

国産材を活用した 木質バイオマス発電におけるGHG排出量の試算について

第12回バイオマス持続可能性WGヒアリング資料

事前試算の目的

- 試算により、典型的な燃料材サプライチェーンにおけるGHG排出量の概数を把握する

試算する上で設定した条件

- 燃料は全て生状態の原木を想定した
 - ✓ 水分は生状態で50%、中間土場を活用して天然乾燥した後は40%と仮定した
- 発電所の規模は7,500kWと設定
 - ✓ 次の文献に記載されている回帰式を用いると発電効率は24.8%、所内利用率13.1%となることから、送電端効率は $0.248 \times (1 - 0.131) \times 100 = 21.6\%$ とした。
(再生可能エネルギー固定価格買取制度を利用した木質バイオマス発電事業における原料調達価格と損益分岐点の関係,日本エネルギー学会誌,2015,柳田ら)
- 各工程におけるGHG排出量は既存資料を参照した（付属資料参照）

留意点

- 本試算は既往文献の値や仮想値を設定しており、実態調査を踏まえ、精度を高めることが必要となる
- 試算上の各係数の設定にあたっては、十分調査されたものではなく、文献を参照し、パラメーターを設定した。

I. 栽培

地拵え



植栽前に、苗木の生育環境を良くするため、伐採した木の枝・かん木などを取り除き筋状に並べる作業

植栽



山に苗木を植える作業
(図は左が植栽器具によるコンテナ苗の植栽、右がクワによる普通苗の植栽)

下刈り



植林した苗木等の成長を妨げる雑草やかん木を刈り払う作業。通常、植林後の数年間、毎年夏季に実施する

II. 伐採・搬出

伐採・搬出工程（間伐・主伐 等）

伐倒・造材



(写真は伐倒、枝払い、造材、集材作業を行うハーベスタ)

集材



(写真は、集材作業を行うフォワーダ)

搬出



IV. 燃料加工

チップ



ペレット



III. 輸送

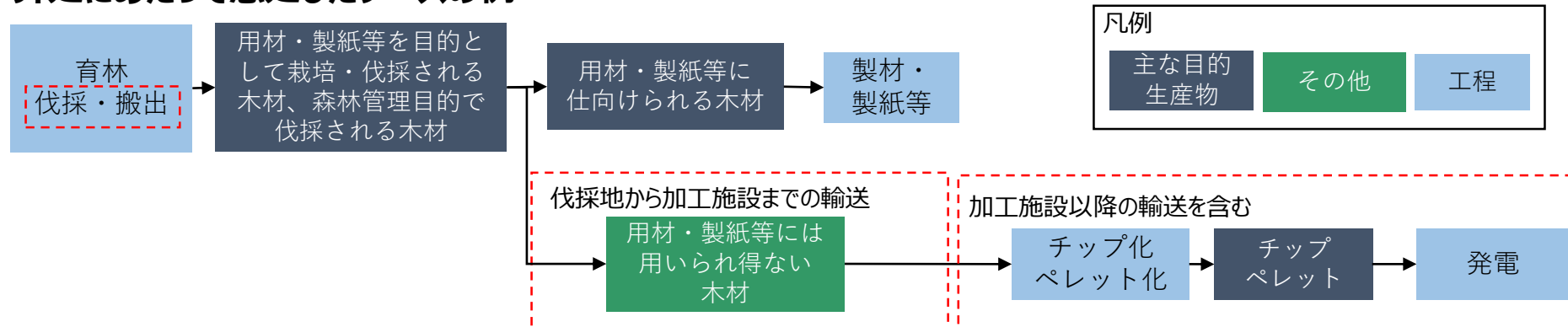
V. 輸送

VI. 発電



- 国内の森林から発生する燃料材を対象とした
- 製材端材を原料とするケースも想定されるが、以下の理由から対象としなかった
 - ✓ 発生過程における産物と比較して、一般に、対象とする運搬距離が短いこと、水分が低いことから、GHG排出量は相対的に低い場合が多いと想定されること
- 早生樹等による燃料材を目的に造成された森林から生産される材を原料とする場合については現時点では実証段階であることから、既存文献による実証試験にもとづくGHG排出量算定結果を参考として記載した

算定にあたって想定したケースの例



※ 赤破線内を対象とする。

※ 伐採・搬出工程については対象工程を次スライドに整理した。

- ライフサイクルGHG排出量に計上する排出活動は以下のとおり
 - ✓ 栽培工程、土地利用変化によるGHG排出は計上しない
 - ✓ 伐採工程のうち、木寄せ、造材、運搬（下図赤枠）を計上の対象とする
 - ✓ 山土場からの輸送工程、加工工程、発電（燃焼）工程における排出量を計上

※詳細はスライド18を参照

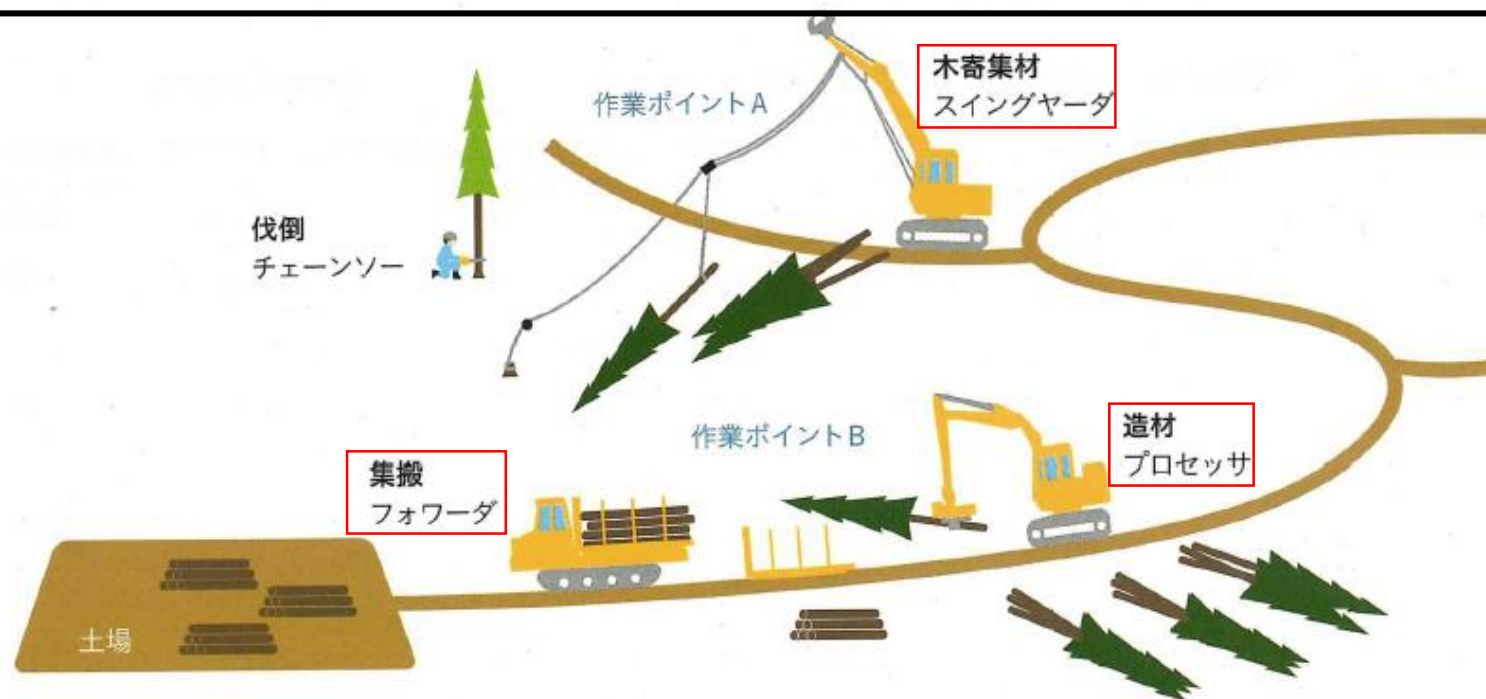


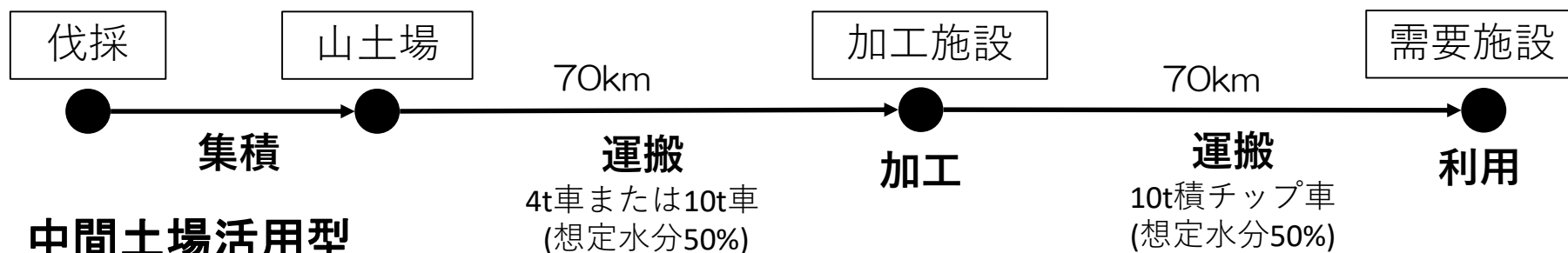
図8 2つの独立作業とする作業配置計画

出典：路網と高性能林業機械を組み合わせた低コスト作業システム導入マニュアル（林野庁補助事業低コスト作業システム構築事業）,日本森林技術協会,平成22年

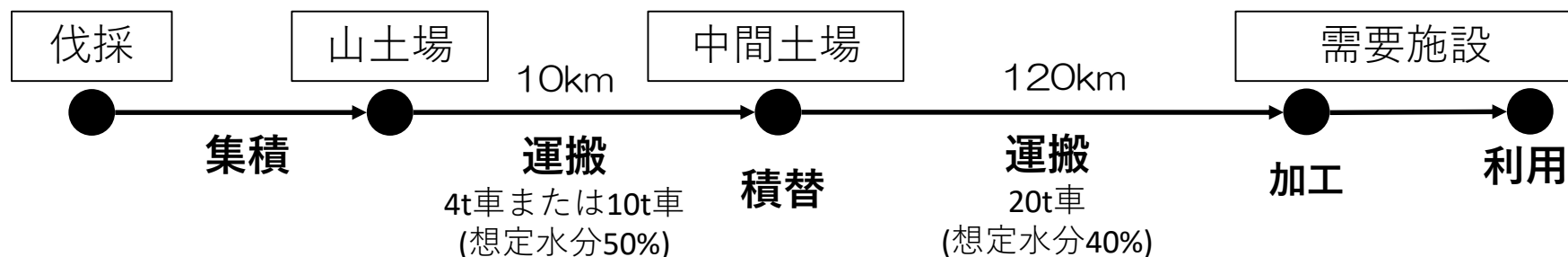
1. 想定した2つのサプライチェーン

- 今回の試算では従来型のケースと中間土場を活用するサプライチェーンを想定した
【中間土場の効果(想定)：大型のトラックの使用、中間土場での天然乾燥が可能となる】
 - ✓ 従来型では、全ての工程で水分50%と仮定した
 - ✓ 中間土場活用型では天然乾燥を想定し、中間土場までは水分50%、以降は40%とした
- それぞれのパターンにおいて、山土場で運用するトラックを2パターン(4tまたは10t積)、チップ、ペレット加工の2パターン想定した

従来型



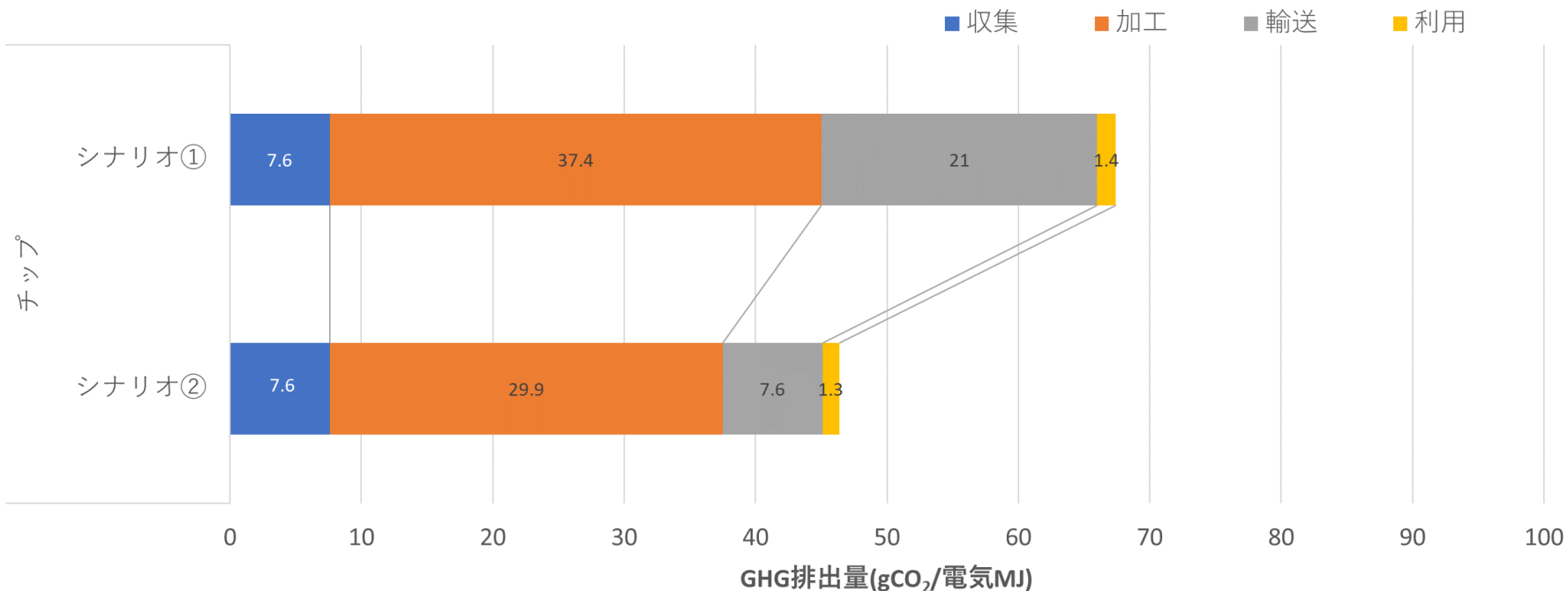
中間土場活用型



工程	設定条件
栽培	排出量は0と仮定した。ただし、早生樹による燃料利用を前提とした森林については既存文献の値を使用した。
収集	木寄、造材、集搬を対象として、既存文献の値を使用した。
輸送	サプライチェーンは前スライドに示す従来型と中間土場型の2通り、山土場からの輸送は4tトラック、10tトラックの計4通りを想定した。
加工	チップは既存文献の値（3事業者を対象とした事例の加重平均値）を使用し、ペレットは参照した事例調査結果から2通り（0.3 t-CO ₂ /t-製品、0.2 t-CO ₂ /t-製品）を想定した。
利用	燃焼時のCH ₄ 、N ₂ O発生量について、高位発熱量に環境省が公表している排出係数、地球温暖化係数を乗じて計算した。
その他	早生樹などの燃料利用を前提とした森林については、実証試験をとりまとめた既存文献の事例を参考として示した。

※それぞれの値や出典については巻末に参考資料として整理した

2. ライフサイクルGHGの試算結果まとめ（チップ）



(単位：gCO₂/電気MJ)

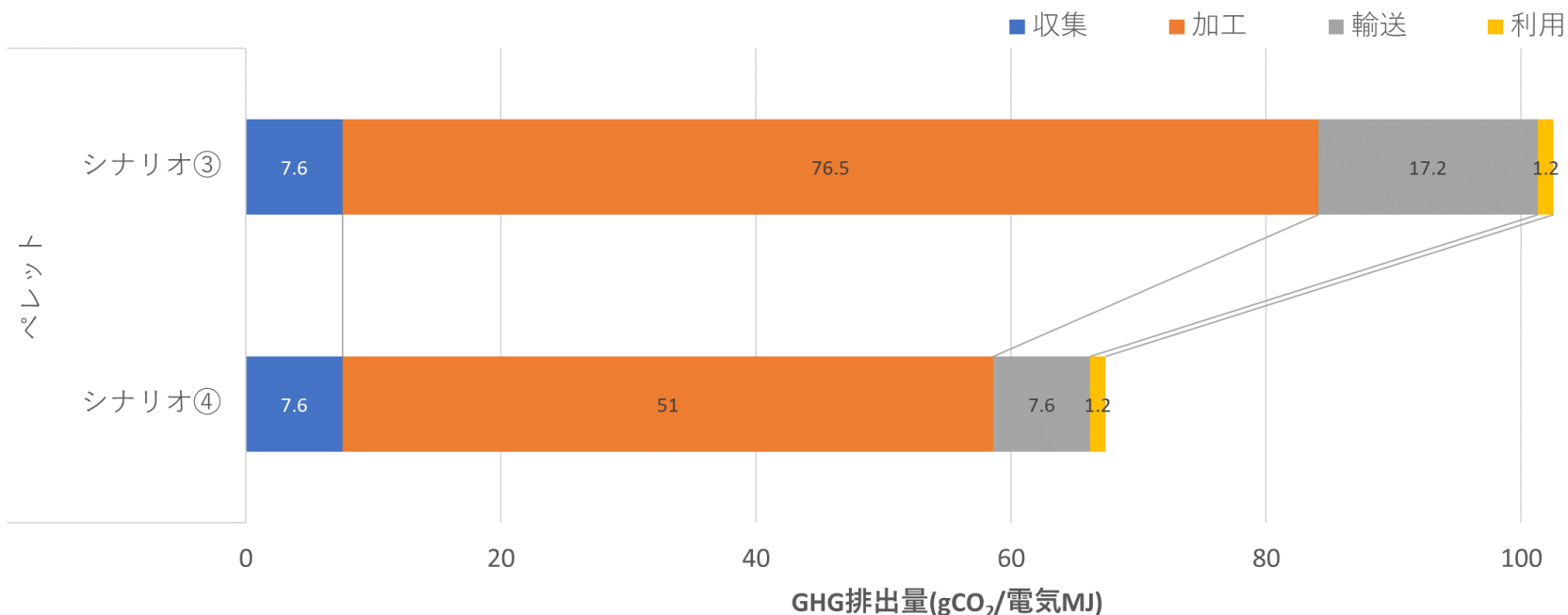
条件設定	栽培	収集	加工	輸送	利用	総排出量
シナリオ①※1	0	7.6	37.4	21.0	1.4	67.4
シナリオ②※2	0	7.6	29.9	7.6	1.3	46.4

(注) 特に加工時排出量について、設定した条件が異なることからペレット、早生樹と単純な比較はできない
⇒加工時の係数は「木質バイオマス利用に係る環境影響評価調査等支援のうち木質バイオマスLCA評価事業報告書（株式会社森のエネルギー研究所）」を参照（スライド25）

※1：山土場では4t車を利用、従来型のサプライチェーンを想定したシナリオ

※2：山土場では10t車を利用し、中間土場における自然乾燥を想定したシナリオ

2. ライフサイクルGHGの試算結果まとめ（ペレット）



条件設定	栽培	収集	加工	輸送	利用	総排出量
シナリオ③※3	0	7.6	76.5	17.2	1.2	102.5
シナリオ④※4	0	7.6	51.0	7.6	1.2	67.4

(注) 特に加工時排出量について、設定した条件が異なることからチップ、早生樹と単純な比較はできない

⇒加工時の係数は「第17回J-クレジット制度運営委員会資料」を参照（スライド28）

※3：山土場で4t車利用、従来型のサプライチェーンを想定し、加工時排出量0.3t-CO₂/t-製品としたシナリオ

※4：山土場で10t車利用、中間土場型のサプライチェーンを想定し、加工時排出量0.2t-CO₂/t-製品としたシナリオ

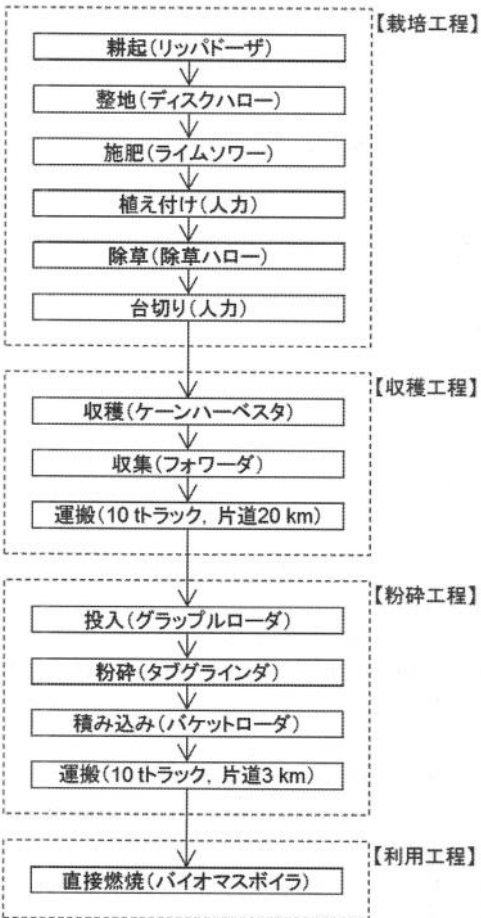


図-2. 栽培・収穫・利用システムのフロー

3. 温室効果ガス (GHG) 排出量 農業の持続可能性の観点からは、トータルシステムに対する LCA 評価が重要となる (12)。LCA 評価に関しては、燃料チップの原料となるヤナギの栽培から、チップをバイオマスボイラで直接燃焼するまでを評価の対象とした。また比較対象としては、A 重油の原料採取～分留～石油精製～燃焼を範囲としたインベントリデータとした。

GHG 排出量に関し、栽培・収穫・粉碎工程における機械の使用に伴うエネルギー使用量はコスト計算において算出し、原単位 (4) を用いて GHG 排出量に換算した。また収穫物の運搬に関する GHG 排出量はトンキロ法 (4) により算出した。なお、機械や建造物などの固定資産に係る GHG 排出量は評価の対象外とした (6)。一方、直接燃焼プロセスについては、既設のバイオマスボイラにおける電力使用量の実績値であるチップ 1 全乾トンあたり 32.4 kWh (2) を用い、原単位により GHG 排出量に換算した。資材投入量については、栽培プロセスの施肥で投入される肥料の GHG 排出量を計上した。さらに、燃焼プロセスで発生するメタン (CH₄) と一酸化二窒素 (N₂O) について、温暖化係数 (GWP) (3) を考慮することで GHG 排出量を算出した。

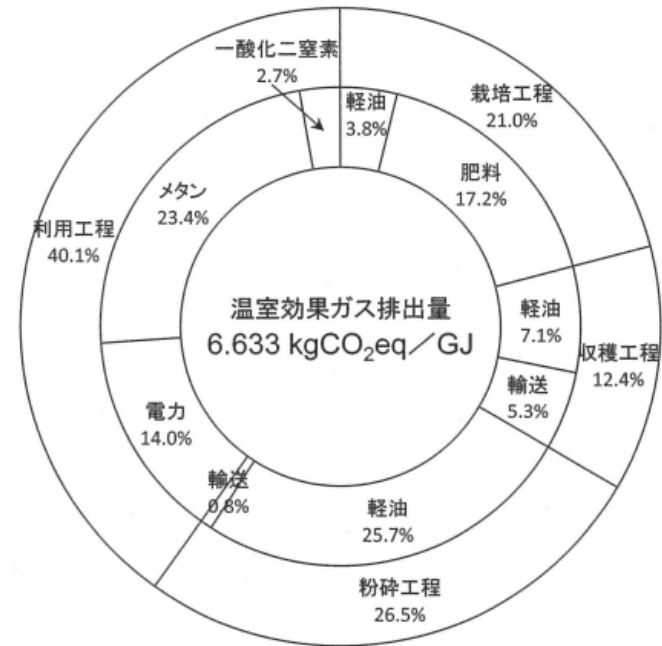


図-4. 温室効果ガス排出量の内訳

出典：短伐期林業を想定したヤナギの栽培・収穫・利用システムの経済性および温室効果ガス排出量分析，吉岡ら,2015,関東森林研究

JWBA注：当該文献では燃焼プラントから20kmにある圃場での栽培が前提条件となっている
 当該文献では熱利用を想定しており、文献に明記はないが、発電効率は考慮されていない値と思われる

- 中間土場は従来型に比べ、GHG排出量が約3割低い結果となった
 - ✓ 大型トラックの活用、天然乾燥の影響によると考えられる
- ペレットについては加工にかかるGHG排出量が多い
 - ✓ 事例ごとにペレット加工時のGHG排出量には差がある（スライド28）が、ペレタイザーの能力や運用体系、化石燃料の使用有無や原料の含水率が影響していると思われる
 - ✓ 本試算では「第17回J-クレジット制度運営委員会資料」の値を用いたが、これは2018年の事例調査によるものであった。国内の木質ペレット製造工場は欧米と比較し、小規模なものが多く、製造効率が悪かったが、近年は国内でも欧米と同機種の大型機械が導入され状況は改善されていることに留意が必要
 - ✓ ペレットを利用している発電所は少ない（スライド15）ものの、今後、地域活用型の小規模発電や熱電併給、ガス化発電などにより、利用されることも想定される
- 加工時の排出量について、事例調査を元にしており、値の精査が必要である
- 既存のLCA試算結果（スライド13）と比較すると、ペレットについてはほぼ同等の値となり、チップについては本試算でのGHG排出量が多い値となった
 - ✓ 本試算での加工時の排出量の影響が大きく、前提条件等の違いによるものと想定される

4. 排出量の低減に向けて

- 中間土場の整備は輸送の効率化と天然乾燥によるエネルギー密度向上の2つの効果がある
 - ✓ 大型トラックの使用によりGHG排出量が低減される
 - ✓ 中間土場で水分率を下げることはエネルギー当たりGHG排出量の低減効果がある
 - ✓ この場合、素材生産事業者、運送事業者、加工事業者などサプライチェーンを構成する各者の連携・協力が前提となる。
- チップの品質規格の整理・普及により、サプライチェーンを構成する各者の連携・協力が促進されると期待される
 - ✓ 現状においては水分に応じた価格設定をしていない発電事業者が多く、水分の高いチップが多く使われている（スライド16）
 - ✓ 品質規格により、チップの水分率に応じた価格設定が促進され、水分の少ない燃料材の供給が進むものと想定される
- チップ・ペレット加工時の排出量が大きいいため、対策が求められる
 - ✓ 加工時に使用する化石燃料をバイオマス燃料への転換する、再エネ由来電源を活用するなどが想定され、これらの取組みを進めるための仕組み作りが課題となる
- 今回は中間土場の活用によるGHG削減を検討したが、これ以外にも、サプライチェーン当事者の工夫やインフラ環境の整備（より近距離からの集材、道路整備による大型トラックの活用）による削減も想定される

(参考：1-1)既存文献での燃料種別LCA試算結果

図表 83 燃料種別のライフサイクル GHG 排出量試算結果 (単位：g-CO₂/MJ)

燃料種 (カッコ内は想定調達国やその他想定したシナリオ)	栽培	加工	輸送 ^{*1}	燃料 ^{*2}	計
バガスブリケット (国内) ^{*3}	0.0	0.3	1.3	0.4	2.0
農業残渣 (国内) ^{*3}	0.0	0.9	1.3	0.2	2.4
もみ殻 ^{*4} (国内)	0.0	0.0	1.3	1.8	3.2
木質チップ (国内、林地残材)	0.0	1.6	1.3	0.4	3.3
わらペレット (国内) ^{*3}	0.0	5.0	1.3	0.2	6.5
木質チップ (ベトナム、丸太)	1.1	0.3	10.4	0.4	12.2
PKS ^{*4} (マレーシア)	0.0	0.0	11.5	1.8	13.4
木質ペレット (国内、林地残材、生チップボイラ ^{*5})	0.0	12.5	1.3	0.3	14.1
ココナッツ殻 (インドネシア)	0.0	0.0	12.9	1.8	14.7
ウォールナッツ殻 (アメリカ)	0.0	0.0	17.7	1.8	19.6
木質チップ (米西、丸太)	1.1	0.3	18.6	0.4	20.4
アーモンド殻 (アメリカ)	0.0	0.0	19.0	1.8	20.9
ジャトロファ種子 ^{*6} (フィリピン)	16.1	0.2	3.8	1.8	22.0
木質ペレット (ベトナム、丸太、生チップボイラ)	1.4	11.0	10.4	0.3	23.1
木質ペレット (カナダ、製材端材、生チップボイラ)	0.0	6.0	17.2	0.3	23.5
EFB ペレット ^{*7} (マレーシア、生チップボイラ)	0.0	12.5	12.8	1.8	27.2
ひまわり種殻 (ルーマニア)	0.0	0.0	35.5	1.8	37.3
パーム油・PAO (マレーシア、バイオガス処理有)	27.1	4.7	6.3	0.2	38.3
ピスタチオ殻 (トルコ)	0.0	0.0	36.9	1.8	38.8
木質チップ (米東、丸太)	1.1	0.3	37.4	0.4	39.2
大豆油 (モザンビーク)	22.2	4.2	15.1	0.2	41.7
ひまわり油 (モザンビーク)	27.2	3.8	14.4	0.2	45.7
落花生油 (モザンビーク) ^{*8}	30.3	3.8	14.4	0.2	48.7
キャノーラ油 (モザンビーク)	33.4	3.7	14.4	0.2	51.7
パーム油・PAO (マレーシア、バイオガス処理無)	27.1	22.6	6.3	0.2	56.2

出典：平成30年度新エネルギー等の導入促進のための基礎調査
バイオマス燃料の安定的調達・持続可能性等に係る調査 報告書
三菱UFJリサーチ & コンサルティング

JWBA：上記表と本事業の事前試算結果は前提条件が異なるため、単純な比較はできないが、参考として比較する場合には、本事業は発電効率を21.6%としたため、上記表の値を約4.6倍した値が便宜的な参考値となる (厳密には発電所内利用率などの要素も加味する必要がある)

前スライド注釈

(出所) 複数文献に基づき三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング作成

- *1 輸送工程については、EU の代表値がわが国にとっての想定調達国と日本の距離を正確に反映していない可能性が高いため、全燃料種で独自計算を行った。また調達国内における輸送工程（陸上輸送）からの GHG 排出量は考慮していない（他のライフサイクルと比較して当該排出量は小さく、考慮しなくても大きな影響がないと判断した）。
- *2 燃焼工程については、EU の代表値が得られる木質チップ、木質ペレット、農業残渣、わらペレット、バガスブリケット以外の燃料種に対して独自計算を行った。
- *3 農業残渣、わらペレット、バガスブリケットについては、低位発熱量のデータが入手できなかったため、木質ペレットと同じ値を適用した。
- *4 もみ殻、PKS、殻類は副産物として扱い、栽培・加工工程での GHG 排出をゼロとし、発生時点以降の GHG 排出量のみを計上した。
- *5 ペレット化に用いるボイラについては、EU の代表値において、化石燃料ボイラ、生チップボイラ、生チップボイラ CHP の 3 分類が存在する。本試算では最も主流と考えられる生チップボイラ使用を想定して試算を行った。
- *6 ジャトロファ種子については、バイオマス燃料として利用する際のライフサイクル GHG 排出量を試算するのに必要な情報が入手できなかったため、バイオディーゼルに加工して使用する場合の情報をを用いて試算を行った。
- *7 EFB ペレットのペレット化（加工工程）における GHG 排出量に関するデータが入手できなかったため、木質ペレットの加工工程の排出量を適用した。
- *8 落花生油の栽培・加工工程でのデータが入手できなかったため、それぞれキャノーラ油とひまわり油の平均値を適用した。

出典：平成30年度新エネルギー等の導入促進のための基礎調査
バイオマス燃料の安定的調達・持続可能性等に係る調査 報告書
三菱UFJリサーチ & コンサルティング

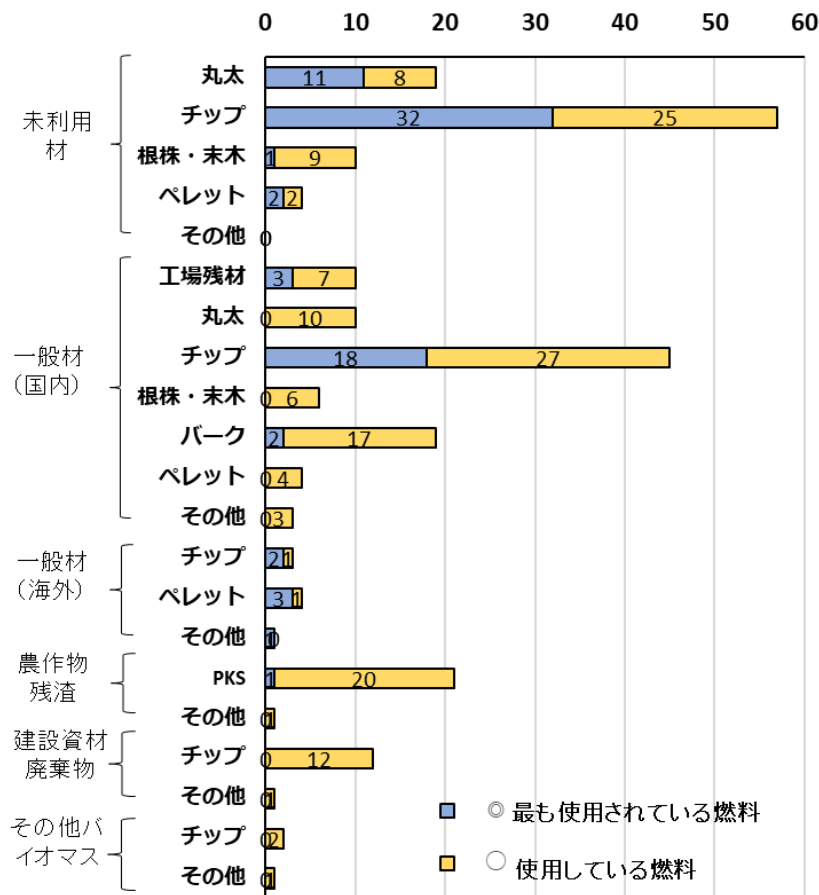
(参考2) 発電所における使用燃料の種類（需給動向調査より）

発電所における使用燃料の種類

使用する燃料種類		◎		○	
間伐材等 由来	丸太	11	46	8	44
	チップ	32		25	
	根株・末木	1		9	
	ペレット	2		2	
	その他	0		0	
一般材 (国内)	工場残材	3	23	7	74
	丸太	0		10	
	チップ	18		27	
	根株・末木	0		6	
	パーク	2		17	
	ペレット	0		4	
一般材 (海外)	チップ	2	6	1	2
	ペレット	3		1	
	その他	1		0	
農作物 残さ	PKS	1	1	20	21
	その他	0		1	
建設資材 廃棄物	チップ	0	0	12	13
	その他	0		1	
その他 バイオマス	チップ	0	0	2	3
	その他	0		1	

n = 67 複数回答あり

※ 最も使用する燃料は「間伐等由来」が多く、使用する燃料としては、様々な種類の燃料を調達予定としている。



出典：令和元年度「地域内エコシステム」サポート事業 木質バイオマス燃料の需給動向調査
一般社団法人日本木質バイオマスエネルギー協会

(参考3)発電所によるチップ調達時の水分条件の有無

チップ調達時の水分条件の有無

納入チップ水分条件の有無		回答数
有り	60%以下	2
	50%以下	13
	40%以下	0
	30%以下	1
	20%以下	1
	10%以下	1
	その他	13
	条件あり合計 (注)	28
条件なし		38

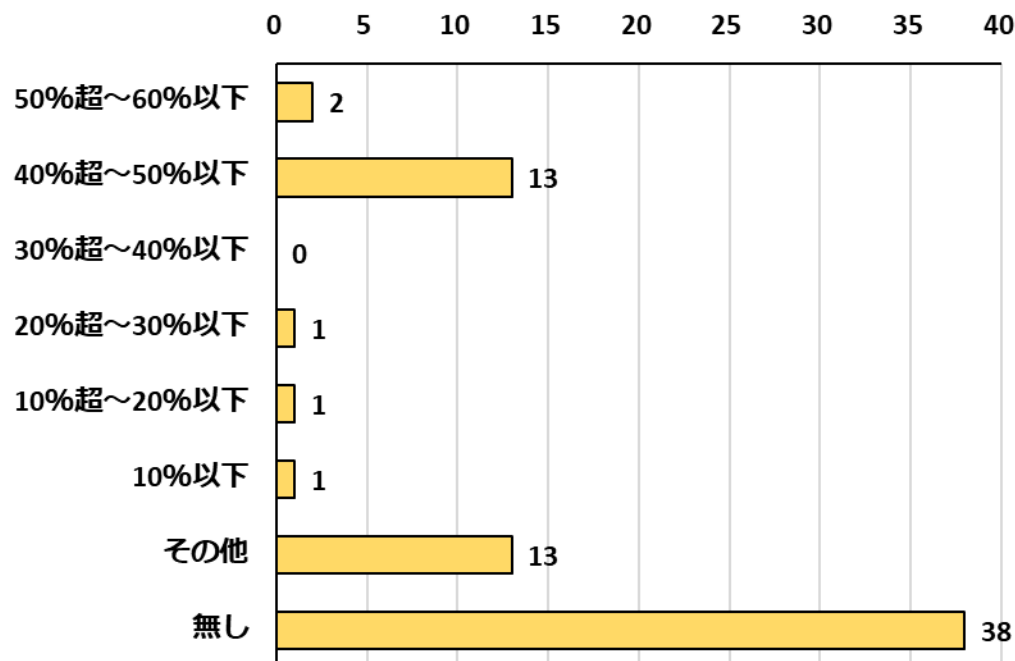
n = 66

注 水分条件を回答しつつその他記載の回答もあったものがあり
小計と不一致

※ 燃料材の調達に関して、**水分による基準を設けているのは28発電所 (42%)**であった

※ 条件あり「その他」13発電所の回答内訳

- ・熱量により基準を設けているが受入制限はしていない (1発電所)
- ・購入単価決定を水分基準にて行っている (3発電所)
- ・具体的に条件水分を記載「使用時15%以下」「25%以下」「35～45%」「下限は40%」「44%以下」「45%以下」「概ね50%」「53%以下」「55%以下建廃35%以下」の9発電所



附属資料

- ✓ 設定条件の詳細
- ✓ 工程別試算結果詳細

- 燃料材となる木材は、伐捨間伐、搬出間伐、主伐(主に皆伐)により生産されると想定される
 - ✓ 搬出間伐、主伐では、タンコロ、末木枝条、曲がり材や細い材、獣害や凍裂などにより損傷・腐食した箇所が燃料材として利用されると想定される
 - ✓ タンコロや末木枝条は造材の必要はないが、曲がり材等は運搬のため、造材する必要がある
- 今回は伐倒は対象から除外し、木寄せ、造材、運搬を対象とした
車両系施業を想定した場合の作業比較

施業種	燃料材利用のない場合、 低質材に実施される作業	低質材の燃料材利用のために 必要となる作業
伐捨間伐	・ 伐倒	・ 木寄せ ・ 造材（集材運搬のため） ・ 運搬
搬出間伐	・ 伐倒	・ 木寄せ ・ 造材（集材運搬のため） ・ 運搬
主伐	・ 伐倒 ・ 木寄せ （・ 運搬、造材※）	（・ 造材（集材運搬のため）） （・ 運搬）

※燃料材として利用しない場合にも、作業路傍に集材した伐倒木を放置することは作業の支障や流出が懸念されることから、造材の後、山土場まで運搬されることが想定される

- 木寄せ、搬出、運搬のGHG排出量について、既存文献（「林業作業におけるCO₂排出量算定と収支分析」）の値を参照した
- 参照した文献の単位「m³」について、1m³=0.63t※で換算した
- 以上より、伐採・搬出工程での排出量は $9.01\text{kgCO}_2/\text{m}^3 \div 0.63\text{t}/\text{m}^3 = 14.3\text{kgCO}_2/\text{t}$ とした

※「地域で始める木質バイオマス 熱利用」参照

工程別CO₂排出量の抜粋（「3.4利用間伐」より）

3.4.1 伐倒（チェーンソー）

平均CO₂排出量 0.16kgCO₂/m³

3.4.2 木寄せ（グラップルローダー）

平均CO₂排出量 4.56kgCO₂/m³

3.4.3 造材（ハーベスタ、プロセッサ）

平均CO₂排出量 2.41kgCO₂/m³

3.4.4 搬出（フォワーダ、運搬車とグラップルローダー）

平均CO₂排出量 2.04kgCO₂/m³

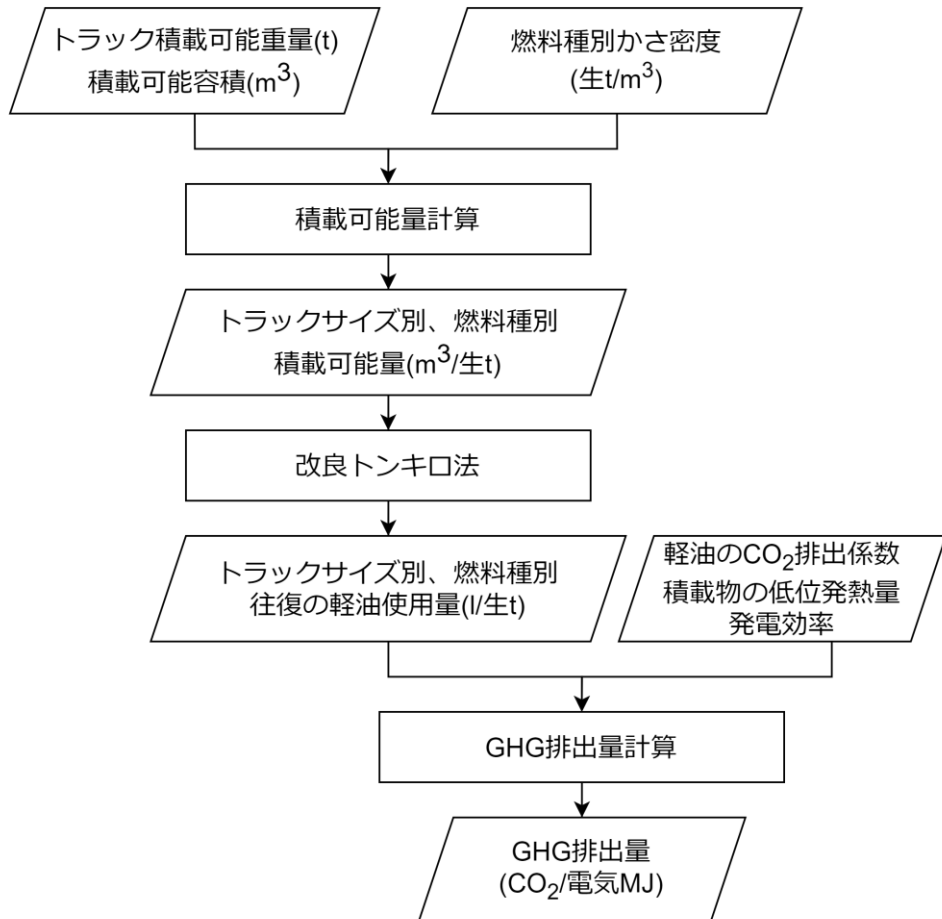
3.4.5 作業路開設（バックホウ）

平均CO₂排出量 1.70kgCO₂/m³

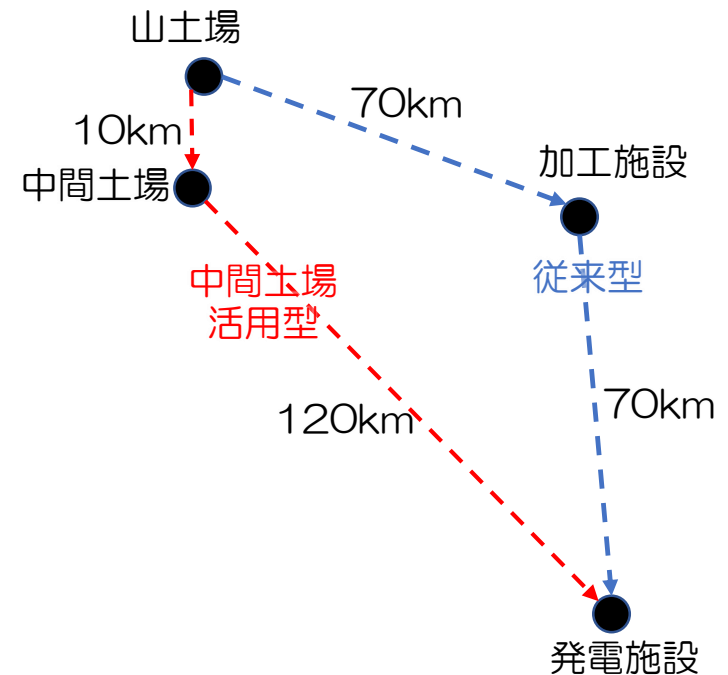
9.01
(kgCO₂/m³)

出典：林業作業におけるCO₂排出量算定と収支分析,2011,森林利用学会誌,仲畑ら

- 次スライドを参考に仮想の位置関係（輸送距離）を設定した
 - ✓ 平均集荷距離ではなく、最大集荷距離を参照し、距離を設定した



今回想定した位置関係



※上記は直線距離であることから、
走行距離は更に1.3倍とした

(参照) 日本の主要都市における直線距離と道路距離との比に関する実証的研究,GIS-理論と応用,2014,森田ら

表 2-⑩ 調査対象 22 発電事業者の木材調達範囲

区分	主要木材調達範囲平均 (単位: km)			最長木材調達範囲平均 (単位: km)		
		調達範囲が 拡大した 7 事業者 の平均	調達範囲が 縮小した 4 事業者 の平均		調達範囲が 拡大した 7 事業者の 平均	調達範囲が 縮小した 4 事業者の 平均
当初計画	99	64	177	112	65	185
実績	101	123	86	125	159	92

(注)1 当省の調査結果による。

2 実績は、調査日時点において把握できた直近 1 年間の木材調達範囲である。

出典) 木質バイオマス発電をめぐる木材の需給状況に関する実態調査,令和3年,総務省

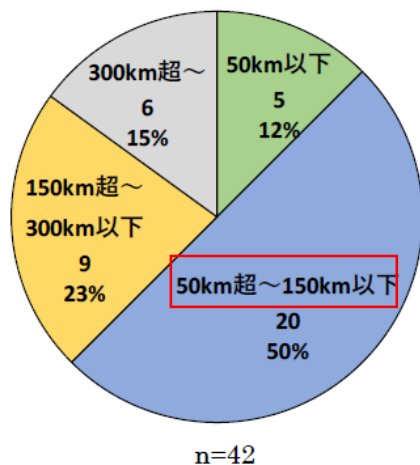


図- 15 燃料材の最大・集荷距離

表 - 4 発電所における燃料使用量、発電容量

発電所規模	発電所 数	平均稼働 日数	発電容量			
			送電端 (kW)	発電端 (kW)	送電/発電 (%)	発電容量平 均 (発電 端) (kW)
～ 1,000 kW	10	297	1,272	1,656	77%	166
1,001 ～ 2,000 kW	5	322	6,389	8,375	76%	1,675
2,001 ～ 5,000 kW	3	311	6,757	11,555	58%	3,852
5,001 ～ 10,000 kW	29	345	163,767	193,879	84%	6,685
10,001 ～ 20,000 kW	4	331	52,700	60,200	88%	15,050
20,001 ～ 30,000 kW	3	330	57,100	66,500	86%	22,167
30,001 ～	11	321	2,318,000	2,501,350	93%	227,395
合計および平均	65	323	2,605,985	2,843,515	92%	43,746

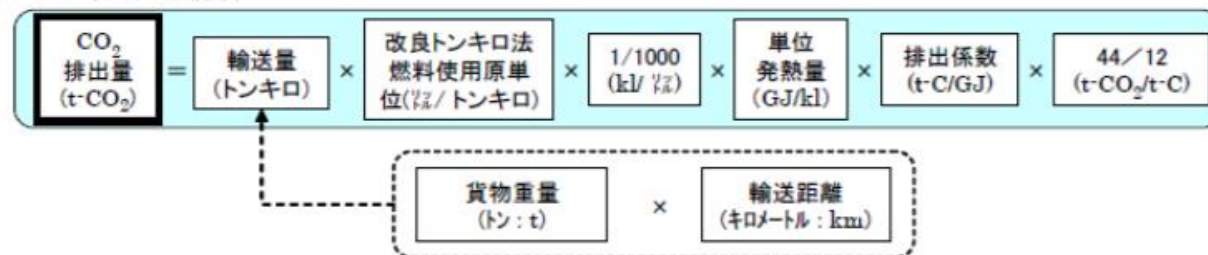
注) 送電端・発電端を記入の発電所は 63 発電所

出典) 木質バイオマス燃料の需給動向調査 成果報告書,令和3年,日本木質バイオマスエネルギー協会

(参考) 改良トンキロ法について

改良トンキロ法による CO₂ 排出量は、トラックの最大積載量別積載率別に細分化した CO₂ 排出原単位に輸送量(トンキロ)を乗じて算定する。トラック以外の鉄道、船舶、航空機の CO₂ 排出量は、従来トンキロ法による輸送機関別の輸送トンキロ当たり CO₂ 排出原単位を使用する。

■トラックの場合



*データ収集・作成については、2)参照

(3)標準原単位

燃料別最大積載量別の積載率に応じた輸送トンキロ当たり燃料使用量は次の数式に基づき算出する。

【ガソリン車】 $\ln y = 2.67 - 0.927 \ln (x/100) - 0.648 \ln z$

【ディーゼル車】 $\ln y = 2.71 - 0.812 \ln (x/100) - 0.654 \ln z$

ただし、y:輸送トンキロ当たり燃料使用量(l)、x:積載率(%)、z:最大積載量(kg)

(有効数字2桁)。ln は自然対数。積載率 10%未満の場合は、積載率 10%の時の値を用いる。

- 各種トラックの積載量は次スライドを参照し、以下のように設定した
- 従来型のケース
 - ✓ 丸太運搬（山土場⇒加工施設） : 10t(25m³積トラック)または4t
 - ✓ チップ、ペレット運搬（加工施設⇒発電所） : 10t(50m³積トラック)
- 対策実施ケース
 - ✓ 丸太運搬①（山土場⇒中間土場） : 10t(25m³積トラック)または4t
 - ✓ 丸太運搬②（中間土場⇒発電所隣接加工施設） : 20t(50m³積フルトレーラー)

改良トンキロ法による原単位

種別	積載物	最大積載 可能重量(t/台)	満載時 トンキロ原単位 (軽油使用量l/t*km)	空荷(10%積載)時 トンキロ原単位 (軽油使用量l/t*km)
4tトラック	原木	4	0.066	0.43
25m ³ 積丸太運搬車	原木	10	0.036	0.236
50m ³ 丸太運搬車	原木	20	0.023	0.15
50m ³ チップ車	チップ、ペレット	10	0.036	0.236

(参考) 想定したトラックのサイズと運搬量

丸太運搬車両 (縦棒・カゴ)				区分	チップ運搬車両	
大型ハサミ付トラック		ハサミ付フルトレーラー		車種	大型トラック (チップ車)	セミトレーラー (チップ車)
丸太	短コロ	丸太	短コロ	積荷品目	切削チップ	
25m ³		50～75m ³		積載容量	50m ³	75m ³
10～12 t	6～8 t	20～30 t		積載重量	10～12 t	16～20 t

大型ハサミ付トラック



ハサミ付フルトレーラー



車両別写真

大型トラック車



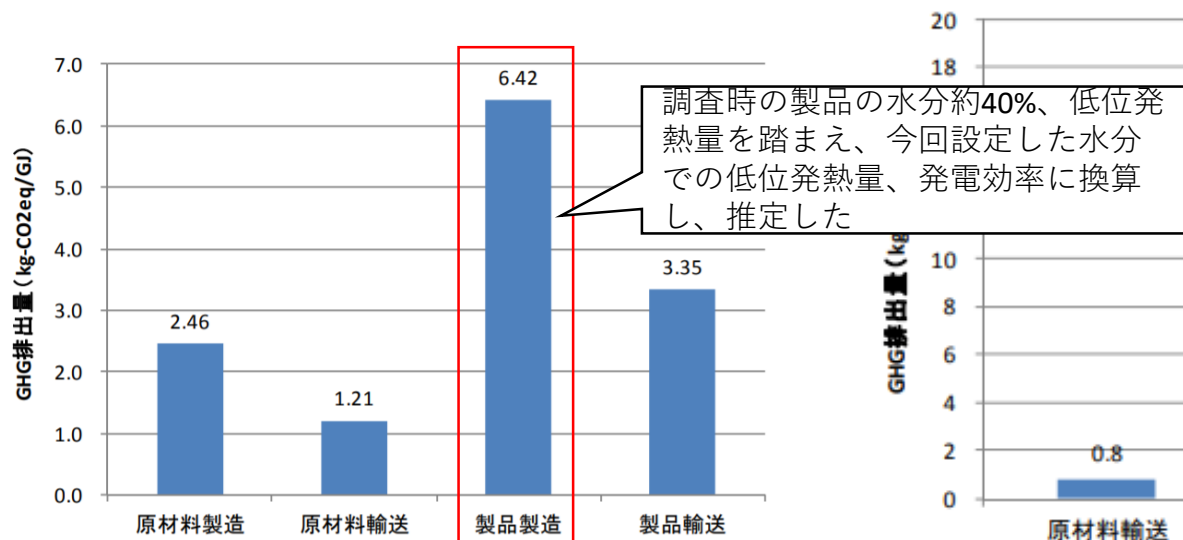
セミトレーラー



※上記以外に4tトラックも想定

出典：事業者からの提供資料

- チップ加工の工程は、「木質バイオマス利用に係る環境影響評価調査等支援のうち木質バイオマスLCA評価事業報告（森のエネルギー研究所）」を参照した
 - ✓ 当該報告書のGHG排出量（重量配分）のうち、製品製造の値を使用（下図）
 - ✓ 製紙用チップを目的とした事業者の生産量が比較的多く、皮剥き工程も加味された値と想定される
 ※標記事業のチップ調査では、原料入荷時の水分は約40%であったが、燃料材生重量当たりのGHG排出量に割り戻し、水分約50%での排出量を推定した
 - ✓ 乾燥工程は含まれておらず、系統電力、化石燃料の使用が想定されている
- ペレット加工の工程については、当該報告書では乾燥された燃料材を使用していたことから、第17回Jクレジット制度運営委員会資料に記載されている事例値を参考に0.3tCO₂/t-製品、0.2tCO₂/t-製品を用いることとした



（参考）価値配分時：1.89

図 2-11 チップの GHG 排出量結果（重量配分）

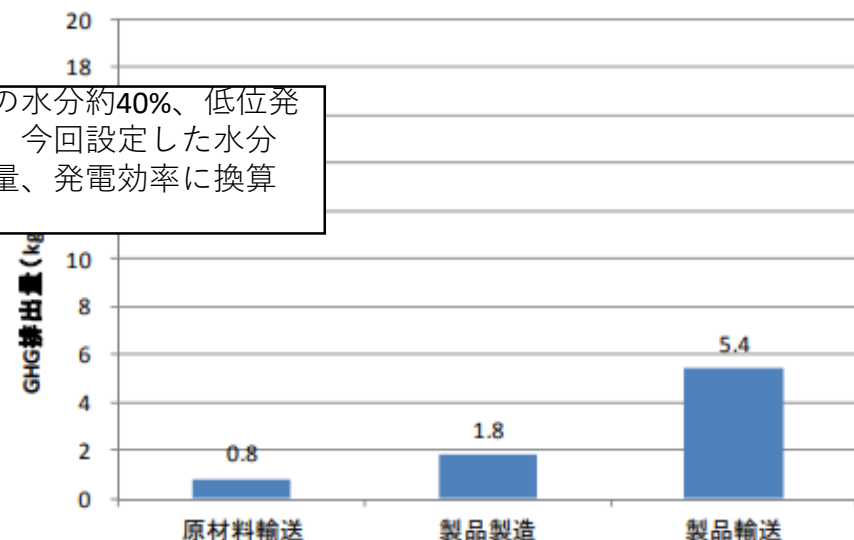


図 2-17 ペレットの GHG 排出量結果（価値配分）

出典：木質バイオマス利用に係る環境影響評価調査等支援のうち木質バイオマスLCA評価事業報告書
株式会社森のエネルギー研究所

(参考) 木質バイオマス利用に係る環境影響評価調査等支援のうち 木質バイオマスLCA評価事業報告書での調査対象

表 2-14 本事業で調査したチップ製造事業者の概要

	G 社	H 社	I 社
所在地	山梨県	埼玉県	鹿児島県
事業概要	チップ製造 (製紙・ボード・燃料用)	チップ製造・販売	チップ、敷料 etc 製造・販売
調査期間	H22.8 月～H23.3 月まで (実証事業データ)	H22.4 月～H23.3 月ま での 1 年間	H22.4 月～H23.3 月までの 1 年間
チップの原材料	樹皮、丸太、枝葉	丸太(針葉樹・広葉樹)	枕木、木枝、抜根、丸太(針 葉樹・広葉樹)
原材料の輸送方法	20tトラック、10kLタンクロー リー、軽トラック	1.5tトラック他多車種	2、4、15、20tトラック タンクローリー (10kL、 16kL)
チップのタイプ※	クラッシャータイプ	フレーカータイプ	クラッシャータイプ及びフレー カータイプ
製品	燃料用チップ (自家消費)	製紙用チップ ※副産物としてチップダ スト、パークが発生	製紙用・燃料用チップ、敷 料 ※製紙用チップ製造時には 副産物としてパークが発生
製品の輸送方法	製品チップ自家利用のため無し	大型ダンプ(15 m ³)、大 型トレーラー及び大型単 車	15、20tトラック
製品の水分率	40.0%w.b.	38.4%w.b.	43.2%w.b.(広葉樹チップ) 38.9%w.b.(針葉樹チップ)
製品の低位発熱量	10.7 MJ/kg	10.6 MJ/kg	9.4 MJ/kg(広葉樹チップ) 11.0MJ/kg(針葉樹チップ)
製品製造量	約 4,500t/年	約 17,000t/年	約 5,000t/年

※クラッシャータイプとは、ハンマーで叩きつぶすタイプのチップで、製造されるチップは形が不規則でサイズのばらつきが大きい。フレーカータイプとは、ナイフにより切断するタイプのチップで、大きさの均一なチップの製造に適している。製紙用チップを製造するシステムとして広く採用されている。

表 2-23 本事業で調査したペレット製造事業者の概要

	J 社	K 社	L 社
所在地	長野県	福井県	岡山県
事業概要	ペレット製造・販売	製材加工、 ペレット製造・販売等	集成材、製材加工、ペ レット製造販売
調査期間	H22.3 月～H23.2 月 ※ペレット製造時電力 消費量の計測を 1 日 間実施。	ペレット製造段階は H23.10.13の1日間、 輸送段階は H22.4 月 から H23.3 月までの 1 年間	H21.1 月から 12 月ま で
原材料	丸太 (間伐材(生材))	生プレーナー屑(製材 及び集成材製造時に 発生するプレーナーく ず)	乾燥プレーナー屑 (集成材の製造時に 発生するプレーナーく ず)
原材料の輸送方法	2.3 丸太の環境影響 評価の調査結果を使 用	フォークリフト (自社の製材、集成材 製造ラインから調達) ※消費量が不明のため評価に含めず。	エア搬送 (自社の集成材製造ラ インから調達)
製品	全木ペレット	ホワイトペレット	ホワイトペレット
製品の輸送方法	4tトラック	4tトラック	4、10、15、20tトラック
製品の水分率	8.5 %w.b.	9.8 %w.b.	6.0 %w.b.
製品の低位発熱量	18.0 MJ/kg	17.4 MJ/kg	18.1 MJ/kg
製品製造量	約 1,500t/年	約 200t/年	約 10,000t/年

出典：木質バイオマス利用に係る環境影響評価調査等支援のうち木質バイオマスLCA評価事業報告書
株式会社森のエネルギー研究所

(2) システム境界

システム境界は図 2-9 に示したように、原材料製造から製品輸送までである。

H 社では副製品として、バーク・チップダストが、I 社(フレーカータイプ)ではバークが生じる。LCA の実施規則を定めた ISO14044 によると、配分(巻末の『用語の説明』を参照)について、まずは単位プロセスの細分化をするなどして回避することとされているが、回避できない場合、一つのプロセスから生産される複数の製品に対しては、方法を明確に説明した上で各製品へ環境負荷量を配分する必要があるとされている。今回、H 社、I 社(フレーカータイプ)では、配分を回避することができなかったため、主製品であるチップの環境負荷量の一部を、チップダスト、バークといった副製品にも配分していった。配分方法としては、重量基準、価格基準で全製品に環境負荷量を配分させた場合(以下、重量配分、価格配分)の 2 通りを検討した。LCA 評価結果の真値は、重量配分値と価値配分値の範囲内にあると考えられる。

出典：木質バイオマス利用に係る環境影響評価調査等支援のうち木質バイオマスLCA評価事業報告書
株式会社森のエネルギー研究所

2.3 木質ペレットの燃料製造に係るデフォルト値の設定

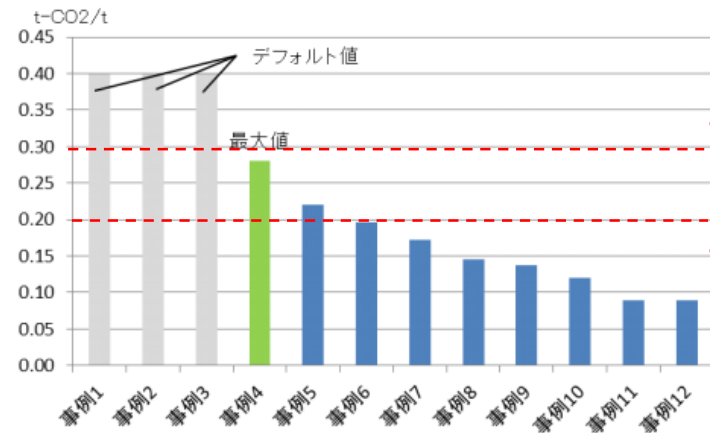
- 木質ペレットの燃料製造工程は、一般に①原料の乾燥工程、②破砕・成型工程の2段階。
- このうち、①原料の乾燥工程における排出量がゼロの場合について、木質ペレットの固形燃料化処理に係る付随的排出量に関するデフォルト値を設定してはどうか。

＜木質ペレットの燃料製造に係るデフォルト値について＞

- 第11回運営委員会において、木質ペレットの固形燃料化処理における付随的排出量について、化石燃料及び電力の両方を利用する場合のデフォルト値：0.4t-CO₂/t（木質ペレット1tあたり排出量）を設定済み。
 - 木質ペレットの燃料製造に係る2段階の工程のうち、①原料の乾燥工程において化石燃料を、②破砕・成型工程において電力を、それぞれ利用することが一般的である。
- しかし、実際には、乾燥工程において端材等のバイオマス燃料を利用する等、乾燥工程に由来する排出量がゼロとなる場合が存在し、上記のデフォルト値を用いると排出量は過大となる。この場合のデフォルト値を設定するよう事業者から要望があったもの。

＜実績値の精査＞

- J-クレジット制度及びJ-VER制度における、燃料製造に電力のみを利用するプロジェクトの実績値（木質ペレット1tあたり排出量）は右図の通り。
- 実測値の最大値：0.28t-CO₂/tに鑑み、デフォルト値として**0.3t-CO₂/t**を設定してはどうか。



本試算で
設定した値

20

出典：第17回J-クレジット制度運営委員会資料

- 燃料材の低位発熱量に送電端効率を乗じて電気MJを算出
 - ✓ 低位発熱量は下記の式により計算した(高位発熱量は20MJ/絶乾kgとした)

$$LHV_{\text{dry-base}} = HHV - 2.45 \cdot w_{\text{dry-base}} \quad (\text{MJ/dry-kg})$$

$$LHV_{\text{wet-base}} = HHV \cdot (1 - w_{\text{wet-base}}) - 2.45 \cdot w_{\text{wet-base}} \quad (\text{MJ/wet-kg})$$

※HHV：高位発熱量、 w ：水分

出典：森林資源の素材利用とエネルギー利用,森林利用学会誌,2012,鈴木・保志

- 燃焼時の CH_4 、 N_2O 発生量については、高位発熱量に排出係数、地球温暖化係数を乗じて計算
 - ✓ 排出係数は「環境省温室効果ガス排出・吸収量等の算定と報告～温室効果ガスインベントリ等関連情報～のうち、エネルギー分野、温室効果ガス排出・吸収量算定方法の詳細情報」を参照した
 - ✓ CH_4 : $0.2\text{kgCH}_4/\text{TJ}$ 係数25
 - ✓ N_2O : $0.87\text{kgN}_2\text{O}/\text{TJ}$ 係数298

附属資料

- ✓ 設定条件の詳細
- ✓ 工程別試算結果詳細

2. ライフサイクルGHGの試算結果 ①収集運搬、②輸送

①収集運搬 排出量

排出量(kgCO2/生t)	GHG排出量 (kgCO2/電気MJ)
14.3	7.6

②輸送 排出量

SC	工程	燃料 種別	直線距離 (km)	走行距離 (km)	トラック サイズ	往復 軽油量 (l/t)	輸送時排出量 (gCO2/電気MJ)
従来型 (チップ) ※1	山土場⇒加工施設	原木	70	91	4t車	9.9	13.6
	加工施設⇒需要施設	チップ	70	91	10t車	5.4	7.4
	計		140	182		15.3	21.0
従来型 (チップ) ※2	山土場⇒加工施設	原木	70	91	10t車	5.4	7.4
	加工施設⇒需要施設	チップ	70	91	10t車	5.4	7.4
	計		140	182		10.8	14.8
中間 土場型 (チップ) ※1	山土場⇒中間土場	原木	10	13	4t車	1.4	1.9
	中間土場⇒需要施設	原木	120	156	20t車	5.9	6.5
	計		130	169		7.3	8.4
中間 土場型 (チップ) ※2	山土場⇒中間土場	原木	10	13	10t車	0.8	1.1
	中間土場⇒需要施設	原木	120	156	20t車	5.9	6.5
	計		130	169		6.7	7.6

※1 山土場から次の目的地まで4t車を使用した場合

※2 山土場から次の目的地まで10t車を使用した場合

2. ライフサイクルGHGの試算結果 ②輸送

②輸送排出量（つづき）

SC	工程	燃料種別	直線距離 (km)	走行距離 (km)	トラック サイズ	往復 軽油量 (l/t)	輸送時排出量 (gCO ₂ /電気MJ)
従来型 (ペレット) ※1	山土場⇒加工施設	原木	70	91	4t車	9.9	13.6
	加工施設⇒需要施設	ペレット	70	91	10t車	5.4	3.6
	計		140	182		15.3	17.2
従来型 (ペレット) ※2	山土場⇒加工施設	原木	70	91	10t車	5.4	7.4
	加工施設⇒需要施設	ペレット	70	91	10t車	5.4	3.6
	計		140	182		10.8	11.0
中間土場型 (ペレット) ※1	山土場⇒中間土場	原木	10	13	4t車	1.4	1.9
	中間土場⇒需要施設	原木	120	156	20t車	5.9	6.5
	計		130	169		7.3	8.4
中間土場型 (ペレット) ※2	山土場⇒中間土場	原木	10	13	10t車	0.8	1.1
	中間土場⇒需要施設	原木	120	156	20t車	5.9	6.5
	計		130	169		6.7	7.6

※1 山土場から次の目的地まで4t車を使用した場合

※2 山土場から次の目的地まで10t車を使用した場合

2. ライフサイクルGHGの試算結果 ③加工、④利用

③加工時排出量

燃料種別	製造時排出量 (kgCO ₂ /GJ)	資料記載の 低位発熱量 (GJ/製品t)	水分を踏まえ 換算した低位発熱量 (GJ/製品t)	製造時排出量 (gCO ₂ /電気MJ)
チップ（水分50%）	1.89	11.0	8.78	37.4
チップ（水分40%）			11.0	29.9
ペレット①	0.3(tCO ₂ /t)	18.0	—	76.5
ペレット②	0.2(tCO ₂ /t)			51.0

④利用工程排出量

燃料種別	高位発熱量 (GJ/t)	CH ₄ 排出量 (tCO ₂ /生t)	N ₂ O排出量 (tCO ₂ /生t)	総排出量 (tCO ₂ /生t)	総排出量 (gCO ₂ /電気MJ)
50%チップ	10	0.05	2.59	2.64	1.40
40%チップ	12	0.06	3.11	3.17	1.34
ペレット	18.4	0.092	4.77	4.862	1.24