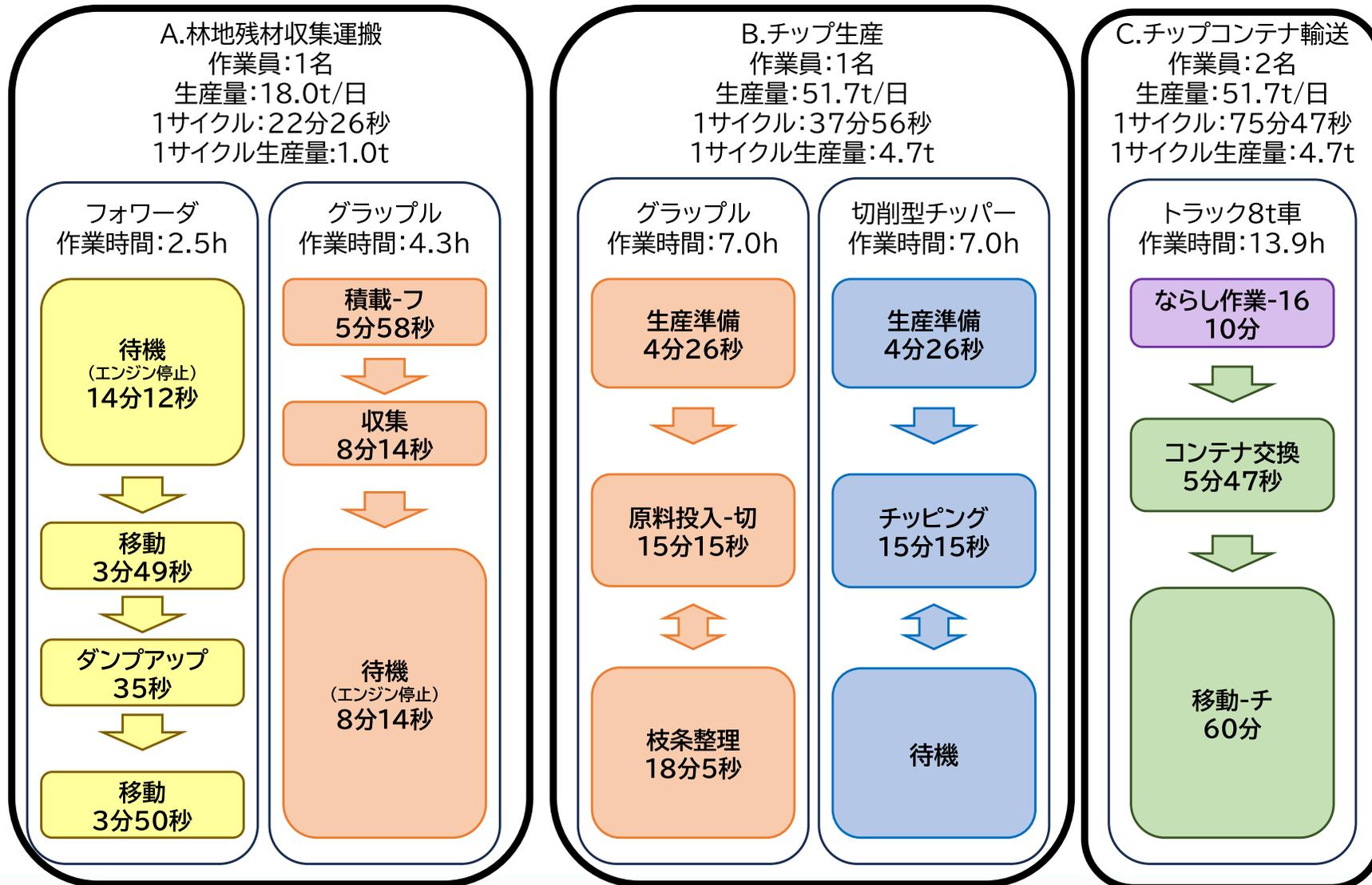


| A. 林地残材収集運搬 (作業員1名) | | B. チップ生産 (作業員1名) | | C. チップコンテナ輸送 (作業員2名) | |
|---|------------------|---|-------------------|--|-----------------------|
| 作業内容 | | 作業内容 | | 作業内容 | |
| 林内で作業員1名がグラップルで林地残材を収集し、フォワーダに積載。積載後、フォワーダを運転し、山土場へ運搬。ダンプアップにより、林地残材を降ろす。(往復200m) | | グラップルで切削型チップパー機に投入し、チップ生産する。チップは16m ³ コンテナに直接投入する。 | | チップコンテナの均し作業を行い、山土場からトラックでチップコンテナを輸送。その後山土場へ空コンテナ輸送。(往復22.8km) | |
| 使用機械 | 作業内容・備考 | 使用機械 | 作業内容・備考 | 使用機械 | 作業内容・備考 |
| グラップル1台 | 林地残材の収集・フォワーダに積載 | 切削型チップパー機1台 | チップ生産 | トラック8t車2台 | コンテナ輸送・交換 |
| フォワーダ1台 | 林地残材を運搬 | グラップル1台 | チップパー機に投入 枝条整理 | コンテナ3台 | 16m ³ コンテナ |

パターン② 山土場チップング収集システム(作業仕組)

・林内のフォワーダ運搬距離は200m。トラック運搬距離は真名畑林業での山土場から加工場までの距離、11.4kmと同様とした。

・1つの施業地で1週間チップ生産が可能な林地残材量(258.5t)が収集可能→4.8ha以上の施業地



パターン② チップ1t当たりコストの算出

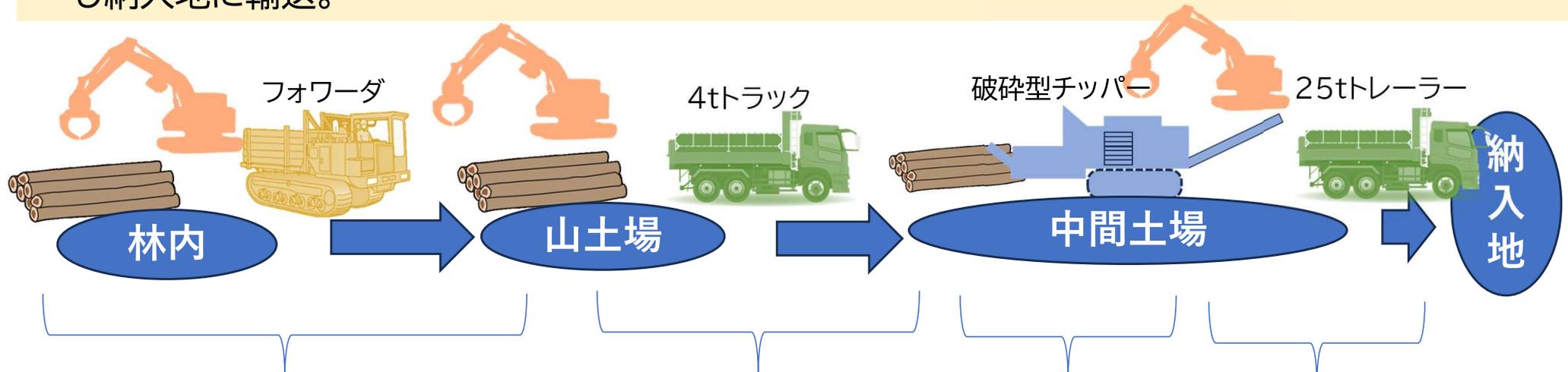
山土場チップング収集システム チップ1t当たりコスト

| | 作業員 | | 使用機械 | | | | 合計 | 生産量 (t/日) | コスト (円/t) |
|-----------------|-----|--------|----------|-------------|--------------|---------------|---------|--------------|--------------|
| | 人数 | 人件費 | 使用機械 | 作動時間 (h) | 燃料費 (円/日) | 機械損料 (円/日) | | | |
| A.林地残材 収集運搬 | 1 | 25,185 | グラップル | 2.5 | 4,030 | 7,980 | 54,767 | 18.0 | 3,043 |
| | | | フォワーダ | 4.3 | 12,797 | 4,775 | | | |
| B.チップ生産 | 1 | 25,185 | 切削型チップパー | 7.0 | 38,626 | 36,250 | 119,325 | 51.7 | 2,308 |
| | | | グラップル | 7.0 | 11,284 | 7,980 | | | |
| C.チップ コンテナ輸送 | 2 | 50,370 | トラック | 13.9 | 15,297 | 33,460 | 106,147 | 51.7 | 2,053 |
| | | | コンテナ | 7.0 | | 7,020 | | | |

コスト合計: 3,043円/t + 2,308円 + 2,053円/t = **7,404円/t**

パターン③ 中間土場チップング収集システム

- 山土場に集積した林地残材を中間土場に輸送しチップング。グラップルで25tトレーラーに積載し納入地に輸送。

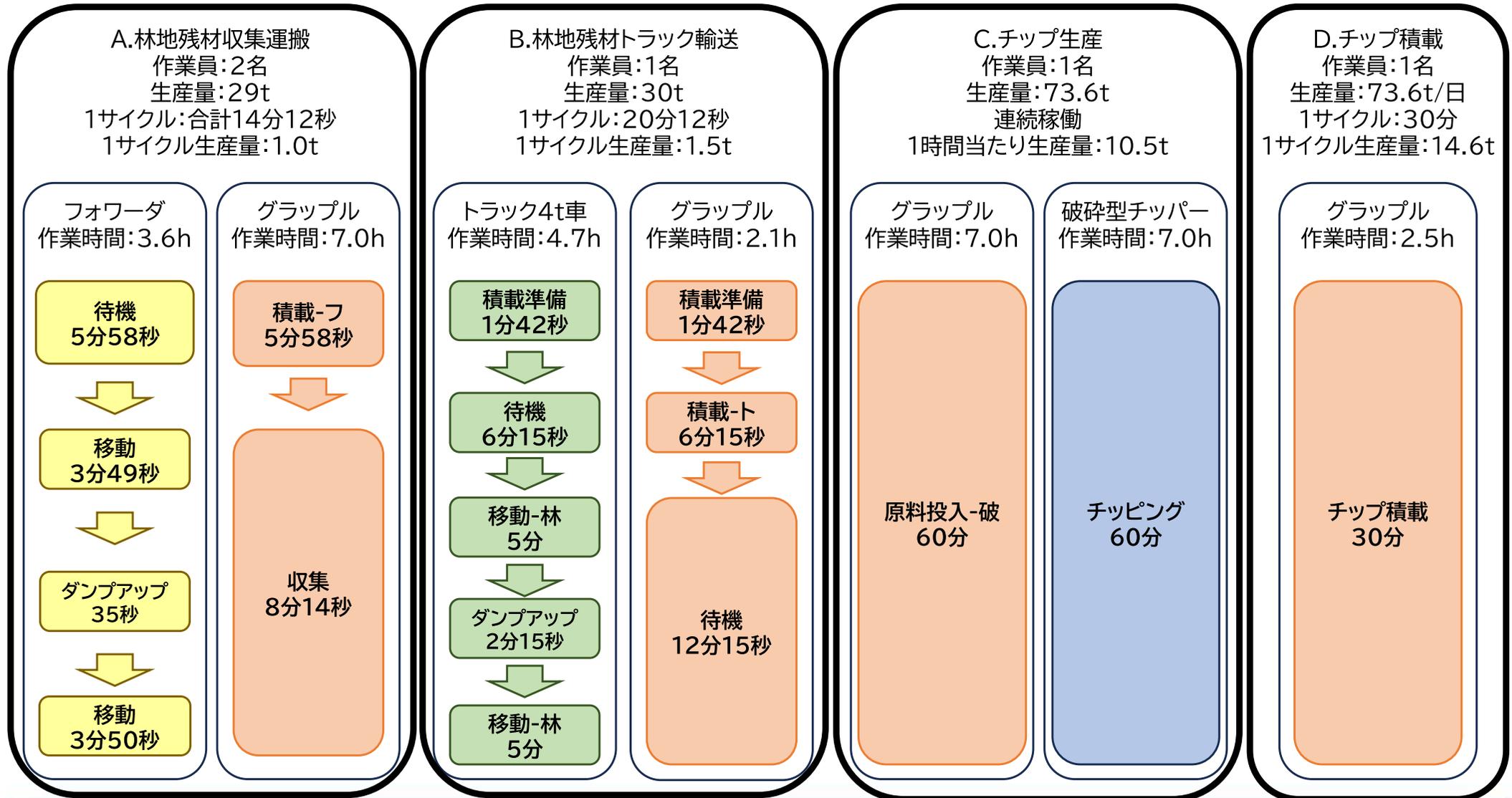


| A. 林地残材収集運搬 (作業員2名) | | B. 林地残材トラック輸送 (作業員1名) | | C. チップ生産 (作業員1名) | | D. チップ積載 (作業員1名) | |
|---|------------------|---|-------------|--|------------|--|---------|
| 作業内容 | | 作業内容 | | 作業内容 | | 作業内容 | |
| 林内で作業員1名がグラップルで林地残材を収集し、フォワーダに積載。積載後、もう一方の作業員がフォワーダを運転し、山土場へ運搬。(往復200m) ダンプアップにより、林地残材を山土場に降ろす。 | | 山土場に集積された林地残材をグラップルで4t車に積載する。その後4t車を運転し、中間土場に輸送。ダンプアップにより、林地残材を中間土場に降ろす。(往復5km) | | グラップルで林地残材を破碎型チッパー機に投入し、チップ生産。チップは野積みする。 | | 野積みされたチップをグラップルでトラックに積載する。輸送トラックは25t車で外部委託をする。(輸送距離11.4km) | |
| 使用機械 | 作業内容・備考 | 使用機械 | 作業内容・備考 | 使用機械 | 作業内容・備考 | 使用機械 | 作業内容・備考 |
| グラップル 1台 | 林地残材の収集・フォワーダに積載 | グラップル 1台 | 林地残材を4t車に積載 | 破碎型チッパー機 1台 | チップ生産 | グラップル 1台 | チップの積載 |
| フォワーダ 1台 | 林地残材を運搬 | 4t車 1台 | 林地残材を輸送 | グラップル 1台 | チッパー機に材を投入 | | |

パターン③ 中間土場チップング収集システム(作業仕組)

・林内のフォワーダ運搬距離は200m、林地残材のトラック輸送距離は施業地から中間土場まで往復5km。中間土場から納入地までは11.4kmとした。

・近隣の複数の施業地で一週間分の林地残材(368t)が収集可能→近隣施業地の面積の合計が7ha以上



パターン③ チップ1t当たりコストの算出

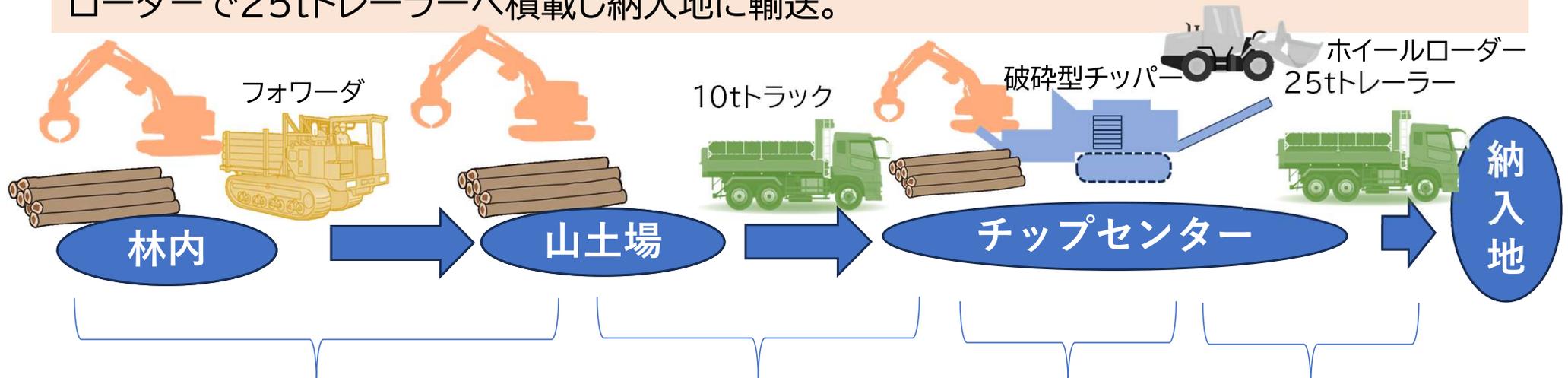
中間土場チップング収集システム チップ1t当たりコスト

| | 作業員 | | 使用機械 | | | | 合計 | 生産量 (t/日) | コスト (円/t) |
|-------------------|-----|--------|----------|-------------|--------------|---------------|---------|--------------|--------------|
| | 人数 | 人件費 | 使用機械 | 作動時間 (h) | 燃料費 (円/日) | 機械損料 (円/日) | | | |
| A. 林地残材 収集運搬 | 2 | 50,370 | グラップル | 7.0 | 11,284 | 7,980 | 86,829 | 29.0 | 2,994 |
| | | | フォワーダ | 3.6 | 7,645 | 9,550 | | | |
| B. 林地残材 トラック輸送 | 1 | 25,185 | グラップル | 2.1 | 3,385 | 3,990 | 40,353 | 30.0 | 1,345 |
| | | | 4tトラック | 4.7 | 3,643 | 4,150 | | | |
| C. チップ生産 | 1 | 25,185 | 破碎式チップパー | 7.0 | 52,623 | 28,750 | 125,822 | 73.6 | 1,710 |
| | | | グラップル | 7.0 | 11,284 | 7,980 | | | |
| D. チップ積載 | 1 | 25,185 | グラップル | 2.5 | 6,859 | 3,990 | 36,034 | 73.6 | 490 |
| トラック輸送 ※委託10km | | | | | | | 26,730 | 14.6 | 1,831 |

コスト合計: 2,994円/t + 1,345円/t + 1,710円/t + 490円/t + 1,831円/t = **8,370円/t**

パターン④ チップセンターチップング収集システム

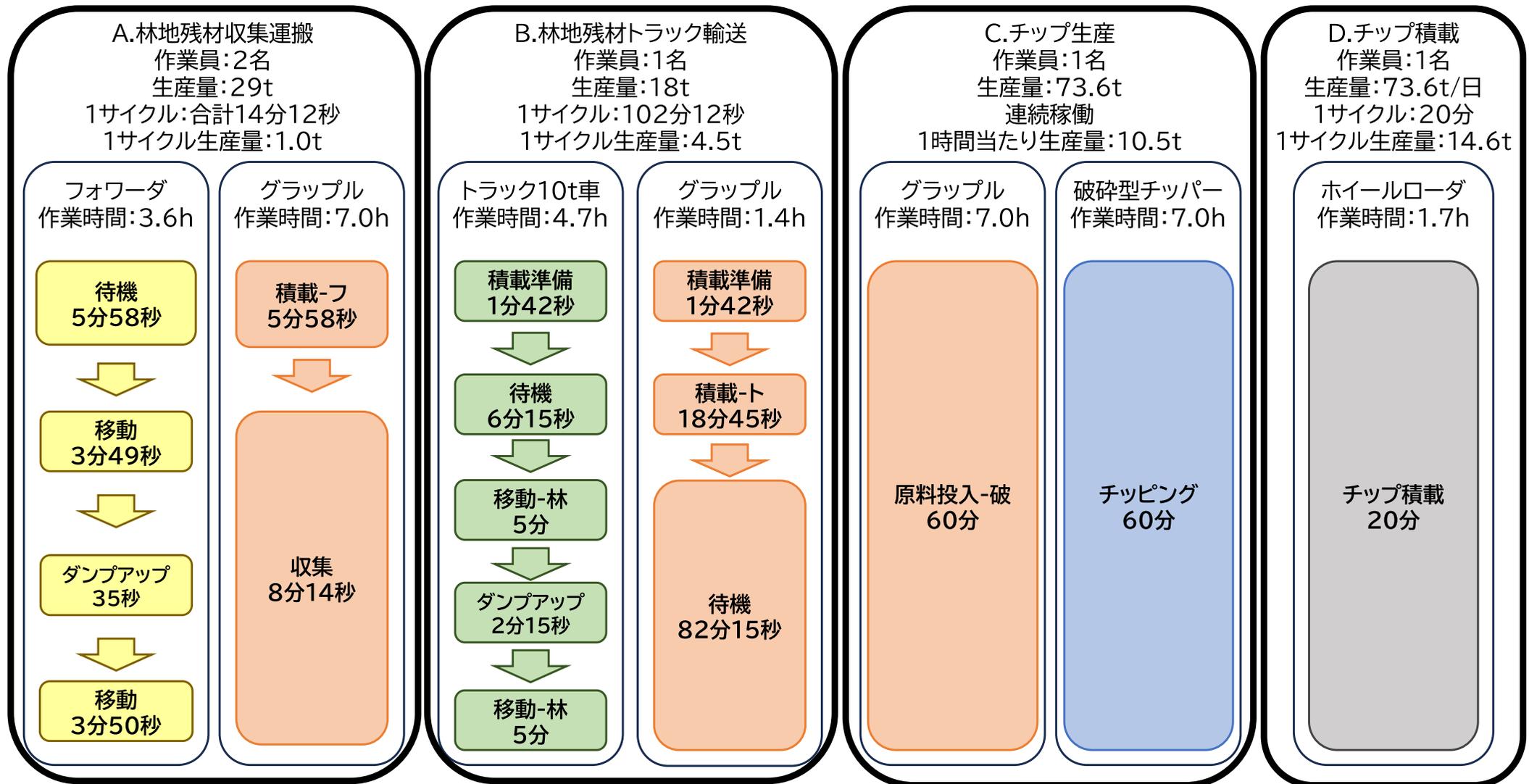
・山土場に集積した林地残材を10tトラックでチップセンターに輸送しチップング。ホイールローダーで25tトレーラーへ積載し納入地に輸送。



| A.林地残材収集運搬 (作業員2名) | | B.林地残材トラック輸送 (作業員1名) | | C.チップ生産 (作業員1名) | | D.チップ積載 (作業員1名) | |
|---|------------------|---|--------------|--|------------|---|---------|
| 作業内容 | | 作業内容 | | 作業内容 | | 作業内容 | |
| 林内で作業員1名がグラップルで林地残材を収集し、フォワーダに積載。積載後、もう一方の作業員がフォワーダを運転し、山土場へ運搬。(往復200m) ダンプアップにより、林地残材を山土場に降ろす。 | | 山土場に集積された林地残材をグラップルで10t車に積載する。その後10t車を運転し、中間土場に輸送。ダンプアップにより、林地残材をチップセンターに降ろす。(往復40km) | | グラップルで林地残材を破碎型チッパー機に投入し、チップ生産。チップは野積みする。 | | 野積みされたチップをホイールローダーでトラックに積載する。輸送トラックは25t車で外部委託をする。(輸送距離11.4km) | |
| 使用機械 | 作業内容・備考 | 使用機械 | 作業内容・備考 | 使用機械 | 作業内容・備考 | 使用機械 | 作業内容・備考 |
| グラップル 1台 | 林地残材の収集・フォワーダに積載 | グラップル 1台 | 林地残材を10t車に積載 | 破碎型チッパー機 1台 | チップ生産 | ホイールローダー | チップの積載 |
| フォワーダ 1台 | 林地残材を運搬 | 10t車台 1台 | 林地残材を輸送 | グラップル 1台 | チッパー機に材を投入 | | |

パターン④ チップセンターチップング収集システム(作業仕組)

・林内のフォワーダ運搬距離は200m、林地残材のトラック輸送距離は坂井森林組合施業地からバイオマスセンターを参考に往復40km。チップセンターから納入地までを11.4kmとした。



パターン④ チップ1t当たりコストの算出

チップセンターチップング収集システム チップ1t当たりコスト

| | 作業員 | | 使用機械 | | | | 合計 | 生産量 (t/日) | コスト (円/t) |
|-------------------|-----|--------|--------------|-------------|--------------|---------------|---------|--------------|--------------|
| | 人数 | 人件費 | 使用機械 | 作動時間 (h) | 燃料費 (円/日) | 機械損料 (円/日) | | | |
| A. 林地残材 収集運搬 | 2 | 50,370 | グラップル | 7.0 | 11,284 | 7,980 | 86,829 | 29.0 | 2,994 |
| | | | フォワーダ | 3.6 | 7,645 | 9,550 | | | |
| B. 林地残材 トラック輸送 | 1 | 25,185 | グラップル | 1.4 | 2,257 | 7,950 | 53,476 | 18.0 | 2,971 |
| | | | 10tトラック | 5.7 | 8,044 | 10,040 | | | |
| C. チップ生産 | 1 | 25,185 | 破碎式チップパー | 7.0 | 52,623 | 28,750 | 125,822 | 73.6 | 1,710 |
| | | | グラップル | 7.0 | 11,284 | 7,980 | | | |
| D. チップ積載 | 1 | 25,185 | ホイール ローダー | 1.7 | 2,767 | 6,285 | 34,237 | 73.6 | 465 |
| トラック輸送 ※委託10km | | | | | | | 26,730 | 14.6 | 1,831 |

コスト合計: 2,994円/t + 2,971円/t + 1,710円/t + 465円/t + 1,831円/t = **9,971円/t**

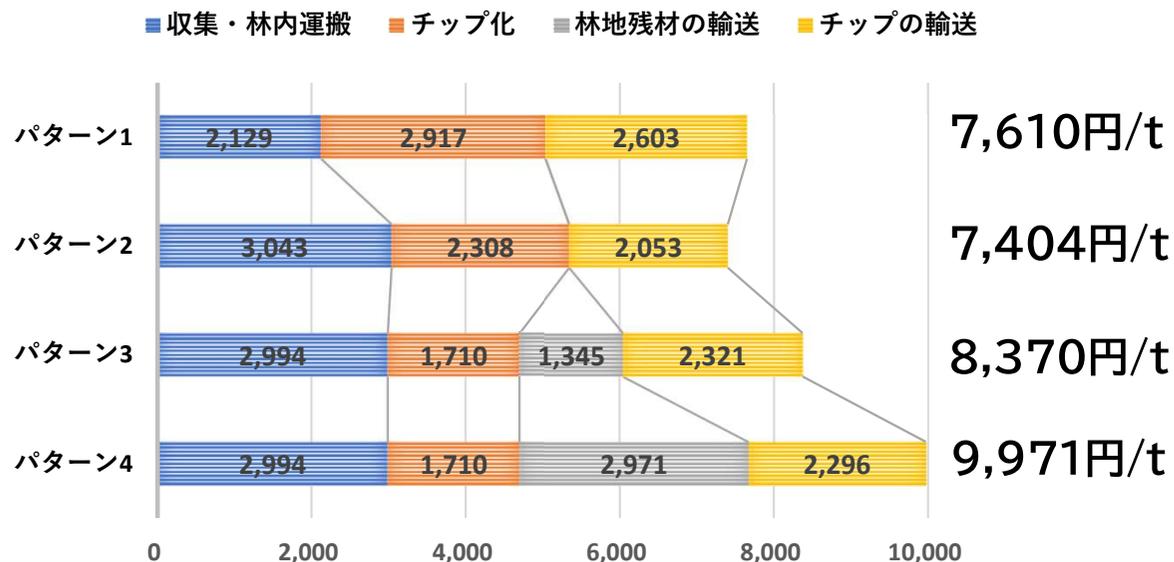
システムごとのチップ生産コスト

パターンの作業を表のように区分し、パターンごとのコストの違いをグラフにした。

- パターン①は林内でチップ化したため、林内運搬のコストが下がる。
チップ生産終了後に機械移動の作業があり、チップ化コストが上昇。
コンテナが小さいためチップの輸送コストが大きい。
- パターン③・④は林地残材の輸送距離の違いがコストの違いを生じている。

※林地残材収集が再造林作業と一貫で行われる場合、全体のコストを削減させることも可能

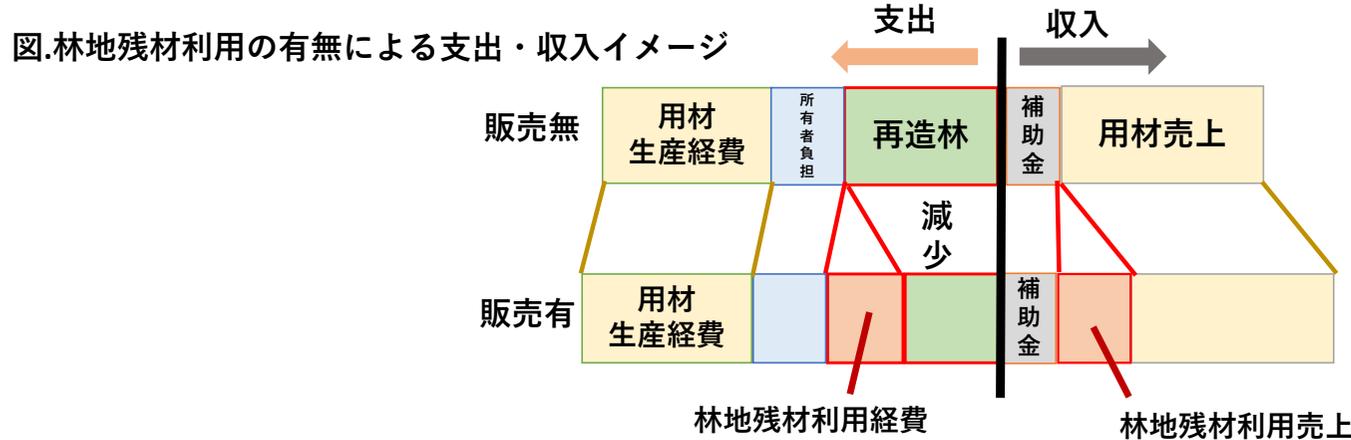
パターンごとのコストの違い



| | 収集・林内運搬 | チップ化 | 林地残材の輸送 | チップの輸送 |
|-------|---------|------|---------|---------|
| パターン① | A、C | B | なし | D |
| パターン② | A | B | なし | C |
| パターン③ | A | C | B | D+委託輸送費 |
| パターン④ | A | C | B | D+委託輸送費 |

1. 事業の目的と実施内容
2. 林地残材利用実証調査の内容
 - ① 坂井森林組合(福井県)
 - ② 真名畑林業(株)(福島県)
 - ③ 実証調査から得られた作業工程の整理
3. モデル的な林地残材収集システムの設計
4. 各収集システムのコスト試算
- 5. 林地残材収集による地拵えコストの低下**
6. まとめ

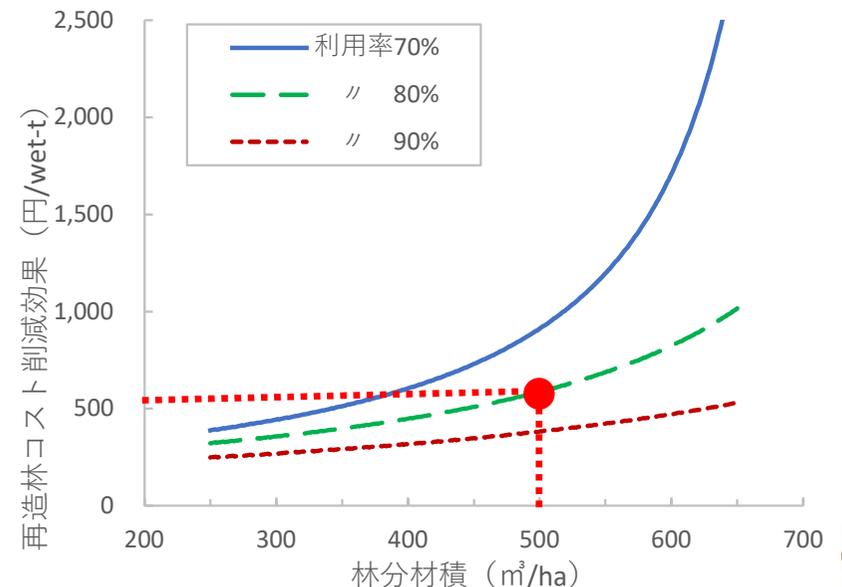
- 林地残材収集者と再造林者が同一の場合は、林地残材収集による再造林経費の減少分をチップ生産コストから減額することが可能



- 文献調査により、林地残材収集による削減効果は条件(樹種、林分材積、傾斜、利用率等)によって異なる。仮に条件を表のとおり設定すると、林地残材1t収集した際の再造林削減効果はグラフのようになる。

| | |
|----------|----------------------------|
| 樹種 | スギ |
| 傾斜 | 15° |
| 使用機械 | バックホウ(0.45m ³) |
| 含水率(w.b) | 50% |

例: 林分材積500m³/ha, 利用率80%の場合、
再造林削減効果は、**585円/wet-t**

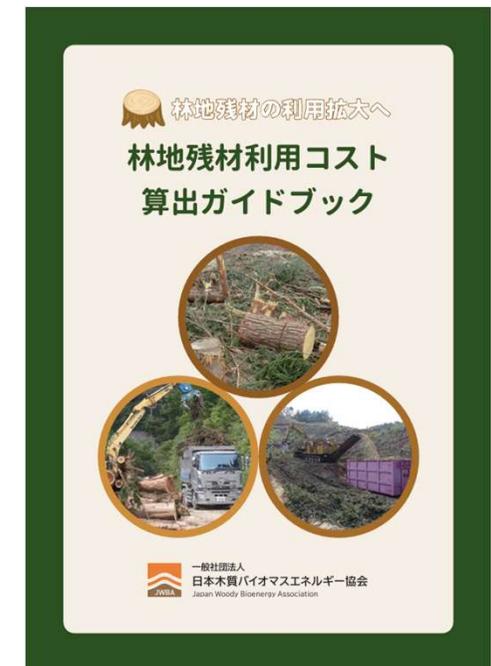


1. 事業の目的と実施内容
2. 林地残材利用実証調査の内容
 - ① 坂井森林組合(福井県)
 - ② 真名畑林業(株)(福島県)
 - ③ 実証調査から得られた作業工程の整理
3. モデル的な林地残材収集システムの設計
4. 各収集システムのコスト試算
5. 林地残材収集による地拵えコストの低下
- 6. まとめ**

まとめ

- 実証調査より表のように各収集システムの作業・生産量・コスト・条件が得られた。
- 一貫施業の場合、林地残材収集により、再造林コストが下げられ収益改善が可能
- 事業体はこれらの収集システムを参考に施業方法とコストの予測ができ、林地残材の利用促進につながる。
- 事業の成果の普及のためにガイドブックを作成

| | チップ生産場所 | 条件 | チップ生産量 (t/日) | コスト (円/t) |
|-------|---------|----------------------------------|-----------------|--------------|
| パターン① | 林内 | 林地残材が 106m ³ /ha以上 | 40.9 | 7,649 |
| パターン② | 山土場 | 一つの施業地が 4.8ha 以上 | 51.7 | 7,404 |
| パターン③ | 中間土場 | 中間土場の周辺の 複数施業地が7ha以上 | 73.6 | 8,370 |
| パターン④ | チップセンター | 上記以外の場合 | 73.6 | 9,971 |



※ 実際に林地残材を収集する場合は、各施業地の状況、機械整備状況に応じ、林地残材の横持ちを最小限とする作業構築が重要。

ご清聴 ありがとうございました



一般社団法人
日本木質バイオマスエネルギー協会

—連絡先—

〒110-0016
東京都台東区台東3-12-5 クラシックビル604
電話 03-5817-8491
FAX 03-5817-8492
Mail mail@jwba.or.jp
URL <https://www.jwba.or.jp/>