

令和4年度 木材産業・木造建築活性化対策のうち
CLT・LVL等の建築物への利用環境整備事業のうち
CLT・LVLを活用した建築物の低コスト化・検証等

CLTを用いた土木利用技術の 環境・経済評価とその分析 事業報告書

令和5(2023)年3月

一般社団法人日本CLT協会

目 次

1. 事業内容	
1.1 事業概要.....	3
1.2 事業の背景と目的.....	3
1.3 実施体制.....	3
1.4 事業計画.....	5
1.5 実施工程.....	6
2. CLT 土木利用技術の環境評価	
2.1 CLT のプラットフォーム利用技術における環境評価.....	11
2.2 CLT 敷板における環境評価.....	27
2.3 CLT 防雪柵における環境評価.....	41
2.4 土木用 CLT における環境評価.....	48
3. CLT 土木利用のポテンシャルに関する基礎調査	
3.1 開発候補製品のポテンシャル調査.....	59
3.2 木製板状部材の採用可能性調査(事例調査).....	97
4. CLT 土木利用の経済評価	
4.1 CLT 土木利用のコスト比較.....	111
4.2 CLT 土木利用のビジネスモデルの検討.....	115
5. 総括	
5.1 事業成果概要.....	137
5.2 今後の展望.....	145

第1章

事業内容

1.1 事業概要

本事業の概要を以下に示す。

事業名称	: 林野庁 令和4年度 林業成長産業化総合対策補助金等(木材産業・木造建築活性化対策のうち CLT・LVL 等の建築物への利用環境整備事業のうち CLT・LVL を活用した建築物の低コスト化・検証等) CLT を用いた土木利用技術の環境・経済評価とその分析
発注主体	: 一般社団法人日本 CLT 協会
事業実施期間	: 令和4年5月13日から令和5年3月31日

1.2 事業の背景と目的

日本では国土の約 7 割を森林が占めている。森林は、国土の保全、地球温暖化の緩和、生物多様性の保全など、多面的な機能を有しており、これらの機能を将来にわたって維持することが重要である。そのためには、森林を適切に整備していくことが必要であり、林業を産業として成立させるために植林・育成・伐採のサイクルを持続可能なものとするものが求められる。伐採された木材の需要を創出する技術の一つとして CLT があり、積極的な活用が期待されている。

CLT の幅広く積極的な活用に向けて、平成 28 年 6 月に「CLT 活用促進に関する関係省庁連絡会議」(以下、関係省庁連絡会議)が設置され、国を挙げて CLT の普及に取り組む連携体制が構築された。関係省庁連絡会議では、令和 3 年 3 月に CLT の更なる利用拡大に向けた「CLT の普及に向けた新ロードマップ～更なる利用拡大に向けて～」を策定した。この新ロードマップでは、令和 6 年度末までに年間 50 万 m³ の CLT 生産体制を目指す等の数値目標が掲げられ、そのための新たな施策の一つとして、「土木分野で活用可能な製品の開発指針」が盛り込まれた。

このような背景のもと、土木分野における CLT 利用技術の開発が行われている。開発された技術の普及促進のためには、技術導入による環境負荷削減効果を定量的に把握し、その優位性を数字で示すことが重要である。そこで本事業では、CLT を土木用途で利用する際の、原料調達・生産・流通・廃棄・リサイクルまでのライフサイクルにおける環境負荷を定量的に算出するとともに、CLT 利用による経済的な影響について調査を行い、土木分野において開発すべき製品の方向性を示すことを目的とする。

1.3 実施体制

一般社団法人日本 CLT 協会内に委員会を設置し、委員長、副委員長に土木工学、木材工学における学識経験者を迎え、さらに技術顧問として各技術部門におけるわが国の第一人者に委任した。委員は、土木工学、木材工学、環境工学等の幅広い分野の有識者から選任した。委員会の下部組織として、作業部会(WG)を設定し、代表する委員を主査として配置し、WG の統括を委任した(表 1.3-1)。

また、全体方針や進め方などの見直しを行い、委員長・副委員長と相談しながら、委員会全体の運営を管理するために、WG の委員の中から選出された幹事で構成される幹事会を設置し、幹事会を代表する幹事長を互選により選出した。

【委員会】(以下 敬称略・順不同にて 氏名・所属を記載)

委員長	原 忠	高知大学 教育研究部自然科学系理工学部門 教授
副委員長	原田 真樹	国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所 木材研究部門 構造利用研究領域長
顧問	有馬 孝禮	東京大学 名誉教授
顧問	濱田 政則	早稲田大学 名誉教授
顧問	服部 順昭	東京農工大学 名誉教授
委員	池田 穰	株式会社安藤・間 建設本部 技術研究所 先端・環境研究部 主任研究員
委員	今井 良	地方独立行政法人北海道立総合研究機構 森林研究本部 林産試験場性能部 主査
委員	加用 千裕	東京農工大学 大学院農学研究院 自然環境保全学部門 教授

委員	木村 礼夫	株式会社ジェイアール総研エンジニアリング 営業部 部長
委員	谷口 翼	銘建工業株式会社 木質構造事業部 営業部海外営業課
委員	沼田 淳紀	飛島建設株式会社 土木事業本部グリーンインフラ開発部 部長
委員	村野 昭人	東洋大学 理工学部都市環境デザイン学科 教授
委員	吉田 雅穂	福井工業高等専門学校 環境都市工学科 教授
委員	綿引 誠	住友林業株式会社 筑波研究所 副所長

【幹事会】

幹事長	沼田 淳紀	飛島建設株式会社 土木事業本部グリーンインフラ開発部 部長
幹事	池田 穰	株式会社安藤・間 建設本部 技術研究所 先端・環境研究部 主任研究員
幹事	加用 千裕	東京農工大学 大学院農学研究院 自然環境保全学部門 准教授
幹事	木村 礼夫	株式会社ジェイアール総研エンジニアリング 営業部 部長
幹事	谷口 翼	銘建工業株式会社 木質構造事業部 営業部海外営業課
幹事	綿引 誠	住友林業株式会社 筑波研究所 副所長

【行政】

行政	土居 隆行	林野庁林政部木材産業課 木材製品技術室長
行政	日向 潔美	林野庁林政部木材産業課 課長補佐(木材技術班担当)
行政	今井 翔	林野庁林政部木材産業課 木材製品技術室

【事務局】

事務局	平原 章雄	木構造振興株式会社 常務取締役
事務局	原田 浩司	木構造振興株式会社 客員研究員
事務局	坂部 芳平	一般社団法人日本 CLT 協会 専務理事
事務局	上田摩耶子	一般社団法人日本 CLT 協会
協力委員	溝渕木綿子	一般社団法人日本 CLT 協会 土木技術開発室 (建設木材工学研究所)
協力委員	狩野れいな	一般社団法人日本 CLT 協会 土木技術開発室 (建設木材工学研究所)

表 1.3-1 WG メンバー

	所属	名前
主査	東洋大学	村野昭人
幹事	東京農工大学	加用千裕
委員	飛島建設	沼田淳紀
委員	ジェイアール総研エンジニアリング	木村礼夫
委員	安藤ハザマ	池田穰
委員	森林総合研究所	外崎真理雄
委員	銘建工業	谷口翼

1.4 事業計画

本事業では、下記の2項目について調査・分析を行った。

- (1) CLTの土木利用の環境評価
- (2) CLTの土木利用の経済評価

(1)では、木構造振興株式会社が発注主体となった「令和4年度 木材製品の消費拡大対策のうち CLT等木質建築部材技術開発・普及事業」の「CLTと土木利用技術の開発と実用化のための低コスト CLT製造技術の検証」事業と連携を図り、開発したCLTの土木利用技術を対象としてライフサイクル GHG排出量の評価を行った。

(2)では、(1)で評価対象としたCLT土木利用技術であるプラットフォーム、敷板、防雪柵について、他材料を含めた市場規模を統計資料やヒアリング調査を基に推計し、CLT利用のポテンシャルを把握した。また、令和3年度に調査した水平地盤補強技術を対象として、CLTを用いた工法と従来工法のコスト比較を行った。さらに、CLT敷板を対象としたビジネスモデルの検討を進めた。

それぞれの詳しい内容は、2章～4章で報告する。

また本事業は、令和3(2021)年3月に策定されたCLTの更なる利用拡大に向けた新ロードマップの実現の一助となることを目指すものであることから、同じビジョンでCLTの土木利用技術開発を進める事業(※)と相互に研究成果を連携するスキームを描いている。この連携により、より具体的なCLTの土木利用技術を想定した評価分析を進めることが可能となり、かつより早く社会に成果を還元できるものと考えている(図1.4-1)。

- ※令和3年度 木材製品の消費拡大対策のうち CLT建築実証支援事業のうち
 CLT等木質建築部材技術開発・普及事業
 CLTの土木利用技術の開発と実用化のための低コストCLT製造技術の検証

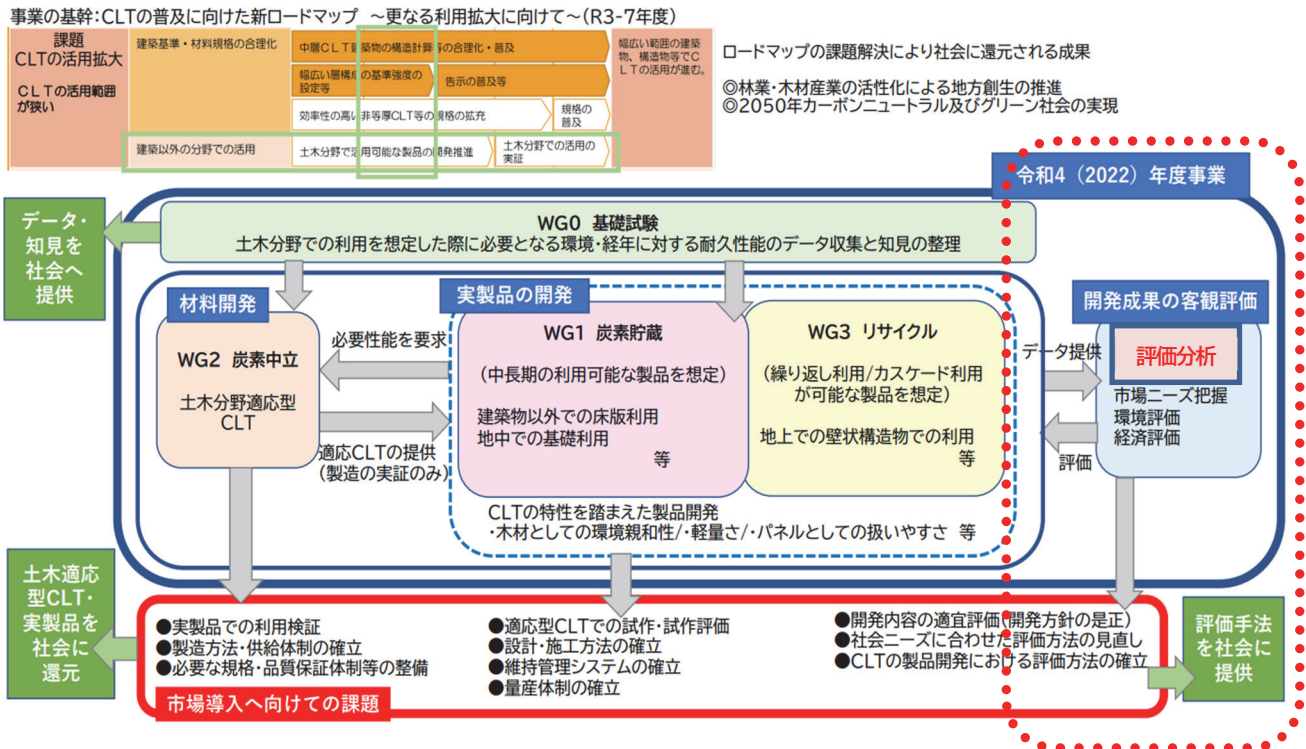


図1.4-1 本事業が社会にもたらす成果イメージ(土木分野におけるCLT活用ビジョン)

1.5 実施工程

令和4(2022)年5月より幹事会を中心に本年度の事業の準備を進め、6月22日の第1回委員会に先立って、WGを設置し、6月3日に第1回のWG会合を開催して事業を開始した。WGは委員会の指導のもと、調査研究を進めた。

本事業の実施工程の詳細を図1.5-1に示す。

	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
部会	●		●		●	●		●	●	報告書作成
(1) CLTの土木利用の環境評価	LCA定例会合	● キックオフ会合	● 調査スケジュール・留意点の共有 敷板(通年)	●	● 土木用CLT	● プラットフォーム 防雪柵	●	● 分析	● とりまとめ	
(2) 1 CLTの利用ポテンシャルの基礎調査			調査対象用途・調査項目の選定		市場のポテンシャル調査			とりまとめ		
(2) 2 CLT土木利用のコスト比較			評価対象技術の選定			コスト比較		とりまとめ		
(2) 3 CLT土木利用のビジネスモデルの検討	ヒアリング調査	市場調査			具体的なビジネスモデルの検討		とりまとめ			

図 1.5-1 年度内の実施工程

令和4年(2022年)

- 6月3日 第1回評価分析WG
- 6月22日 第1回CLT土木利用技術評価・分析委員会
- 7月22日 LCA調査準備会合
- 8月8日 CLTの利用ポテンシャル量調査の打ち合わせ
- 8月22日 第2回評価分析WG
第1回LCA調査の打ち合わせ
- 9月12日 第2回LCA調査の打ち合わせ
- 9月29日 第2回CLT土木利用技術評価・分析委員会
- 10月21日 CLTの利用ポテンシャル量調査の打ち合わせ
- 10月24日 第3回評価分析WG
第3回LCA調査の打ち合わせ
- 11月14・15日 北海道占冠村・上士別町などのCLT敷板施工現場の視察
- 11月21日 第4回評価分析WG
第4回LCA調査の打ち合わせ
- 11月30日 CLTプラットフォーム設置工事 現場の視察(広島県三次市)
- 12月1-3日 CLTプラットフォームアスファルト舗装工事 現場の視察(広島県三次市)
- 12月12日 第5回LCA調査の打ち合わせ

令和5年(2023年)

- 1月16日 第5回評価分析WG
第6回LCA調査の打ち合わせ
- 1月20日 第3回CLT土木利用技術評価・分析委員会

- 2月20日 第6回評価分析WG
第7回LCA調査の打ち合わせ
- 3月3日 CLTの利用ポテンシャル量調査打ち合わせ
- 3月9日 令和4年度実施 CLT関連林野庁事業成果報告会で報告

第 2 章

CLT 土木利用技術の環境評価

2.1 CLT のプラットフォーム利用技術における環境評価

2.1.1 算定方法

(1)調査範囲

(a)目的、算定対象及び算定範囲

本事業と連携する「令和 3 年度 木材製品の消費拡大対策のうち CLT 建築実証支援事業のうち CLT 等木質建築部材技術開発・普及事業 CLT の土木利用技術の開発と実用化のための低コスト CLT 製造技術の検証」(以下「CLT 土木利用技術開発事業」という)の WG1 では、今年度は CLT を鉄道駅のプラットフォームに利用する工法(以下、「CLT プラットフォーム工法」という)の開発を目的とし、実証試験を実施している。現在、プラットフォームの床版は、現場打設コンクリートか穴あき PC 板(プレキャストコンクリートパネル)が一般的に用いられ、重量が大きいことから、作業空間の制限が多い駅構内での重機や大きな吊り上げ装置が必要となる施工に支障が出ている。一方で、CLT は既存プラットフォームの材料であるコンクリート等とほぼ同程度の強度を有し、重量が密度比で約 1/5 と小さいため、駅構内での建設工事が容易に行える可能性があり、コスト削減にも繋がることが期待される。

WG1 より実証試験時のインベントリーデータの提供を受けて、当該 CLT プラットフォーム工法を対象としてライフサイクル GHG 排出量を算定した。また、CLT プラットフォーム工法が環境負荷的に見て従来工法より優れているか否かを知るため、従来工法のライフサイクル GHG 排出量も算定した。CLT プラットフォーム工法の算定範囲を図 2.1-1 に示す。今年度の算定範囲は本図で示す CLT 製造から施工までとした。

プラットフォームは一般的に 30~50 年程度で建て替えられており、CLT プラットフォーム工法ではその際に発生する廃 CLT の燃料利用による化石燃料代替が考えられるが、WG3 における燃料利用を考慮した実験は来年度以降に予定されており、その工程が確立されると、WG1 において CLT プラットフォーム工法の工程を廃棄まで拡げることとなり、ライフサイクルに渡って算定が可能になる。

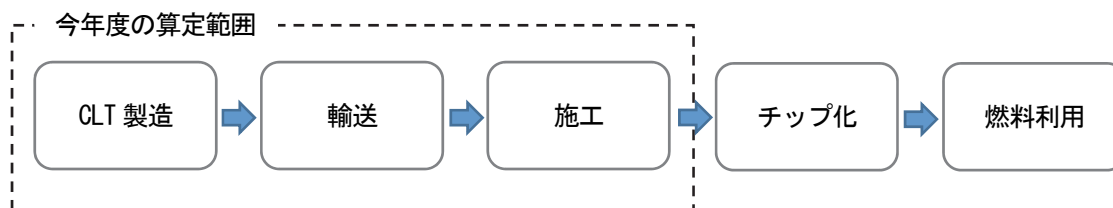


図 2.1-1 CLT プラットフォーム工法の算定範囲

(b)算定対象とした CLT プラットフォーム工法の詳細

算定対象とした CLT プラットフォーム工法(実証試験)は、広島県総合技術研究所 林業技術センター 三次高平施設(広島県三次市十日町 168-1)の敷地において検証されている。実際に CLT を用いてプロトタイプに近いプラットフォームが施工され、以下の知見を得るために試験が開始されている。

- ・ CLT の最適固定方法の開発、CLT の固定治具へのめり込みとプラットフォームの変位のデータ取得
- ・ 水切り方法による劣化度の観察
- ・ CLT の設置及びアスファルト舗装の施工性と適用性の観察
- ・ アスファルト舗装した CLT の耐久性と実装可能性の検証

実証地では 2 区画が設けられ、固定方法(支持金具、固定金具)や座ぐり部の浸水防止方法、水切り(端面処理)方法が検証されている。このうち水切り(端面処理)方法については今回算定対象外とし、固定方法及び座ぐり部の浸水防止方法の各種条件に対応するようにライフサイクル GHG 排出量の算定を行った。

既存の工法である穴あき PC 板はボルトで固定金具されている。今回の CLT を用いた実証試験においては、ボルトまたはラグスクリューが固定金具として用いられている。ボルト固定については、CLT と支持梁(土台の H 形鋼)の間の結露防止のために木造住宅の基礎と土台の間に挿入されている基礎パッキン(城東テクノ(株)製、KP-L150)を挟み込んだパターンと、何も挟み込まない無対策パターンの 2 種類が検証されている。穴あき PC 板の固定ではパッキン等は挟まれないため、無対策パターンを「既存タイプ」と呼ぶこととする。ラグスクリュー固定については、ボルト固定

と同様に結露防止のために、CLT との接触面に凹凸の溝を設けて接触面積を半分にした高靱性セメント(有機繊維混練)製のセメント凸凹プレート(ベルテクス(株)製、特注品)を支持梁間に挟み込んだパターン、また、CLT との接触面積を少なくするために塩ビ管(VP16)を支持梁フランジ幅に配置して挟み込んだパターン(当初計画時の名称であるジグザグプレートと呼ぶ)の2種類が検証されている。すなわち、固定方法は固定金具と支持金具の組み合わせで全4パターンが検証されている。ボルト固定における座ぐり部については、浸水防止方法として木栓、モルタル、変性シリコンコーキング、何も埋めない(無処理)の計4パターンが検証されている。これらの条件は2区画の中で組み合わせられており、①～⑥の全6パターンとなっている。それらの仕様を以下に示す。

- ① ボルト固定、既存タイプ+座ぐり部無処理
- ② ボルト固定、既存タイプ+座ぐり部木栓
- ③ ボルト固定、基礎パッキン+座ぐり部モルタル
- ④ ボルト固定、基礎パッキン+座ぐり部変性シリコンコーキング
- ⑤ ラグスクリュー固定、セメント凸凹プレート
- ⑥ ラグスクリュー固定、ジグザグプレート

実証試験は2区画(A,B)であるため、上記6つの条件が組み合わされて適用性等が検証されているが、今回のLCA算定では計算を単純化するために、1区画全体がそれぞれの条件において施工されたものと仮定して固定金具等の活動量を設定した。

1区画に使用されたCLTの概要を表2.1-1に、CLTの配置イメージを図2.1-2～7に、現地状況を写真2.1-1～3に、それぞれ示す。

表 2.1-1 1区画に使用されたCLT概要

サイズ(m)	枚数	備考
2.3×1.15×0.15	2枚	5層5プライ、スギ



写真 2.1-1 試験体全景

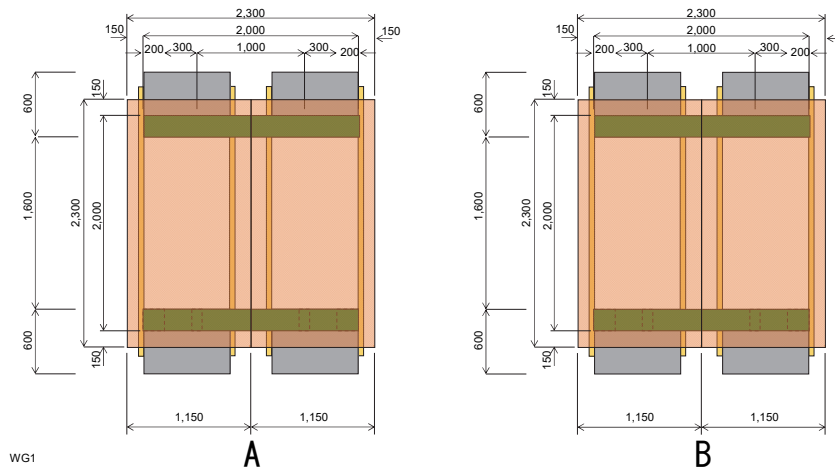


図 2.1-2 CLT の設置イメージ(平面図)

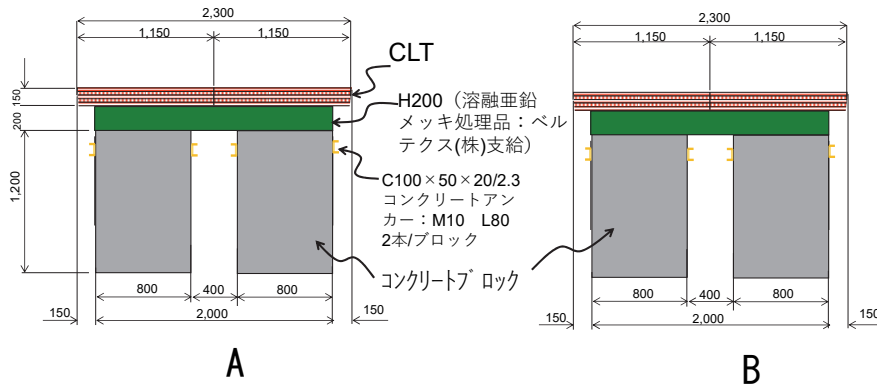


図 2.1-3 CLT の設置イメージ(立面図:正面)

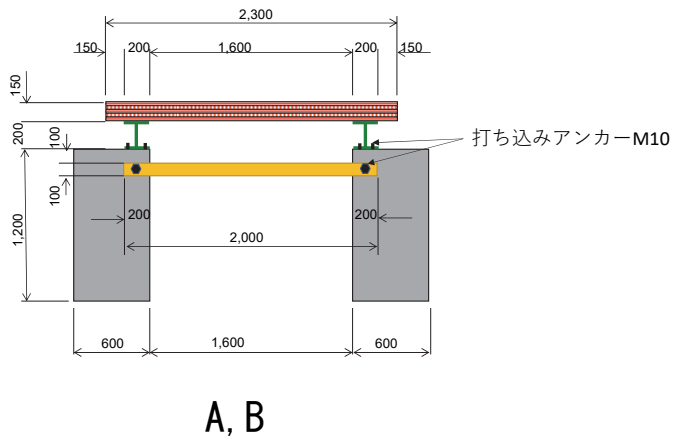


図 2.1-4 CLT の設置イメージ(立面図:側面)

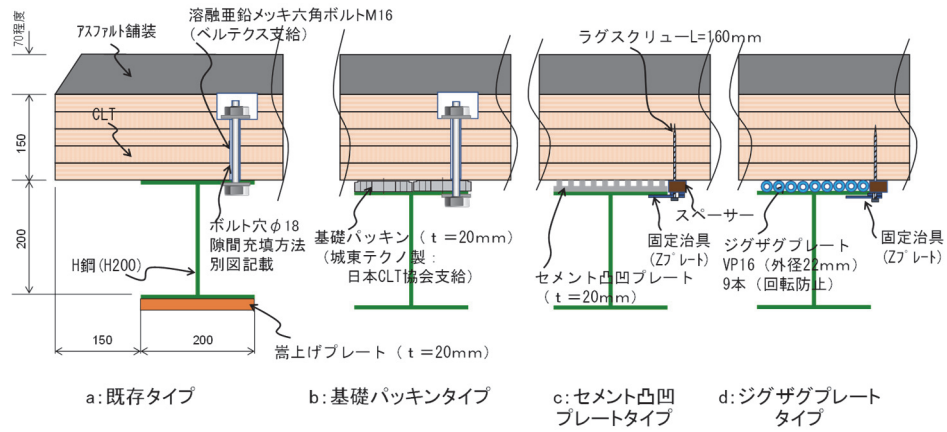


図 2.1-5 CLT の固定方法

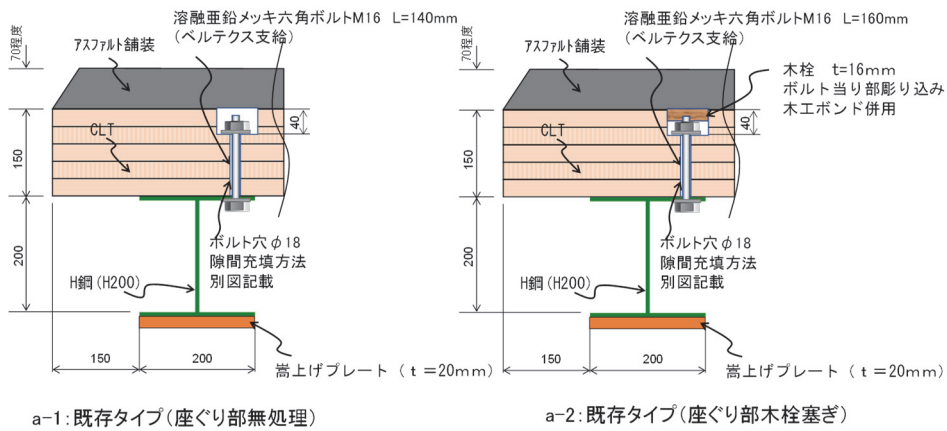


図 2.1-6 CLT の座ぐり部処理方法①

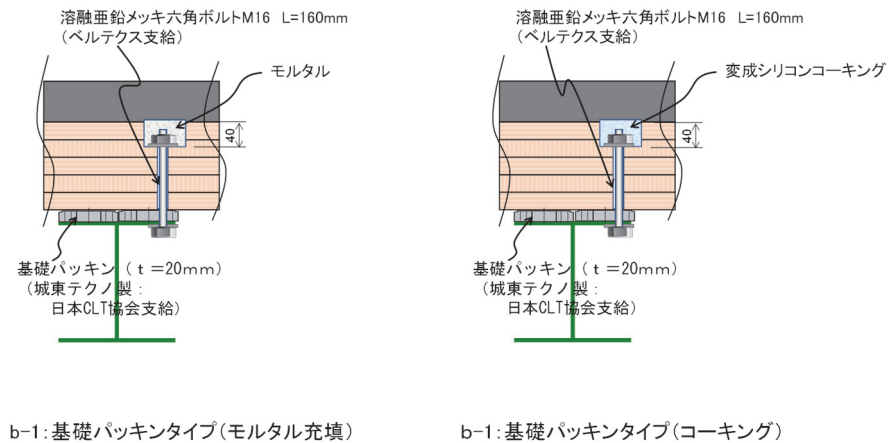


図 2.1-7 CLT の座ぐり部処理方法②



写真 2.1-2 結露対策 4パターン
 (左上:既存タイプ、右上:基礎パッキン、左下:セメント凸凹プレート、右下:ジグザグプレート)



写真 2.1-3 座ぐり部処理方法 4パターン
 (左から無処理、木栓、モルタル、変性シリコンコーキング)

CLT の設置後、一般的なプラットフォームの施工と同様にアスファルト舗装が行われた。アスファルト舗装の厚みは駅プラットフォームの表面仕上げ相当である 7 cm に設定された。現地状況を写真 2.1-4 に示す。



写真 2.1-4 アスファルト舗装の様子

(c)機能単位

機能単位は、載荷重(kN/m²)を考慮した定量的な設定が望ましいが、載荷試験は進行中である。そのため、今年度の機能単位は、必要な載荷重は確保されているものと仮定して、プラットフォーム 1 m² 当たりとした。今回の 1 区画当たりの施工規模を表 2.1-2 に示す。

表 2.1-2 1 区画当たりの施工規模

工事規模(m ²)	機能単位
5.29	プラットフォーム面積(m ²)

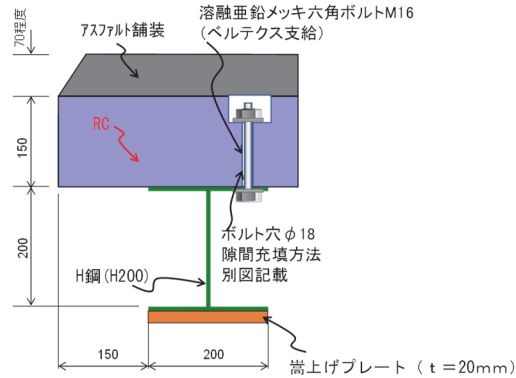
(d)比較対象

CLT プラットフォーム工法のライフサイクル GHG 排出量を、一般的なプラットフォーム施工工事と比較するために、比較対象を設定した。比較対象は穴あき PC 板工法を当初想定していたが、LCA 算定に用いる活動量の設定が困難であるため、現地で鉄筋コンクリートを施工する RC 床版工法(型枠工法)を採用した。穴あき PC 板工法は工場で生産された PC 板を現地に並べて施工するため、コンクリートを現場打ちする RC 床版工法と比べて工期が短いメリットがある。一方で、穴あき PC 板の製造工程では、配筋の PC 鋼より線にプレストレスを与えるための電力や養生に使用する蒸気などのエネルギー消費が発生するが、RC 床版工法は現地での手作業が中心であるためエネルギー消費が少ない。そのため、CLT プラットフォーム工法と他工法の比較は、他工法の算定条件等にも注意が必要である。

RC 床版工法における生コンクリートや鉄筋の使用量などの活動量は、WG1 より机上計算結果の提供を受けた。アスファルト舗装は CLT プラットフォーム工法のデータを用いた。工事規模は CLT プラットフォーム工法と同一であり、比較は CLT プラットフォーム工法の機能単位であるプラットフォーム面積(m²) 当たりで行った。比較対象の施工規模を表 2.1-3 に、固定方法のイメージを図 2.1-8 にそれぞれ示す。

表 2.1-3 比較対象の施工規模

工事規模(m ²)	機能単位
5.29	プラットフォーム面積(m ²)



比較対象(RC床版工法)

図 2.1-8 比較対象の固定方法

※ 机上計算のためイメージ図である

(2)活動量及び原単位の設定

(a)CLT プラットフォーム工法のフロー

算定対象である CLT プラットフォーム工法のフローを図 2.1-9 に、比較対象とした RC 床版工法のフローを図 2.1-10 にそれぞれ示す。

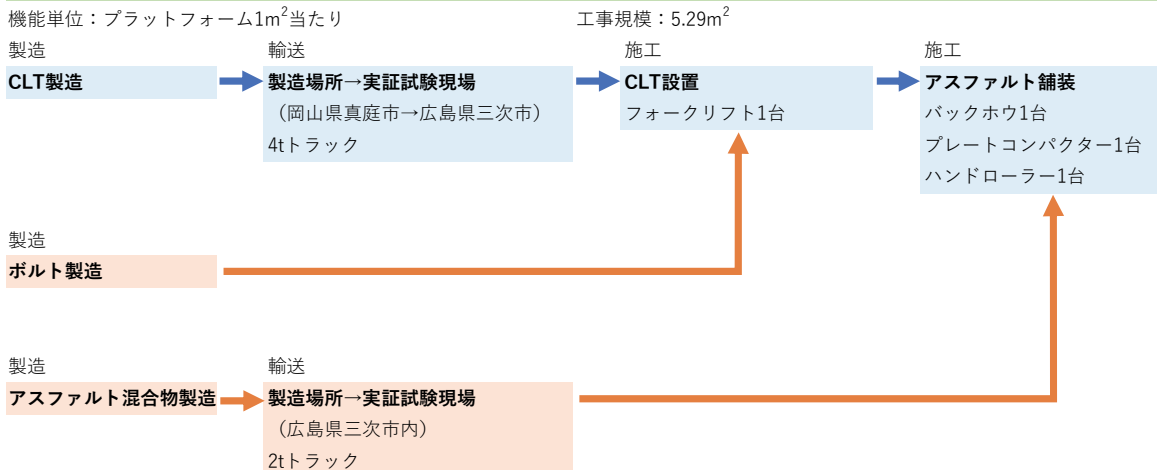


図 2.1-9 CLT プラットフォーム工法(実証試験)のフロー

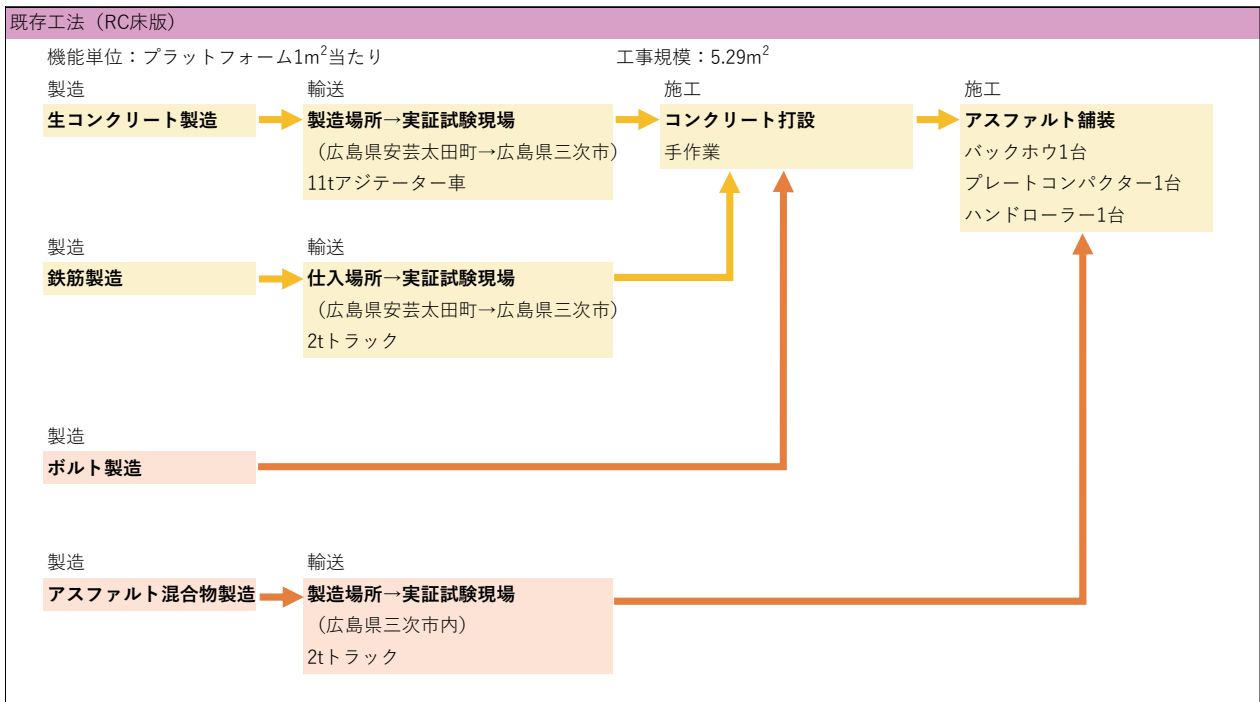


図 2.1-10 既存工法(RC床版工法)のフロー

本実証試験では、CLT(マザーボード)を岡山県真庭市で製造し、広島県三次市の実証試験現場までトラックで輸送したのち、フォークリフトを用いて施工している。アスファルト舗装はバックホウやプレートコンパクター等の重機を用いている。算定に用いた活動量は、WG1 担当者や施工業者への聞き取り等によって実測値を収集するとともに、カタログ等の公開資料から引用した。

CLT プラットフォーム工法における固定金具や支持金具の輸送、ボルト固定等に用いる削孔用ドリルや電動ドライバーの電力使用量はカットオフとした。CLT プラットフォーム工法におけるカットオフ項目を表 2.1-4 に示す。

表 2.1-4 カットオフ項目(CLT プラットフォーム工法)

カットオフ項目	
➤	固定器具(ボルト、ラグスクリュー)及びパッキン類(基礎パッキン等)の輸送
➤	固定用スペーサー等の補助資材の製造、輸送
➤	座ぐり部充填材(木栓等)の輸送
➤	ボルト等の締付用電動ドライバーとボルト削孔用ドリルの電力使用量
➤	アスファルト舗装の副資材(アスファルトシート、プライマー、アスファルト乳剤、付着防止用の灯油)の製造、輸送

比較対象とした RC 床版工法は実際に施工試験を行っていないが、実証試験と同様に生コンクリート等の製造場所から広島県三次市まで輸送し、現地で施工するものとして活動量を試算した。算定に用いた活動量は、WG1 担当者や施工業者への聞き取り等によって試算値を収集するとともに、カタログ等の公開資料から引用した。比較対象のカットオフ項目を表 2.1-5 に示す。

表 2.1-5 カットオフ項目(RC 床版工法)

カットオフ項目	
➤	固定器具(ボルト)の輸送
➤	固定用スペーサー等の補助資材の製造、輸送
➤	ボルト等の締付用電動ドライバーの電力使用量
➤	コンクリート打設の副資材(型枠や足場用資材等)の輸送
➤	コンクリート打設時のアジテーター車の燃料使用量、バイブレーターの電力使用量
➤	アスファルト舗装の副資材(アスファルトシート、プライマー、アスファルト乳剤、付着防止用の灯油)の製造、輸送

なお、CLT はコンクリートブロックや H 形鋼等で構成される土台の上に設置しているが、CLT プラットフォーム工法と RC 床版工法で同等とみなしたため、土台の製造、輸送、施工は算定対象外とした。

(b)活動量の設定

CLT プラットフォーム工法(①～⑥)毎に活動量を設定した。設定した活動量を表 2.1-6～表 2.1-11 に示す。また、比較対象である RC 床版工法の活動量を表 2.1-12 に示す。

表 2.1-6 CLT プラットフォーム工法①(ボルト固定、既存タイプ+座ぐり部無処理)の活動量

段階	項目	活動量		単位	備考
		5.29 m ²	1 m ² 当たり		
製造	CLT 製造	0.79	0.15	m ³	2.3 m×1.15 m×0.15 m×2 枚
	六角ボルト製造	2.32	0.44	kg	六角ボルト(メッキ HDZ35)、M16、L=170 mm、8 本、0.290 kg/本
	アスファルト混合物製造	910	172	kg	設計仕様書より 2 区画で 0.77 m ³ 使用、施工業者の提供情報より比重 2.363 g/cm ³
輸送	CLT 輸送 (岡山県真庭市→広島県三次市)	39.7	7.50	tkm	岡山県真庭市→広島県三次市(125 km)、比重 0.40 t/m ³ 、4 トントラック、積載率平均
	アスファルト混合物輸送 (広島県三次市内)	6.37	1.20	tkm	広島県三次市内(7 km)、2 トントラック、積載率平均
施工	重機の軽油使用量(CLT 設置)	1.74	0.33	L	各重機の稼働時間、定格出力(カタログ値)、燃料消費率※1 から燃料使用量を算出
	重機の軽油使用量 (アスファルト舗装)	0.74	0.14	L	各重機の稼働時間、定格出力(カタログ値)、燃料消費率※1 から燃料使用量を算出

※1 土木工事標準積算基準書(共通編)広島県 平成 28 年 6 月(時間当たり燃料消費率、p92～)

表 2.1-7 CLT プラットフォーム工法②(ボルト固定、既存タイプ+座ぐり部木栓)の活動量

段階	項目	活動量		単位	備考
		5.29 m ²	1 m ² 当たり		
製造	CLT 製造	0.79	0.15	m ³	2.3 m×1.15 m×0.15 m×2 枚
	六角ボルト製造	2.32	0.44	kg	六角ボルト(メッキ HDZ35)、M16、L=170 mm、 8 本、0.290 kg/本
	木栓製造	0.00030	0.000057	m ³	φ 55、t=16mm、8 か所
	アスファルト混合物製造	910	172	kg	設計仕様書より 2 区画で 0.77 m ³ 使用、 施工業者の提供情報より比重 2.363 g/cm ³
輸送	CLT 輸送 (岡山県真庭市→広島県三次市)	39.7	7.50	tkm	岡山県真庭市→広島県三次市(125 km)、 比重 0.40 t/m ³ 、4 トントラック、積載率平均
	アスファルト混合物輸送 (広島県三次市内)	6.37	1.20	tkm	広島県三次市内(7 km)、2 トントラック、 積載率平均
施工	重機の軽油使用量(CLT 設置)	1.74	0.33	L	各重機の稼働時間、定格出力(カタログ値)、 燃料消費率 ^{※1} から燃料使用量を算出
	重機の軽油使用量(アスファルト舗装)	0.74	0.14	L	各重機の稼働時間、定格出力(カタログ値)、 燃料消費率 ^{※1} から燃料使用量を算出

※1 土木工事標準積算基準書(共通編)広島県 平成 28 年 6 月(時間当たり燃料消費率、p92～)

表 2.1-8 CLT プラットフォーム工法③(ボルト固定、基礎パッキン+座ぐり部モルタル)の活動量

段階	項目	活動量		単位	備考
		5.29 m ²	1 m ² 当たり		
製造	CLT 製造	0.79	0.15	m ³	2.3 m×1.15 m×0.15 m×2 枚
	六角ボルト製造	2.64	0.50	kg	六角ボルト(メッキ HDZ35)、M16、L=190 mm、 8 本、0.330 kg/本
	基礎パッキン製造	4.00	0.76	kg	ポリオレフィン樹脂、炭酸カルシウム、 t=20 mm、1 kg/枚、4 枚使用
	モルタル製造	0.00076	0.00014	m ³	φ 55、t=40 mm、8 か所、ボルト体積は無視
	アスファルト混合物製造	910	172	kg	設計仕様書より 2 区画で 0.77 m ³ 使用、 施工業者の提供情報より比重 2.363 g/cm ³
輸送	CLT 輸送 (岡山県真庭市→広島県三次市)	39.7	7.50	tkm	岡山県真庭市→広島県三次市(125 km)、 比重 0.40 t/m ³ 、4 トントラック、積載率平均
	アスファルト混合物輸送 (広島県三次市内)	6.37	1.20	tkm	広島県三次市内(7 km)、2 トントラック、 積載率平均
施工	重機の軽油使用量(CLT 設置)	1.74	0.33	L	各重機の稼働時間、定格出力(カタログ値)、 燃料消費率 ^{※1} から燃料使用量を算出
	重機の軽油使用量(アスファルト舗装)	0.74	0.14	L	各重機の稼働時間、定格出力(カタログ値)、 燃料消費率 ^{※1} から燃料使用量を算出

※1 土木工事標準積算基準書(共通編)広島県 平成 28 年 6 月(時間当たり燃料消費率、p92～)

表 2.1-9 CLT プラットフォーム工法④(ボルト固定、基礎パッキン+座ぐり部変性シリコンコーキング)の活動量

段階	項目	活動量		単位	備考
		5.29 m ²	1 m ² 当たり		
製造	CLT 製造	0.79	0.15	m ³	2.3 m×1.15 m×0.15 m×2 枚
	六角ボルト製造	2.64	0.50	kg	六角ボルト(メッキ HDZ35)、M16、L=190 mm、 8 本、0.330 kg/本
	基礎パッキン製造	4.00	0.76	kg	ポリオレフィン樹脂、炭酸カルシウム、 t=20 mm、1 kg/枚、4 枚使用
	変成シリコン製造	1.03	0.20	kg	φ55、t=40 mm、8 か所、 比重は 1.36 t/m ³ と仮定、ボルト体積は無視
	アスファルト混合物製造	910	172	kg	設計仕様書より 2 区画で 0.77 m ³ 使用、 施工業者の提供情報より比重 2.363 g/cm ³
輸送	CLT 輸送 (岡山県真庭市→広島県三次市)	39.7	7.50	tkm	岡山県真庭市→広島県三次市(125 km)、 比重 0.40 t/m ³ 、4 トントラック、積載率平均
	アスファルト混合物輸送 (広島県三次市内)	6.37	1.20	tkm	広島県三次市内(7 km)、2 トントラック、 積載率平均
施工	重機の軽油使用量(CLT 設置)	1.74	0.33	L	各重機の稼働時間、定格出力(カタログ値)、 燃料消費率※1から燃料使用量を算出
	重機の軽油使用量(アスファルト舗装)	0.74	0.14	L	各重機の稼働時間、定格出力(カタログ値)、 燃料消費率※1から燃料使用量を算出

※1 土木工事標準積算基準書(共通編)広島県 平成 28 年 6 月(時間当たり燃料消費率、p92～)

表 2.1-10 CLT プラットフォーム工法⑤(ラグスクリュー固定、セメント凸凹プレート)の活動量

段階	項目	活動量		単位	備考
		5.29 m ²	1 m ² 当たり		
製造	CLT 製造	0.79	0.15	m ³	2.3 m×1.15 m×0.15 m×2 枚
	ラグスクリュー製造	0.51	0.097	kg	コーチスクリュー(溶融亜鉛メッキ)、3/8、 L=150 mm、8 本、0.064 kg/本
	セメント凸凹プレート製造	34.4	6.50	kg	t=20 mm、4.3 kg/枚、8 枚使用
	アスファルト混合物製造	910	172	kg	設計仕様書より 2 区画で 0.77 m ³ 使用、 施工業者の提供情報より比重 2.363 g/cm ³
輸送	CLT 輸送 (岡山県真庭市→広島県三次市)	39.7	7.50	tkm	岡山県真庭市→広島県三次市(125 km)、 比重 0.40 t/m ³ 、4 トントラック、積載率平均
	アスファルト混合物輸送 (広島県三次市内)	6.37	1.20	tkm	広島県三次市内(7 km)、2 トントラック、 積載率平均
施工	重機の軽油使用量(CLT 設置)	1.74	0.33	L	各重機の稼働時間、定格出力(カタログ値)、 燃料消費率※1から燃料使用量を算出
	重機の軽油使用量(アスファルト舗装)	0.74	0.14	L	各重機の稼働時間、定格出力(カタログ値)、 燃料消費率※1から燃料使用量を算出

※1 土木工事標準積算基準書(共通編)広島県 平成 28 年 6 月(時間当たり燃料消費率、p92～)

表 2.1-11 CLT プラットフォーム工法⑥(ラグスクリュー固定、ジグザグプレート)の活動量

段階	項目	活動量		単位	備考
		5.29 m ²	1 m ² 当たり		
製造	CLT 製造	0.79	0.15	m ³	2.3 m×1.15 m×0.15 m×2 枚
	ラグスクリュー製造	0.51	0.097	kg	コーチスクリュー(溶融亜鉛メッキ)、3/8、L=150 mm、8 本、0.064 kg/本
	ジグザグプレート製造	9.22	1.74	kg	塩ビ管 VP16、0.256 kg/m、2 m×9 本×2 列
	アスファルト混合物製造	910	172	kg	設計仕様書より2区画で0.77 m ³ 使用、施工業者の提供情報より比重2.363 g/cm ³
輸送	CLT 輸送 (岡山県真庭市→広島県三次市)	39.7	7.50	tkm	岡山県真庭市→広島県三次市(125 km)、比重0.40 t/m ³ 、4トントラック、積載率平均
	アスファルト混合物輸送 (広島県三次市内)	6.37	1.20	tkm	広島県三次市内(7 km)、2トントラック、積載率平均
施工	重機の軽油使用量(CLT 設置)	1.74	0.33	L	各重機の稼働時間、定格出力(カタログ値)、燃料消費率※1から燃料使用量を算出
	重機の軽油使用量(アスファルト舗装)	0.74	0.14	L	各重機の稼働時間、定格出力(カタログ値)、燃料消費率※1から燃料使用量を算出

※1 土木工事標準積算基準書(共通編)広島県 平成28年6月(時間当たり燃料消費率、p92～)

表 2.1-12 RC 床版工法の活動量

段階	項目	活動量		単位	備考
		5.29 m ²	1 m ² 当たり		
製造	生コンクリート製造	0.80	0.15	m ³	コンクリート(24-18-20N)、2.3 m×2.3 m×0.15 m(CLTと同サイズと仮定)
	鉄筋製造	82.1	15.5	kg	鉄筋、D13:1 m 当たり0.995 kg、2.2 mを12×2本、D10:1 m 当たり0.56 kg、2.2 mを12×2本
	六角ボルト製造	2.32	0.44	kg	CLT プラットフォーム工法と同一条件
	アスファルト混合物製造	910	172	kg	CLT プラットフォーム工法と同一条件
輸送	生コンクリート輸送 (岡山県真庭市→広島県三次市)	138	26.1	tkm	広島県安芸太田町→広島県三次市(75 km)、生コン比重2.3 t/m ³ 、11トンアジテーター車、積載率平均
	鉄筋輸送 (岡山県真庭市→広島県三次市)	6.16	1.16	tkm	広島県安芸太田町→広島県三次市(75 km)、2トントラック、積載率平均
	アスファルト混合物輸送 (広島県三次市内)	6.37	1.20	tkm	CLT プラットフォーム工法と同一条件
施工	重機の軽油使用量(アスファルト舗装)	0.74	0.14	L	CLT プラットフォーム工法と同一条件

(c)原単位の設定

活動量当たりの GHG 排出量の原単位は、既存調査結果^リ及びインベントリデータベース IDEA (v3.1)に基づき設定した。算定に用いた原単位を表 2.1-13 に示す。

表 2.1-13 算定に用いた原単位

段階	項目	IDEA 製品コード	IDEA 製品名
製造	CLT 製造	既存調査結果 ^リ のデータの一部をメーカー提供情報及び IDEAv3.1 に更新して使用	
	六角ボルト製造	224111210mJPN	溶融亜鉛めっき鋼板
	ラグスクリュー製造	224111210mJPN	溶融亜鉛めっき鋼板
	基礎パッキン製造	163500000mJPN	プラスチック, 4 桁
	セメント凸凹プレート製造	212111000pJPN	ポルトランドセメント
	ジグザグプレート製造	185211104pJPN	再生塩ビ管
	木栓製造	121111000pJPN	板類
	モルタル製造	212919200pJPN	モルタル
	変成シリコン製造	163529201pJPN	シリコンゴム, コンパウンド
	生コンクリート製造	212211000pJPN	生コンクリート
	鉄筋製造	222114000mJPN	普通鋼小形棒鋼
	アスファルト混合物製造	174111200pJPN	アスファルト混合物
輸送	CLT 輸送	441111224pJPN	トラック輸送サービス, 4 トン車, 積載率_平均
	生コンクリート輸送	441111234pJPN	トラック輸送サービス, 10 トン車, 積載率_平均
	鉄筋輸送	441111214pJPN	トラック輸送サービス, 2 トン車, 積載率_平均
	アスファルト混合物輸送	441111214pJPN	トラック輸送サービス, 2 トン車, 積載率_平均
施工	重機の軽油使用量	171115801pJPN	軽油の燃焼エネルギー

2.1.2 算定状況の報告

(1)算定結果 (CLT 固定方法の比較)

CLT プラットフォーム工法①～⑥におけるプラットフォーム面積 1 m² 当たりの GHG 排出量の算定結果を表 2.1-14 及び図 2.1-11 に示す。

CLT プラットフォーム工法①(一般的なプラットフォーム施工方法である穴あき PC 板工法と同じ固定方法)の GHG 排出量は 99.5 kg-CO₂eq/m² であるのに対し、他の固定方法では最大 107.6 kg-CO₂eq/m²(CLT プラットフォーム工法④)となった。これは、約 8 %の差であり、CLT プラットフォーム工法の基礎パッキン等の結露防止を目的とした支持金具、あるいは座ぐり部処理方法の違いによる影響は軽微であった。

プロセス別では製造段階の GHG 排出量が最も大きく、これは CLT の製造及びアスファルト混合物の製造の影響が大きいためである。

一方で、輸送段階の GHG 排出量は小さいが、CLT の製造場所である岡山県真庭市と実証試験場所である広島県三次市が比較的近距离であることから、プラットフォームの設置場所によっては注意が必要である。施工段階の GHG 排出量は小さく、CLT の設置及びアスファルト舗装に伴う重機の燃料消費による影響は小さい。

表 2.1-14 GHG 排出量算定結果(CLT 固定方法)

	試験条件		GHG 排出量 (kg-CO ₂ eq/m ²)	(内訳)		
				製造	輸送	施工
CLT プラ ットフォー ム工法	①	ボルト固定、既存タイプ+座ぐり部無処理	99.5	95.3	2.8	1.4
	②	ボルト固定、既存タイプ+座ぐり部木栓	99.5	95.3	2.8	1.4
	③	ボルト固定、基礎パッキン+座ぐり部モルタル	102.1	97.9	2.8	1.4
	④	ボルト固定、基礎パッキン+座ぐり部変性シリコンコーキング	107.6	103.4	2.8	1.4
	⑤	ラグスクリュー固定、セメント凸凹プレート	104.4	100.2	2.8	1.4
	⑥	ラグスクリュー固定、ジグザグプレート	100.2	96.0	2.8	1.4

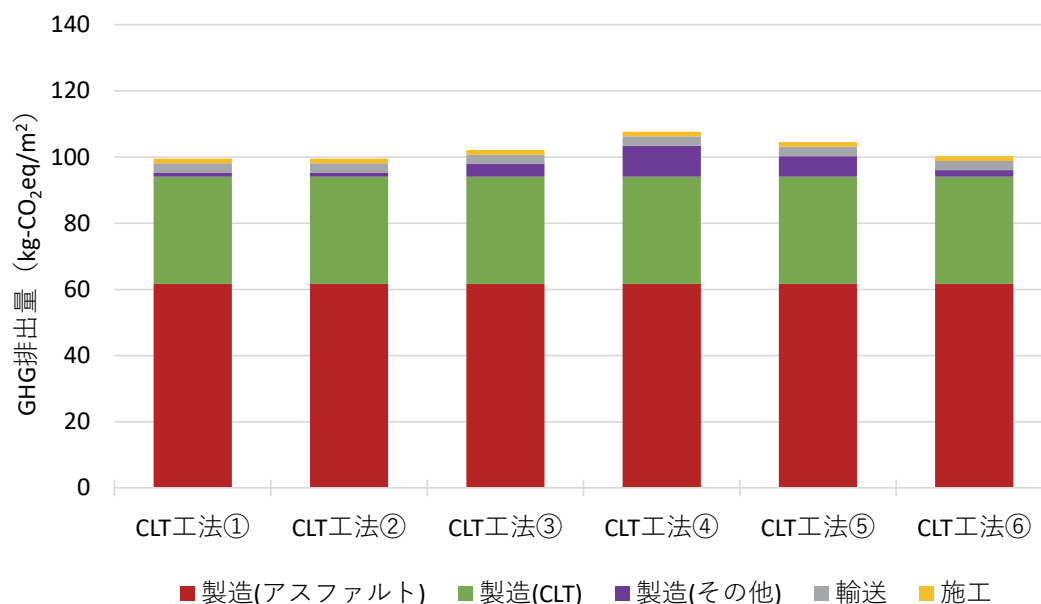


図 2.1-11 GHG 排出量算定結果(CLT 固定方法)

(2)算定結果 (既存工法との比較)

CLT プラットフォーム工法の比較対象である既存工法は、当初は穴あき PC 板工法が想定されており、穴あき PC 板に用いられるボルト固定が「既存タイプ (CLT プラットフォーム工法①)」として条件設定されている。しかし、今回の LCA 算定において、穴あき PC 板の活動量を設定することが困難であることから、RC 床版工法を比較対象とした。CLT プラットフォーム工法①及び RC 床版工法におけるプラットフォーム面積 1 m² 当たりの GHG 排出量の算定結果を表 2.1-15 及び図 2.1-12 に示す。

CLT プラットフォーム工法①の GHG 排出量が 99.5 kg-CO₂eq/m² であるのに対し、RC 床版工法は 126.3 kg-CO₂eq/m² となり、21%の差である。すなわち、プラットフォームの施工を既存工法 (RC 床版工法) から CLT プラットフォーム工法に変えることで、21%の GHG 排出量を削減できることが示唆された。

表 2.1-15 GHG 排出量算定結果(既存工法との比較)

	試験条件		GHG 排出量 (kg-CO ₂ eq/m ²)	(内訳)		
				製造	輸送	施工
CLT プラットフォーム工法	①	ボルト固定、既存タイプ+座ぐり部無処理	99.5	95.3	2.8	1.4
RC 床版工法		施工会社による机上計算	126.3	120.5	5.4	0.4

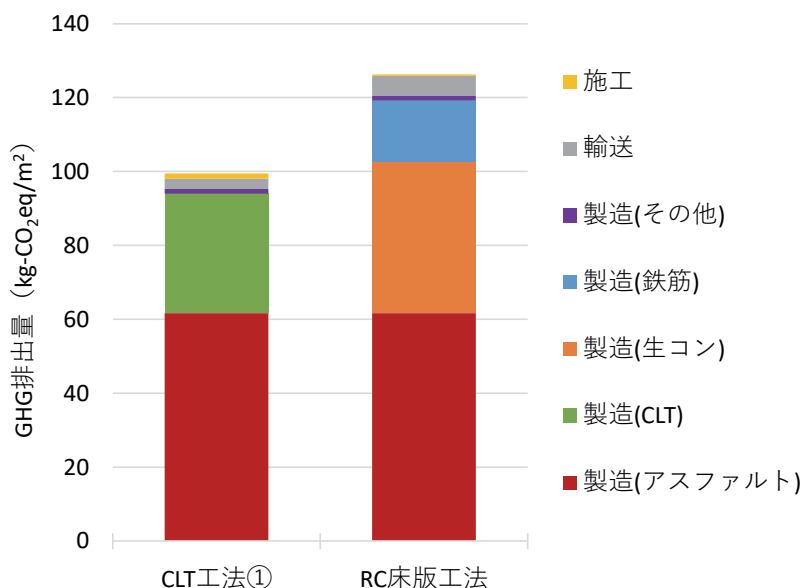


図 2.1-12 GHG 排出量算定結果(既存工法との比較)

(3)算定結果 (土木用 CLT との比較)

CLT 製造の GHG 排出原単位は建築用 CLT の値を使用しているが、WG2 では土木用 CLT の検討が 3 パターン行われており、その土木用 CLT の GHG 排出原単位は 2.2 章(後述)で算定している。3 パターンの検証結果のうち、最も削減効果が高かった「②仕上げ切削の省略」における GHG 排出原単位を用いて比較を行った。プラットフォーム面積 1 m² 当たりの GHG 排出量の算定結果を表 2.1-16 及び図 2.1-13 に示す。

建築用 CLT を用いた場合の GHG 排出量が 99.5 kg-CO₂eq/m² であるのに対し、土木用 CLT を用いた場合は 96.8 kg-CO₂eq/m² となり、3 %の削減効果である。既存工法(RC 床版工法)との比較では、23 %の削減効果となり、建築用 CLT による削減効果 21 %と比べてやや向上した。

表 2.1-16 GHG 排出量算定結果(土木用 CLT との比較)

	試験条件		GHG 排出量 (kg-CO ₂ eq/m ²)	(内訳)		
				製造	輸送	施工
CLT プラットフォーム工法 (建築用 CLT)	①	ボルト固定、既存タイプ+座ぐり部無処理	99.5	95.3	2.8	1.4
CLT プラットフォーム工法 (土木用 CLT)	①	ボルト固定、既存タイプ+座ぐり部無処理	96.8	92.6	2.8	1.4
RC 床版工法		施工会社による机上計算	126.3	120.5	5.4	0.4

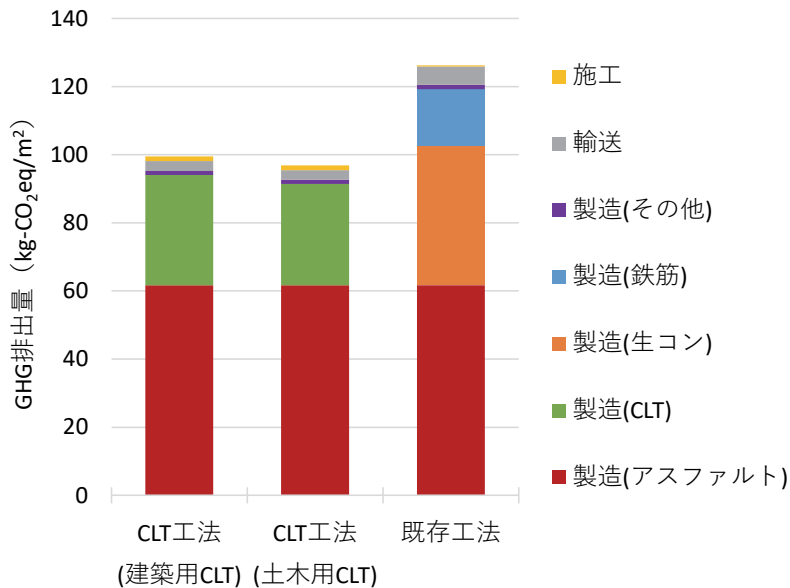


図 2.1-13 GHG 排出量算定結果(土木用 CLT との比較)

2.1.3 考察

プラットフォームの実証試験に基づく算定結果では、CLT プラットフォーム工法(①既存タイプ固定方法)と既存工法(RC 床版工法)を比較した場合、建築用 CLT を用いた場合で 21%、土木用 CLT を用いた場合で 23%の GHG 排出量の削減効果が見込まれる。

CLT プラットフォーム工法の固定方法・座ぐり部処理方法による比較では、GHG 排出量の差は最大 8%程度であり、固定方法・座ぐり部処理方法による影響は軽微であることが示された。CLT プラットフォーム工法全体の GHG 排出量の中で、最も多く占めるのはアスファルト混合物の製造であり、プラットフォームの機能として制限される可能性があるが、アスファルト舗装の厚みを小さくすることで、GHG 排出量を低減することができる。次に GHG 排出量の多くを占めるのは CLT の製造であり、環境負荷が低減されるとともに、プラットフォーム施工への適用性や強度等の機能、アスファルト舗装への適用性が確保された土木用 CLT の開発が引き続き求められる。

比較対象とした RC 床版工法は、現地でコンクリートを打設する工法であり、ほぼ手作業であることから施工段階におけるエネルギー消費は少ない。既存工法の一つとして比較対象として当初予定していた穴あき PC 板工法は、現場で大きな吊り上げ装置が必要であるものの、並べて施工するために施工時のエネルギー消費は比較的少ないと思われる。しかし、穴あき PC 板工法を比較対象とした場合の CLT プラットフォーム工法との差異は、工場での穴あき PC 板の製造時に配筋の PC 鋼より線にプレストレスを与えるための電力が必要であることや、工場では養生に使用する蒸気などのエネルギー消費が発生すること、工場所在地が限られていることから運搬に係るエネルギーを多く消費することが考えられるため、今回よりも大きくなると考えられる。今後の課題として、穴あき PC 板工法の活動量を明らかにすることが求められる。

なお、今年度の CLT プラットフォーム工法の実証試験結果において、穴あき PC 板と比べて CLT は軽量であるために、フォークリフトでの吊り上げ・設置が可能であり、また支持金具は CLT 設置後にフォークリフトの爪で押し上げて差し込むことで位置合わせが容易であるとされている。引き続き、工法的な側面や環境側面を総合的に検討していくことが必要と考えられる。

2.2 CLT 敷板における環境評価

2.2.1 算定方法

(1)調査範囲

(a)目的、算定対象及び算定範囲

CLT 土木利用技術開発事業の WG3 では、繰り返し利用・カスケード型利用を想定した CLT 土木利用技術の検討を行っており、CLT をダンプトラックの走行や重機の稼働を伴う工事現場の敷板として繰り返し利用する実証試験(工事)を実施している。

そのデータ提供を受けて、本事業では当該工事の CLT 敷板利用を対象として、ライフサイクル GHG 排出量を算定することとした。

今年度の算定範囲を図 2.2-1 に示す。今年度の算定範囲は、実証試験でデータ収集を実施した CLT 製造から工事現場での繰り返し利用をするまでとした。WG3 では、今後、土木利用を行ったあとの廃 CLT の燃料利用による化石燃料代替についても検討することとしており、最終的な GHG 排出量・削減量の検討はこれらの検討結果を踏まえて行う。

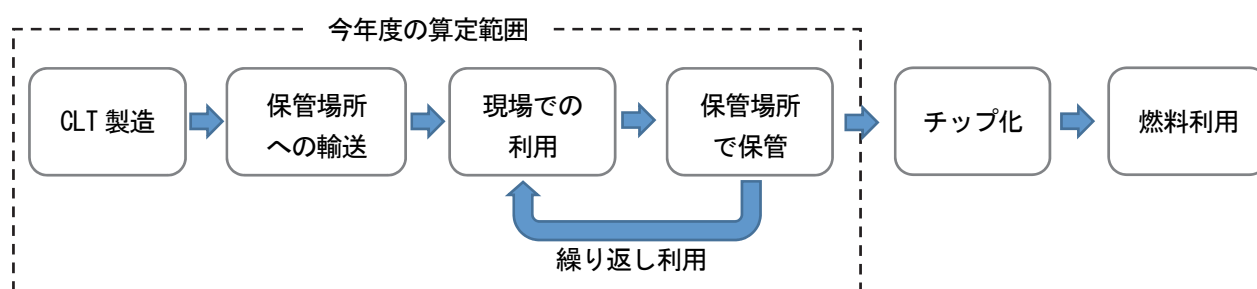


図 2.2-1 CLT 工事の算定範囲

(b)算定対象とした工事の CLT 敷板利用枚数の詳細

算定対象とした工事(以下、「算定対象工事」という。)は、昨年度実施した①士別市多寄町現場、今年度実施した②和寒町現場、③トマム治山工事現場の 3 現場である。それぞれの現場の CLT 利用枚数等を表 2.2-1 に示す。3 現場のうち、①士別市多寄町現場と③トマム治山工事現場は、CLT 敷板とあわせて敷鉄板も使用している。

CLT 敷板の利用状況を写真 2.2-1 及び写真 2.2-2 に示す。

表 2.2-1 算定対象工事の CLT 利用枚数等

現場	CLT 利用枚数		敷鉄板使用枚数	面積
①士別市多寄町現場	強軸	3 層 3 プライ 12 枚	29 枚(うち 1 枚は長さが半分のものを使用)	CLT 敷板:6.9 m ² /1 枚 敷鉄板:9.0 m ² /1 枚 敷鉄板(短尺)4.5 m ² /1 枚
		3 層 4 プライ 12 枚		
	5 層 5 プライ 12 枚			
弱軸	3 層 3 プライ 6 枚	CLT 敷板:372.3 m ² 敷鉄板:256.5 m ²		
	3 層 4 プライ 6 枚			
合計	54 枚	29 枚	628.8 m ²	
②和寒町現場	強軸	3 層 3 プライ 12 枚	0 枚	CLT 敷板:6.9 m ² /1 枚
		3 層 4 プライ 12 枚		
	弱軸	3 層 3 プライ 6 枚		
3 層 4 プライ 6 枚				
合計	36 枚	0 枚	248.2 m ²	
③トマム治山工事現場	強軸	3 層 3 プライ 11 枚	14 枚	CLT 敷板:6.9 m ² /1 枚 敷鉄板:9.0 m ² /1 枚
		3 層 4 プライ 2 枚		
	弱軸	3 層 3 プライ 6 枚		
3 層 4 プライ 2 枚				
合計	21 枚	14 枚	270.8 m ²	



写真 2.2-1 CLT 敷板利用状況
(運搬路での使用)



写真 2.2-2 CLT 敷板利用状況
(ヤードでの使用)

(c)機能単位

CLT 敷板は、ダンプトラック等が走行する運搬路や重機が稼働するヤードに利用されている。CLT 敷板と敷鉄板では強度の違いがあり、CLT 敷板は軟弱地盤や不陸、橋渡しでの利用に制限があるが、算定対象とした現場での運搬路やヤードでの利用においては、十分な強度性能があることが確認されている。

そのため、機能単位は CLT 敷板の面積(m²) 当たりとした。(表 2.2-2 参照)

表 2.2-2 機能単位

現場	CLT 敷板 利用面積	機能単位
①土別市多寄町現場	372.3 m ²	敷板の面積(m ²)
②和寒町現場	248.2 m ²	
③トマム治山工事現場	144.8 m ²	

(d)比較対象

CLT 敷板の比較対象は敷鉄板のみを使用した工事(以下、「比較対象工事」という。)とした。敷鉄板の枚数は、各現場において使用した CLT 敷板の面積をカバーできる最低限の枚数とした。

比較対象工事の敷鉄板使用枚数及び面積を表 2.2-3 に示す。

表 2.2-3 比較対象工事の敷鉄板使用枚数及び面積

現場	種類	算定対象工事		比較対象工事	
		枚数	面積(m ²)	枚数	面積(m ²)
①土別市多寄町現場	CLT	54 枚	372.3	0 枚	—
	敷鉄板	29 枚	256.5	71 枚	639.0
	合計	83 枚	628.8	71 枚	639.0
②和寒町現場	CLT	36 枚	248.2	0 枚	—
	敷鉄板	0 枚	—	28 枚	252.0
	合計	36 枚	248.2	28 枚	252.0
③トマム治山工事現場	CLT	21 枚	144.8	0 枚	—
	敷鉄板	14 枚	126.0	31 枚	279.0
	合計	35 枚	270.8	31 枚	279.0

備考)CLT 敷板 1 枚当たりの面積は 6.9 m²、敷鉄板 1 枚当たりの面積は 9.0 m² で算出した。

(2)活動量及び原単位の設定

(a)CLT 工法のフロー

算定対象工事のフローを図 2.2-2 に、また、比較対象工事のフローを図 2.2-3 に示す。

本実証試験では、CLT を岡山県真庭市で製造し、北海道士別市の加工場にトレーラー及び船舶で輸送したのち、フォークリフト、丸鋸、ジグソー、電動ドリルを用いて吊り具取付部の設置や、面取りの加工を行った。その後、トラックで①士別市多寄町現場に加工した CLT を輸送し、バックホウ等を用いて敷設した。現場で使用後は、士別市内の保管場所に輸送し、次の現場に輸送→保管場所に輸送を繰り返した。3 現場目の③トマム治山工事現場は、算定時点でまだ設置中であつたため、撤去及び保管場所への輸送は算定に含まれていない。

算定対象工事で使用した敷鉄板は、レンタル会社からトラックで各実証試験現場に輸送し、バックホウ等を用いて敷設した。敷鉄板のレンタルは、実証試験現場に近いレンタル会社で行うため、レンタル会社の位置は①士別市多寄町現場及び②和寒町現場が士別市内、③トマム治山工事現場が上富良野町である。また、実証試験での実証対象には含まれていないが、敷鉄板の製造時は、製造場所からレンタル会社への輸送を行っていると考えられるため、茨城県鹿嶋市から士別市への輸送経路を仮に設定して算定を行った。

比較対象工事は、実証試験と同様に敷鉄板の製造場所から士別市のレンタル会社まで輸送することとし、レンタル会社(士別市又は上富良野町)から実証試験現場に輸送、敷設し、工事終了後にレンタル会社に返却することとした。

算定に用いた活動量は、工事業者への聞き取り等によって収集した。工事業者への聞き取り等で把握できない情報については、シナリオを設定して算定を行った。

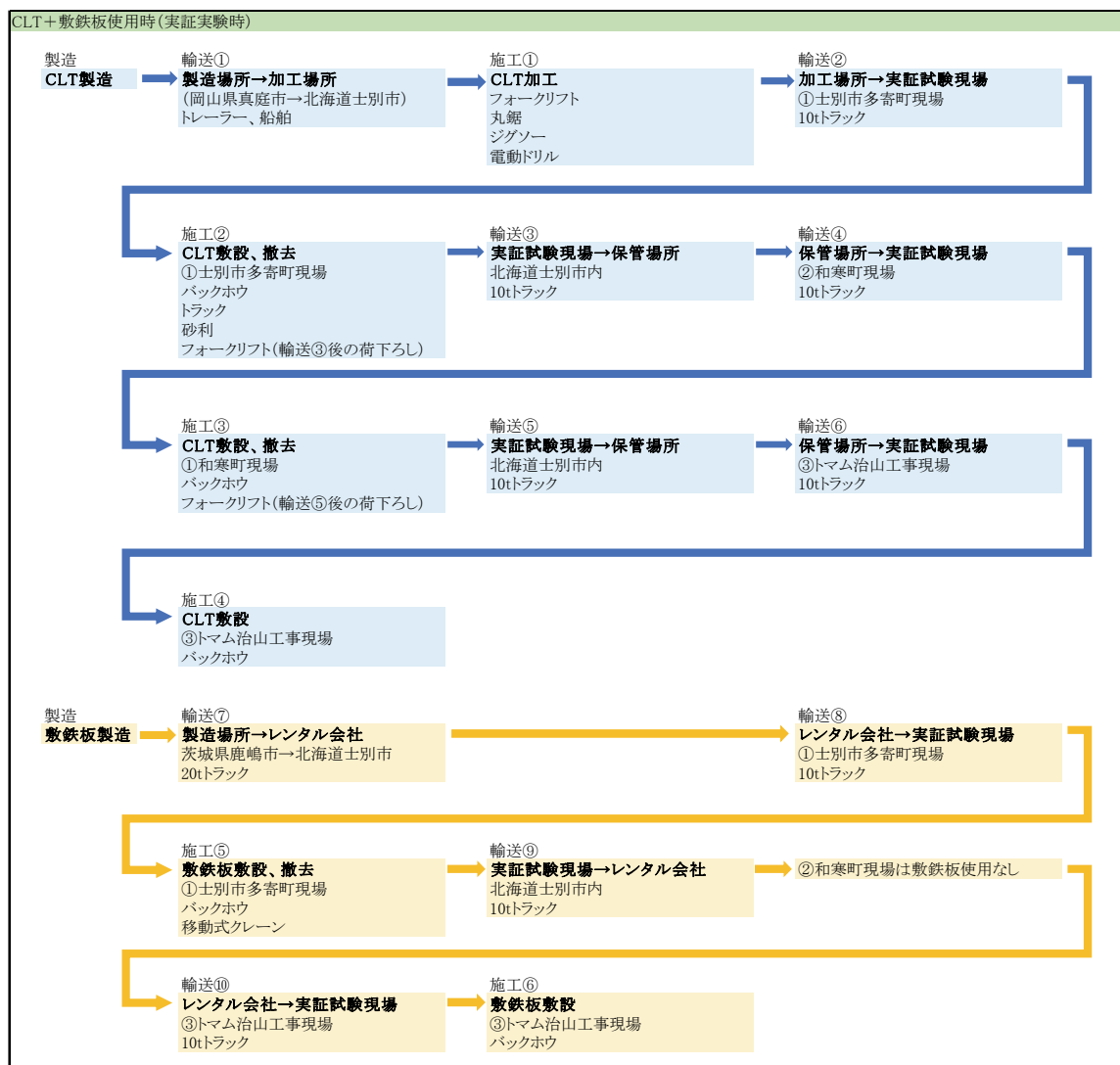


図 2.2-2 算定対象工事のフロー



図 2.2-3 比較対象工事のフロー

(b)活動量の設定

算定対象工事の活動量を表 2.2-4 に示す。また、比較対象工事の活動量を表 2.2-5 に示す。

表 2.2-4(1) 算定対象工事の活動量

段階	項目	活動量	単位	備考
製造	CLT 3層3プライ(厚さ90mm)強軸 12枚	7.45	m ³	1,150mm×5,995mm
	CLT 3層4プライ(厚さ120mm)強軸 12枚	9.93	m ³	1,150mm×5,995mm
	CLT 5層5プライ(厚さ150mm)強軸 12枚	12.41	m ³	1,150mm×5,995mm
	CLT 3層3プライ(厚さ90mm)弱軸 6枚	3.72	m ³	1,150mm×5,995mm
	CLT 3層4プライ(厚さ120mm)弱軸 6枚	4.96	m ³	1,150mm×5,995mm
	CLT 5層5プライ(厚さ150mm)弱軸 6枚	6.20	m ³	1,150mm×5,995mm
	敷鉄板 28枚	44.80	t	1,500mm×6,000mm×22mm
	敷鉄板(短尺) 1枚	0.80	t	1,500mm×3,000mm×22mm
輸送①	CLT トレーラー輸送 (岡山県真庭市→岡山県玉野市)	1,840.6	tkm	製造場所から港まで(103km)。
	CLT 船舶輸送 (岡山県玉野市→北海道苫小牧市)	30021.4	tkm	(1,680km)
	CLT トレーラー輸送 (北海道苫小牧市→北海道土別市)	4169.9	tkm	港から加工場まで(229km)。 1台は北海道林産試験場を経由(246km)。
輸送②、③	CLT トラック輸送 (土別市↔①土別市多寄町現場)	491.4	tkm	加工場(保管場所)、①土別市多寄町現場間(27.5km)。片道分。
輸送④、⑤	CLT トラック輸送 (土別市↔②和寒町現場)	291.9	tkm	保管場所、②和寒町現場間(28.0km)。 片道分。
輸送⑥	CLT トラック輸送 (土別市→トマム地先)	997.7	tkm	③保管場所、トマム治山工事現場間(180km)。

備考)段階の番号は図 2.2-2 のフロー内の番号と整合している。

(次ページに続く)

表 2.2-4(2) 比較対象工事の活動量

段階	項目	活動量	単位	備考
輸送⑦	敷鉄板 トラック輸送 ^{注)} (茨城県鹿嶋市→茨城県大洗市)	2170.6	tkm	製造場所から港まで(47.6 km)。
	敷鉄板 船舶輸送 ^{注)} (茨城県大洗市→北海道苫小牧市)	33926.4	tkm	(744 km)
	敷鉄板 トラック輸送 ^{注)} (北海道苫小牧市→北海道土別市)	9895.2	tkm	港からレンタル会社まで(217 km)。
輸送⑧、⑨	敷鉄板 トラック輸送 (土別市⇄①土別市多寄町現場)	456.0	tkm	レンタル会社、①土別市多寄町現場間(10.0 km)。片道分。
輸送⑩	敷鉄板 トラック輸送 (上富良野町→③トマム治山工事現場)	1792.0	tkm	レンタル会社、③トマム治山工事現場間(80.0 km)。
施工①	CLT 加工の電力(丸鋸、ジグソー、電動ドリル)	11.0	kWh	稼働時間から算出。
	CLT 加工の軽油(フォークリフト)	19.5	L	稼働時間から算出。
施工②	CLT 積込の軽油(フォークリフト)	3.9	L	稼働時間から算出。
	CLT 敷設の軽油(バックホウ、トラック)	89.4	L	稼働時間から算出。
	CLT 敷設 砂利	96.6	t	
	CLT 敷設 吊り金具(鉄)	43.8	kg	
	CLT 撤去の軽油(バックホウ、フォークリフト)	27.0	L	稼働時間から算出。
施工③	CLT 積込の軽油(フォークリフト)	15.0	L	施工時のデータが得られなかったため、③トマム治山工事現場のデータから枚数比で推計。
	CLT 敷設の軽油(バックホウ)	60.0	L	
	CLT 撤去の軽油(バックホウ、フォークリフト)	28.0	L	
施工④	CLT 積込の軽油(フォークリフト)	10.0	L	稼働時間から算出。
	CLT 敷設の軽油(バックホウ)	40.0	L	稼働時間から算出。
施工⑤	敷鉄板積込の軽油(フォークリフト)	6.7	L	稼働時間から算出。
	敷鉄板敷設の軽油(バックホウ、トラック)	50.0	L	稼働時間から算出。
	敷鉄板撤去の軽油(移動式クレーン、バックホウ)	17.5	L	稼働時間から算出。
施工⑥	敷鉄板積込の軽油(バックホウ)	6.7	L	稼働時間から算出。
	敷鉄板敷設の軽油(バックホウ)	10.0	L	稼働時間から算出。

備考) 段階の番号は図 2.2-2 のフロー内の番号と整合している。

注) 敷鉄板の製造場所は不明なため、製造場所からレンタル会社への輸送経路は仮設定した。

表 2.2-5 比較対象工事の活動量

段階	項目	活動量	単位	備考
製造	敷鉄板 70 枚	112.00	t	1,500 mm×6,000 mm×22 mm
	敷鉄板(短尺) 1 枚	0.80	t	1,500 mm×3,000 mm×22 mm
輸送①	敷鉄板 トラック輸送 ^{注)} (茨城県鹿嶋市→茨城県大洗市)	5369.3	tkm	製造場所から港まで(47.6 km)。
	敷鉄板 船舶輸送 ^{注)} (茨城県大洗市→北海道苫小牧市)	83923.2	tkm	(744 km)
	敷鉄板 トラック輸送 ^{注)} (北海道苫小牧市→北海道土別市)	24477.6	tkm	港からレンタル会社まで(217 km)。
輸送 ②、③	敷鉄板 トラック輸送 (土別市⇄①土別市多寄町現場)	1128.0	tkm	レンタル会社、①土別市多寄町現場間 (10.0 km)。片道分。
輸送 ④、⑤	敷鉄板 トラック輸送 (土別市⇄②和寒町現場)	896.0	tkm	レンタル会社、②和寒町現場 (20.0 km)。片道分。
輸送⑤	敷鉄板 トラック輸送 (上富良野町→③トマム治山工事現場)	3968.0	tkm	レンタル会社、③トマム治山工事現場間 (80.0 km)。
施工①	敷鉄板積込の軽油(フォークリフト)	16.7	L	CLT 敷板を使用した工事の敷鉄板敷設データ から枚数比で推計。
	敷鉄板敷設の軽油(バックホウ)	123.3	L	
	敷鉄板撤去の軽油(移動式クレーン、バックホウ)	42.5	L	
施工②	敷鉄板積込の軽油(バックホウ)	13.3	L	③トマム治山工事現場のデータから枚数比で 推計。
	敷鉄板敷設の軽油(バックホウ)	20.0	L	
	敷鉄板撤去の軽油(移動クレーンバックホウ)	17.0	L	①土別市多寄町現場のデータから枚数比で推 計。
施工③	敷鉄板積込の軽油(バックホウ)	15.0	L	CLT 敷板を使用した工事の敷鉄板敷設データ から枚数比で推計。
	敷鉄板敷設の軽油(バックホウ)	21.7	L	

備考) 段階の番号は図 2.2-3 のフロー内の番号と整合している。

注) 敷鉄板の製造場所は不明なため、製造場所からレンタル会社への輸送経路は仮設定した。

(c)原単位の設定

活動量当たりの GHG 排出量の原単位は、既存調査結果¹⁾及びインベントリデータベース IDEA (v3.1)に基づき設定した。算定に用いた原単位を表 2.2-6 に示す。

表 2.2-6 算定に用いた原単位

段階	項目	IDEA 製品コード	IDEA 製品名
製造	CLT 製造	既存調査結果 ¹⁾ のデータの一部をメーカー提供情報及び IDEAv3.1 に更新して使用	
	敷鉄板製造	222117000mJPN	普通鋼厚板 (厚さ 6 mm 以上) [※]
輸送	CLT 輸送	441111253pJPN	トラック輸送サービス, 20 トン車, 積載率_50%
		441111256pJPN	トラック輸送サービス, 20 トン車, 積載率_10%
		452211000pJPN	内航貨物船輸送サービス
		441111231pJPN	トラック輸送サービス, 10 トン車, 積載率 100%
		441111233pJPN	トラック輸送サービス, 10 トン車, 積載率 50%
	敷鉄板輸送	441111252pJPN	トラック輸送サービス, 20 トン車, 積載率_75%
		452211000pJPN	内航貨物船輸送サービス
		441111242pJPN	トラック輸送サービス, 10 トン車, 積載率 75%
施工	重機等の軽油使用量	171115801pJPN	軽油の燃焼エネルギー
	電動工具の電力	331131018pJPN	電力, 日本平均, 2018 年度
	砂	054118101pJPN	砂・砂利・玉石
	鉄(吊り具)	222116000mJPN	普通鋼線材・バーインコイル

※「普通鋼厚板」の原単位は、転炉法及び電炉法による粗鋼から製造される生産量の構成比から算出された原単位を使用した。

2.2.2 算定状況の報告

(1)算定結果（算定対象工事及び比較対象工事の算定結果）

算定対象工事の GHG 排出量と、比較対象工事の GHG 排出量を表 2.2-7 及び図 2.2-4 に示す。

敷鉄板の一部又は全部を CLT 敷板に置き換えた場合の GHG 排出量は 101.4 kg-CO₂eq/m² となり、敷鉄板のみ使用した場合の 215.4 kg-CO₂eq/m² に比べて、52.9%削減される結果となった。

表 2.2-7 CLT 敷板と敷鉄板の GHG 排出量算定結果

種別	GHG 排出量					
	工事全体	1m ² 当たり	CLT 製造	敷鉄板製造	輸送	施工
	kg-CO ₂ eq (敷板面積)	kg-CO ₂ eq/m ²	kg-CO ₂ eq/m ²			
算定対象工事 (CLT 敷板利用)	116,426.8 (1,147.8 m ²)	101.4	8.4	85.7	5.5	1.8
比較対象工事 (敷鉄板のみ使用)	252,002.0 (1,170.0 m ²)	215.4	0	207.9	6.8	0.7

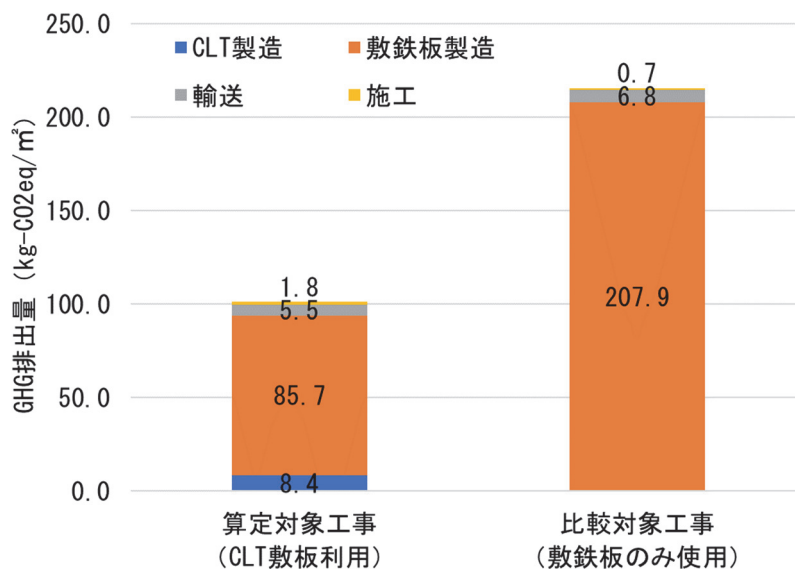


図 2.2-4 CLT 敷板と敷鉄板の GHG 排出量算定結果

(2) CLT 敷板の繰り返し利用の試算結果

CLT 敷板は、1 回のみ利用とせず、繰り返し利用することが想定されている。また、敷鉄板も繰り返し使用されている。本試算では、繰り返し利用回数の検討を行うため、CLT 敷板のみを利用した工事を想定し、敷鉄板のみを使用した工事との GHG 排出量の比較を行った。

CLT 敷板の繰り返し利用可能回数については、現場条件によって変わると考えられるが、実証試験では、3 現場で使用すると割れや欠けがあるものが発生していた(写真 2.2-3 及び写真 2.2-4 参照)。実際に CLT 敷板を利用する場合、一定量の在庫を確保し、CLT 敷板を使用する現場で繰り返し利用しながら、損傷して利用不可能になったものをチップ化することが考えられる。そのため、試算では、実証試験の 3 現場のうち、1 現場のみで利用した場合、2 現場で利用した場合、3 現場で利用した場合の CLT 敷板 1 m² 当たりの GHG 排出量を試算した。また、1~3 回の回数で CLT 敷板を利用した場合、それぞれ敷鉄板を何回繰り返し使用した場合に、敷鉄板の GHG 排出量が CLT 敷板の GHG 排出量を下回るのかについても試算した。

試算の算定方法等を表 2.2-8 に、算定条件を表 2.2-9 に示す。また、試算の算定対象工事のフローを図 2.2-5 に、試算の比較対象工事のフローを図 2.2-6 に示す。



写真 2.2-3 繰り返し利用した CLT 敷板
(3 現場利用)



写真 2.2-4 CLT 敷板の損傷
(3 現場利用)

表 2.2-8 本試算の算定方法等

基本条件	概要
・試算対象工事	算定対象工事と同じ3現場とする。ただし、CLT 敷板に関する負荷のみを算定対象とし、あわせて使用した敷鉄板の負荷は算定対象外とした。
・試算における比較対象工事	比較対象工事と同じ(算定対象工事と同じ3現場を敷鉄板のみを使用したとして設定)。
・CLT 敷板の繰り返し利用回数	これまでの実証試験の CTL 敷板の損傷程度から3回繰り返し利用するまでを算定。
・敷鉄板の繰り返し使用回数	敷鉄板の実際の繰り返し使用回数は不明のため、交換はせずに繰り返し使用し続けるものとして算定。
・試算における機能単位	1 m ²
・算定方法	<p>CLT 敷板の製造、輸送、加工の GHG 排出量を CLT 敷板利用枚数(54 枚)で除して、1枚当たりの GHG 排出量を算出。</p> <p>各現場の CLT 敷板に関する GHG 排出量を、各現場の CLT 敷板利用枚数(54 枚、36 枚、21 枚)で除して、各現場の 1 枚当たりの GHG 排出量を算出。</p> <p>1 回利用の GHG 排出量は、製造、輸送、加工の GHG 排出量に 1 現場目の GHG 排出量を足して算出。2 回利用の GHG 排出量は、さらに 2 現場目の GHG 排出量を足したものを使用回数の 2 で除して算出。3 回利用の排出量は、さらに 3 現場目の排出量を足したものを使用回数の 3 で除して算出。</p>
・比較対象算定方法	<p>敷鉄板の製造、輸送の GHG 排出量を敷鉄板使用枚数(71 枚)で除して、1 枚当たりの GHG 排出量を算出。</p> <p>各現場の GHG 排出量を、各現場の敷鉄板使用枚数(71 枚、21 枚、33 枚)で除して、各現場の 1 枚当たりの GHG 排出量を算出。</p> <p>1 回利用の GHG 排出量は、製造、輸送の GHG 排出量に 1 現場目の GHG 排出量を足して算出。2 回利用の GHG 排出量は、さらに 2 現場目の GHG 排出量を足したものを使用回数の 2 で除して算出。3 回利用の排出量は、さらに 3 現場目の排出量を足したものを使用回数の 3 で除して算出。</p> <p>4 回目以降はデータがないため、比較対象工事 3 現場の輸送及び施工の平均 GHG 排出量を繰り返す設定とした。</p>

表 2.2-9 本試算の算定条件

分類	工程	試算条件	算定対象工事及び比較対象工事からの変更点
CLT 敷板	製造	<ul style="list-style-type: none"> ・製造場所は実証試験と同様(岡山県真庭市) ・製造枚数は、現場で使用した最大枚数の 54 枚 ・CLT は全て 3 層 3 プライ 	<ul style="list-style-type: none"> ・利用する CLT を全て 3 層 3 プライに変更
	輸送	<ul style="list-style-type: none"> ・製造場所から北海道士別市の保管場所まで輸送 ・各現場と士別市の保管場所を往復 	<ul style="list-style-type: none"> ・算定対象工事では、製造場所からの輸送の際に北海道林産試験場に立ち寄っていたが、直送に変更(輸送距離を短縮) ・算定対象工事では未実施だった 3 現場目のトマム治山工事現場から保管場所への輸送も算定に含めるよう変更
	施工	<ul style="list-style-type: none"> ・CLT 敷板の加工は算定に含める ・各現場での施工に伴う排出量は実証試験と同様 ・3 現場目まで敷設と撤去を行う 	<ul style="list-style-type: none"> ・算定対象工事では未実施だった 3 現場目のトマム治山工事現場での撤去も算定に含めるよう変更(1 現場目の多寄町の施工の 1 枚当たり排出量を求め、それを使用枚数で乗じて推計)
敷鉄板	製造	<ul style="list-style-type: none"> ・製造場所は実証試験で仮設定した条件と同様(茨城県鹿嶋市) ・製造枚数は、現場で使用する最大枚数の 71 枚 	—
	輸送	<ul style="list-style-type: none"> ・製造場所から北海道士別市のレンタル会社まで輸送 ・各現場への輸送は、実証試験と同様に、1 現場目と 2 現場目は士別市と現場の往復、3 現場目は上富良野町と現場の往復 ・4 現場目以降の輸送による GHG 排出量は、1~3 現場の平均を使用 	<ul style="list-style-type: none"> ・4 現場目以降はデータがないため、比較対象工事の 3 現場の輸送の平均 GHG 排出量を繰り返すとして算定 ・算定対象工事では未実施だった 3 現場目のトマム治山工事現場からレンタル会社への輸送も算定に含めるよう変更
	施工	<ul style="list-style-type: none"> ・各現場での施工に伴う排出量は実証試験と同様 ・3 現場目まで敷設と撤去を行う ・4 現場目以降の施工による GHG 排出量は、1~3 現場の平均を使用 	<ul style="list-style-type: none"> ・4 現場目以降はデータがないため、比較対象工事の 3 現場の施工の平均 GHG 排出量を繰り返すとして計算 ・算定対象工事では未実施だった 3 現場目のトマム治山工事現場での撤去も算定に含める(1 現場目の多寄町の施工の 1 枚当たり排出量を求め、それを使用枚数で乗じて推計)



図 2.2-5 試算の算定対象工事のフロー



図 2.2-6 試算の比較対象工事のフロー

試算における各工程の GHG 排出量を表 2.2-10 に、CLT 敷板の繰り返し利用回数ごとの GHG 排出量を表 2.2-11 に、敷鉄板の GHG 排出量が CLT 敷板の GHG 排出量を下回る繰り返し回数を表 2.2-12 に示す。また、CLT 敷板と敷鉄板の繰り返し利用回数ごとの GHG 排出量の比較を図 2.2-7 に示す。

敷鉄板の代わりに CLT 敷板を利用した場合の GHG 排出量(kg-CO₂eq/m²)は、CLT 敷板を 1 回のみ利用した場合は 28.0 kg-CO₂eq/m²であり、敷鉄板は 16 回繰り返し使用した際に CLT 敷板の GHG 排出量を下回る。CLT 敷板の繰り返し利用回数が 3 回になると、GHG 排出量は 11.0 kg-CO₂eq/m²となり、敷鉄板は 47 回繰り返し使用しなければ CLT 敷板の GHG 排出量を下回らない。

なお、敷鉄板の繰り返し使用に当たっては、途中で曲がり補正等のメンテナンスが必要になると考えられるが、試算ではメンテナンスは含まれておらず、メンテナンスを含めるとさらに敷鉄板使用時の GHG 排出量が大きくなり、CLT 敷板を下回るまでの繰り返し回数が多くなると考えられる。

表 2.2-10 各工程の GHG 排出量

工程	種別	CLT 敷板		敷鉄板	
		枚数	1枚当たり GHG 排出量 (kg-CO ₂ eq)	枚数	1枚当たり GHG 排出量 (kg-CO ₂ eq)
製造	製造	54	134.1	71	3425.7
保管所まで輸送	輸送	54	31.1	71	96.6
加工	施工	54	1.9	—	—
1 現場目 (1 回利用)	輸送	54	2.6	71	4.41
	施工	54	23.3	71	7.70
2 現場目 (2 回利用)	輸送	36	1.9	28	8.87
	施工	36	6.5	28	5.44
3 現場目 (3 回利用)	輸送	21	17.2	31	35.50
	施工	21	9.5	31	5.36
輸送、施工平均 (4 回利用以降の 算定時に加算)	—	—	—	—	22.43

表 2.2-11 CLT 敷板と敷鉄板の繰り返し回数ごとの GHG 排出量

繰り返し 回数	CLT 敷板		敷鉄板	
	1枚あたり GHG 排出量 (kg-CO ₂ eq)	1 m ² 当たり GHG 排出量 (kg-CO ₂ eq/m ²)	1枚あたり GHG 排出量 (kg-CO ₂ eq)	1 m ² 当たり GHG 排出量 (kg-CO ₂ eq/m ²)
1	193.0	28.0	3534.4	392.7
2	100.7	14.6	1774.4	197.4
3	76.0	11.0	1196.5	132.9
4	-	-	903.0*	100.3*

備考) CLT 敷板は 1 枚 6.9 m²、敷鉄板は 1 枚 9.0 m²

※敷鉄板の 4 回目以降は 3 回目以降の GHG 排出量に表 2.2-10 の輸送、施工平均の GHG 排出量を加算して算定。

表 2.2-12 敷鉄板の GHG 排出量が CLT 敷板の GHG 排出量を下回る繰り返し回数

CLT 敷板 繰り返し利用回数	GHG 排出量	敷鉄板を繰り返し使用した際に、CLT 敷板の GHG 排出量を下回る繰り返し回数
	1 m ² 当たり (kg-CO ₂ eq/m ²)	
1	28.0	16 回 (27.0 kg-CO ₂ eq/m ²)
2	14.6	33 回 (14.4 kg-CO ₂ eq/m ²)
3	11.0	47 回 (10.8 kg-CO ₂ eq/m ²)

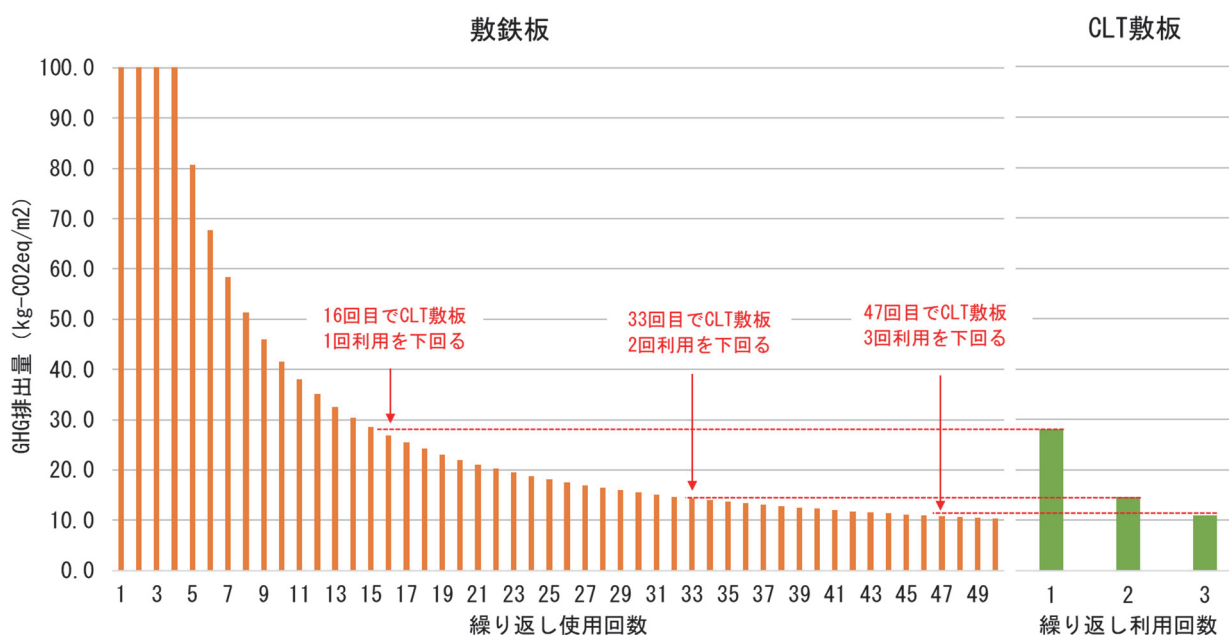


図 2.2-7 CLT 敷板と敷鉄板の繰り返し利用回数ごとの GHG 排出量の比較

2.2.3 考察

今年度の実証試験に基づく算定結果(実証試験 3 現場の算定結果)では、工事の一部又は全部で敷鉄板を CLT 敷板に置き換えると、敷鉄板のみを使用する場合に比べて、GHG 排出量が 52.9%削減される結果となった。

実証試験では、1 現場目と 3 現場目で CLT 敷板と敷鉄板を併用しているが、CLT 敷板と敷鉄板は製造時の GHG 排出量に大きな差があるため、CLT 敷板の使用枚数を増やすと GHG 排出量の差はさらに大きくなると考えられる。

ただし、CLT 敷板は敷鉄板に比べて耐久性が低く、重機(特に鉄製のキャタピラーを装着しているもの)が走行すると損傷が大きくなる傾向があるため、場所によって敷鉄板と使い分けをすることが望ましいと考えられる。

実証試験の内容を踏まえて CLT 敷板の繰り返し利用(製造、敷設、回収、保管)の試算を行ったところ、CLT 敷板の繰り返し利用回数を 1 回のみとする場合は、敷鉄板の繰り返し使用回数を 16 回とするまでは、1 回当たりの CLT 敷板の GHG 排出量が敷鉄板の GHG 排出量を下回った。同様に、CLT 敷板の繰り返し利用回数を 2 回、3 回とする場合は、それぞれ敷鉄板を 33 回、47 回繰り返し使用するまでは、1 回当たりの CLT 敷板の GHG 排出量が敷鉄板の GHG 排出量を下回った。

ただし、この試算には、敷鉄板のメンテナンスによる GHG 排出量は含まれておらず、メンテナンスを含めるとさらに多くの繰り返し使用をしなければ CLT 敷板の GHG 排出量を下回らない可能性がある。今後、敷鉄板の繰り返し使用回数やメンテナンス頻度に関する情報を取得することで、より正確に CLT 敷板の評価を行うことができると考えられる。

また、今年度は利用後の廃 CLT の燃料利用が算定に含まれていないため、利用しなくなった CLT 敷板を化石燃料代替として利用することにより CLT 敷板の GHG 排出量は現状よりも小さくなる可能性がある。今後は繰り返し利用に関する情報収集及び燃料利用の検討状況を踏まえ、ライフサイクル全体の GHG 排出量を算定することが必要となる。

2.3 CLT 防雪柵における環境評価

2.3.1 算定方法

(1)調査範囲

(a)目的、算定対象及び算定範囲

CLT 土木利用技術開発事業の WG3 では、繰り返し利用・カスケード型利用を想定した CLT 土木利用技術の検討を行っており、CLT の防雪柵の開発を行っている。

そのデータ提供を受けて、本事業では CLT 防雪柵のライフサイクル GHG 排出量を算定することとした。

今年度の算定範囲を図 2.3-1 に示す。CLT 防雪柵は部材や施工方法の検討を行っているところであり、今年度の算定範囲は、CLT 防雪柵の製造時までとした。輸送や施工、カスケード利用に伴う GHG 排出量については、次年度以降に算出を行う予定である。

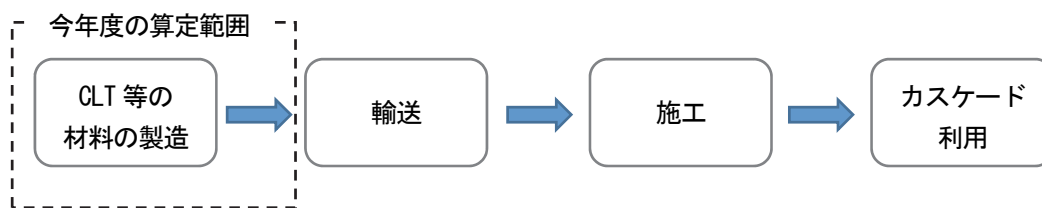


図 2.3-1 CLT 防雪柵の算定範囲

(b)算定対象とした CLT 防雪柵の詳細

算定対象とした CLT 防雪柵は、1 スパン 4 m であり、支柱の間の下部防雪板に CLT 板が、上部の屈曲部に半割丸太や集成材が設置されている。

試験設置されている CLT 防雪柵は、3 スパン分であり、風の巻き込みを防ぐため、両側に鋼製防雪柵が 3 スパンずつ設置されている。

CLT 防雪柵の設置状況を写真 2.3-1 及び写真 2.3-2 に示す。また、CLT 防雪柵の設計図面を図 2.3-2 に示す。



写真 2.3-1 防雪柵の設置状況(風下側)

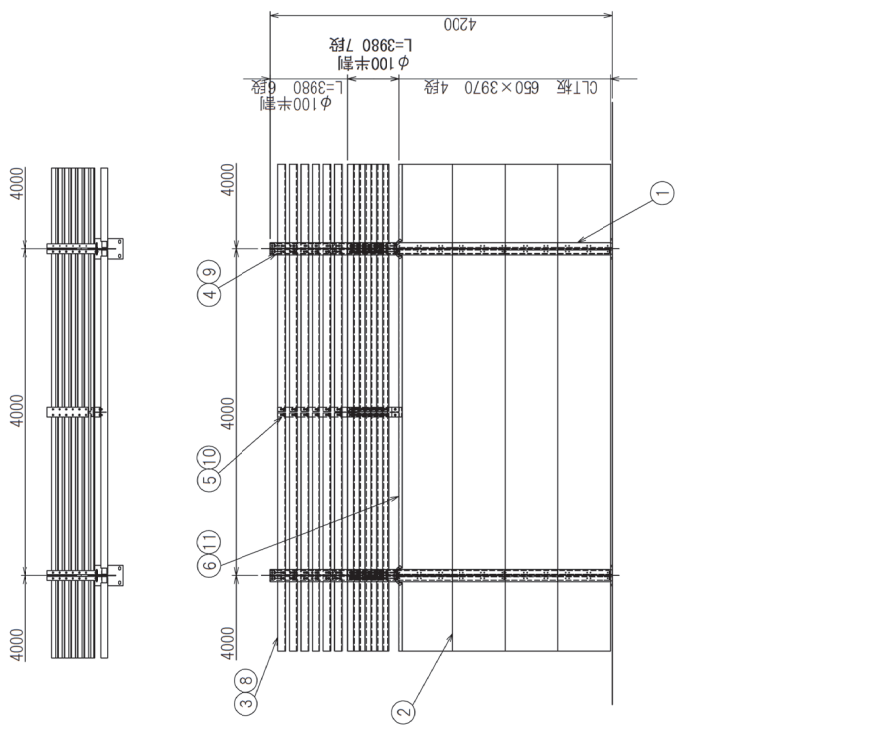


写真 2.3-2 防雪柵の設置状況(風上側)

材料表 木製防雪柵 H=4.0m W=4.0m

番号	名称	寸法	単重	数量	重量	材質	表面処理	概要
1	主柱	H-150×150×7×10	151.34	1	151.34	SS400	HDZ177	(1)
2	CLT防雪板	3970×660×60	52.64	4	210.56	木材	樹脂塗装	
3	木製防雪板	φ100半割 L=1980	2.64	26	68.64	木材	樹脂塗装	
4	くの字金具(端部)	PL-6	9.89	2	19.78	SS400	HDZ170	
5	くの字金具(中央)	PL-6	16.54	1	16.54	SS400	HDZ170	
6	支持金具	L-80×40×2.3	11.59	1	11.59	SS400	HDZ166	
7	板固定金具	PL-3.2	4.97	4	19.88	SS400	HDZ163	
8	木製防雪板固定ボルト	M10×75 B.N.F.W.(3/8) SW	0.06	52	3.12	SS400	HDZ149	
9	くの字金具(端部)固定ボルト	M10×35 B.N.F.W. SW	0.01	24	0.24	SS400	HDZ149	
10	くの字金具(中央)固定ボルト	M12×30 B.N.F.W. SW	0.01	2	0.02	SS400	HDZ149	
11	支持金具固定ボルト	M10×35 B.N.F.W. SW	0.01	2	0.02	SS400	HDZ149	
12	板固定金具固定ボルト	M10×35 B.N.F.W. SW	0.01	24	0.24	SS400	HDZ149	
合計					送り止め1ヶ所当たり重量 151.34kg			

(注) . () 内の数字は、送り止め用数量を示す。



型	CLT防雪柵	縮尺	1/50	図番	
式	理研興業株式会社				

図 2.3-2 CLT 防雪柵の設計図面

(c)機能単位

CLT 防雪柵が実際に設置される際、防雪柵の総延長は設置する場所によって変わるが、1 スパン 4 m の防雪柵が連続して設置されると考えられる。そのため、機能単位は 1 スパン (4 m) とした (表 2.3-1)。

表 2.3-1 機能単位

機能単位
防雪柵 1 スパン (4 m) なお、支柱の本数は連続する防雪柵のスパン数+終端部の 1 本となるため、算定における支柱は 1 本として計算した。

(d)比較対象

CLT 防雪柵の比較対象は、従来から使用されている鋼製防雪柵とした。鋼製防雪柵は、CLT 防雪柵と同様に 1 スパン 4 m で設置されており、形状も CLT 防雪柵と同様である。下部の防雪板は折板 (無孔板) となっており、上部の屈曲部には有孔板が設置されている。

鋼製防雪柵の設置状況を写真 2.3-3 に示す。また、鋼製防雪柵の設計図面を図 2.3-3 に示す。



写真 2.3-3 鋼製防雪柵の設置状況 (風下側)

仕組表

品番	名称	寸法	標準	質量	材質	規格	備註
1	主 柱	H=2431×124×5×8	129.84	1.129.84	S5400	HD255	(1)
2	主 柱 兼 脚	PL-6	14.43	2.28.84	S5400	HD255	
3	隅 材	PL-1	6.250×3770 (規格品)	10.48	7.72.35	HK400	DA190
4	隅 材 兼 脚	PL-1	6.250×3770 (規格品)	14.96	10.149.60	HK400	DA190
5	埋 込 脚	FE-650×250	5.98	1.5.98	S5400	HD255	
6	埋 込 脚	FE-650×170	1.78	1.1.78	S5400	HD255	
7	埋 込 脚	FE-650×100	2.38	1.2.38	S5400	HD240	
8	脚 兼 埋 込 脚	PL-3-2	0.30	18.5.40	S5400	HD240	
9	脚 兼 埋 込 脚	PL-3-2	0.33	18.5.94	S5400	HD240	
10	ボルト	M10×35, BN, SW 3/8"×PW	0.05	66.3.90	S5400規格	HD255	
11	ボルト	M10×35, BN, SW 3/8"×PW	0.05	60.3.90	S5400規格	HD255	
12	ボルト	M24×70, 2B, 16H, AW	7.00	2.14.00	S5400	HD255	(2)
12のボルトは、11のボルトと同様に、433.444& (1)単位質量 10.8.85&(4) 12のボルトは、11のボルトと同様に、143.844&							

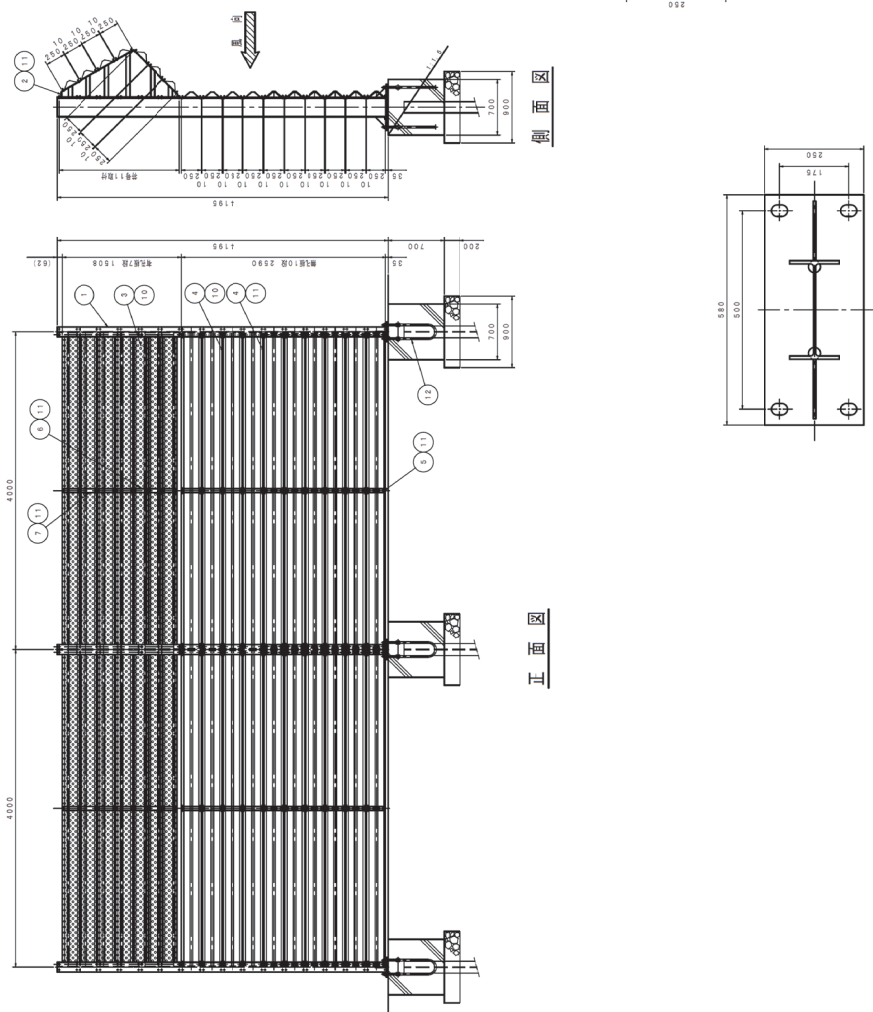
注：埋込脚は、規格品に、JIS H4541 (規格品)に準じ、但し、ボルト部分を除く。
 (1)規格品に、JIS H4541 (規格品)に準じ、但し、ボルト部分を除く。
 (2)規格品に、JIS H4541 (規格品)に準じ、但し、ボルト部分を除く。

図1 側面図

図2 正面図

図3 防雪板取付詳細図

図4 ペースプレート取付詳細図



ペースプレート取付詳細図 (尺法1:10)

防雪板取付詳細図 (尺法1:10)

図 2.3-3 鋼製防雪柵の設計図面

縮尺 1:50
 縮尺 1:20
 縮尺 1:10
 縮尺 1:5
 縮尺 1:2
 縮尺 1:1
 縮尺 1:0.5
 縮尺 1:0.2
 縮尺 1:0.1
 縮尺 1:0.05
 縮尺 1:0.02
 縮尺 1:0.01

縮尺 1:0.05
 縮尺 1:0.02
 縮尺 1:0.01

縮尺 1:0.05
 縮尺 1:0.02
 縮尺 1:0.01

縮尺 1:0.05
 縮尺 1:0.02
 縮尺 1:0.01

縮尺 1:0.05
 縮尺 1:0.02
 縮尺 1:0.01

(2)活動量及び原単位の設定

(a)活動量の設定

今年度の算定範囲は防雪柵の製造時までとしたため、活動量は使用材料の量とした。
CLT 防雪柵の使用材料を表 2.3-2 に、鋼製防雪柵の使用材料を表 2.3-3 に示す。

表 2.3-2 CLT 防雪柵の使用材料

項目	使用量	単位	備考
CLT 防雪板(3層3プライ)	0.62	m ³	1枚当たり 3,970 mm×650 mm×60 mm
主柱	151.34	kg	SS400 150×7×10
木製防雪板	0.40	m ³	φ 100 半割 L=1980
くの字金具(端部)	19.78	kg	SS400 PL-6
くの字金具(中央)	16.54	kg	SS400 PL-6
支持金具	11.59	kg	SSC400 80×40×2.3
板固定金具	19.88	kg	SS400 PL-3.2
木製防雪板固定ボルト	3.12	kg	SS400 M10×75 B,N,FW(3/8),SW
くの字金具(端部)固定ボルト	0.24	kg	SS400 M10×35 B,N,2FW,SW
くの字金具(中央)固定ボルト	0.02	kg	SS400 M12×30 B,N,FW,SW
支持金具固定ボルト	0.02	kg	SS400 M10×35 B,N,FW,SW
板固定金具固定ボルト	0.24	kg	SS400 M10×35 B,N,FW,SW

表 2.3-3 鋼製防雪柵の使用材料

項目	使用量	単位	備考
主柱	129.84	kg	SS400 H-248 124×5×8
主柱金具	28.86	kg	SS400 PL-6
防雪板(有孔板)	73.36	kg	HK400 PL-1.6×250×3970(有孔板)
防雪板(無孔板)	149.60	kg	HK400 PL-1.6×250×3970(無孔板)
連結材 A	5.98	kg	SS400 FB-6×50×2590
連結材 B	1.78	kg	SS400 FB-6×50×770
連結材 C	2.38	kg	SS400 FB-6×50×1030
補強材	5.40	kg	SS400 PL-2.3
サポート	5.94	kg	SS400 PL-3.2
ボルト・ナット	3.30	kg	SS400 相当 M10×30 BN,SW,3/8"FW
ボルト・ナット	3.00	kg	SS400 相当 M10×35 BN,SW,3/8"FW
アンカーボルト	14.00	kg	SS400 M24×670 2B,16N,4W FB-6×65

(c) 原単位の設定

活動量当たりの GHG 排出量の原単位は、既存調査結果¹⁾及びインベントリーデータベース IDEA (v3.1)に基づき設定した。算定に用いた原単位を表 2.3-4 及び表 2.3-5 に示す。

表 2.3-4 算定に用いた原単位(CLT 防雪柵)

項目	IDEA 製品コード	IDEA 製品名
CLT 防雪板	既存調査結果 ¹⁾ のデータの一部をメーカー提供情報及び IDEA v3.1 に更新して使用	
木製防雪板	121112200pJPN	小割
支柱	222112000mJPN	普通鋼形鋼 (鋼矢板、リム・リングバー、サッシバーを含む) [*]
くの字金具(端部)		
くの字金具(中央)		
支持金具	222118000mJPN	普通鋼中板・薄板 (厚さ 6mm 未満でローモ板、電気鋼板を含む) [*]
板固定金具		
木製防雪板固定ボルト	248111000pJPN	ボルト、ナット
くの字金具(端部)固定ボルト		
くの字金具(中央)固定ボルト		
支持金具固定ボルト		
板固定金具固定ボルト		

※「普通鋼形鋼」、「普通鋼中板・薄板」の原単位は、転炉法及び電炉法による粗鋼から製造される生産量の構成比から算出された原単位を使用した。

表 2.3-5 算定に用いた原単位(鋼製防雪柵)

項目	IDEA 製品コード	IDEA 製品名
支柱	222112000mJPN	普通鋼形鋼 (鋼矢板、リム・リングバー、サッシバーを含む) [*]
防雪板(有孔板)	222118000mJPN	普通鋼中板・薄板 (厚さ 6 mm 未満でローモ板、電気鋼板を含む) [*]
防雪板(無孔板)		
連結材 A	222114000mJPN	普通鋼小形棒鋼 [*]
連結材 B		
連結材 C		
支柱金具	222117000mJPN	普通鋼厚板 (厚さ 6 mm 以上) [*]
補強材		
サポート		
ボルト・ナット	248111000pJPN	ボルト、ナット
ボルト・ナット		
アンカーボルト		

※「普通鋼形鋼」、「普通鋼中板・薄板」、「普通鋼小形棒鋼」、「普通鋼厚板」の原単位は、転炉法及び電炉法による粗鋼から製造される生産量の構成比から算出された原単位を使用した。

2.3.2 算定状況の報告

(1)算定結果

CLT 防雪柵と鋼製防雪柵の製造に係る GHG 排出量を表 2.3-6 及び図 2.3-4 に示す。

GHG 排出量は、1 スパン(4m)当たり、CLT 防雪柵が 507.2 kg-CO₂eq、鋼製防雪柵が 672.0 kg-CO₂eq であり、CLT 防雪柵の GHG 排出量が 24.5 %少ない結果となった。

CLT 防雪柵は防雪板を鋼材より GHG 排出量の少ない CLT や木材に置き換えているため、その分 GHG 排出量が低下した。

表 2.3-6 GHG 排出量算定結果

種別	GHG 排出量 kg-CO ₂ eq/1 スパン	(内訳)		
		CLT	木材	鋼材
CLT 防雪柵	507.2	133.9	31.7	341.7
鋼製防雪柵	672.0	0	0	672.0

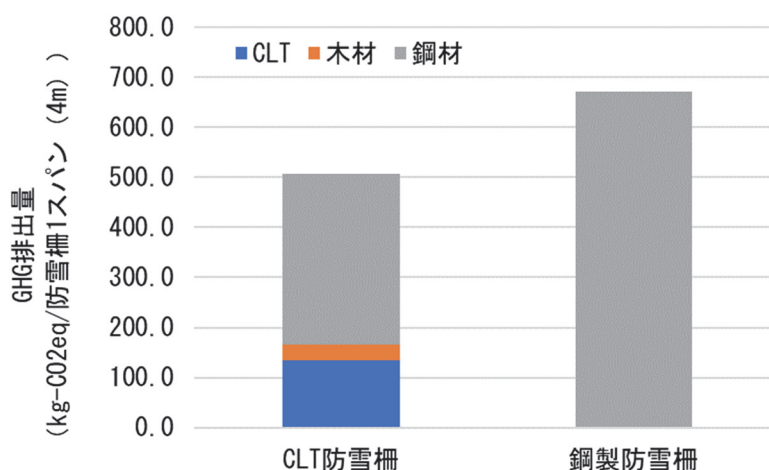


図 2.3-4 CLT 防雪柵と鋼製防雪柵の GHG 排出量

2.3.3 考察

CLT 防雪柵は鋼製防雪柵に比べて、1 スパン(4 m)当たりの製造に係る GHG 排出量が 24.5%削減されることが確認されたことから、鋼製防雪柵を CLT 防雪柵に置き換えることで、GHG 排出量を削減できる可能性が高いと考えられる。

なお、CLT 防雪柵については、上部の木材の材料や施工方法が引き続き検討されている。今後は、これらの工程も含めたライフサイクル全体の GHG 排出量を算出することが必要である。

2.4 土木用 CLT における環境評価

2.4.1 算定方法

(1)調査範囲

(a)目的、算定対象及び算定範囲

CLT 土木利用技術開発事業の WG2 では、土木用 CLT の開発を目的とし、実証試験を実施している。

本事業では、環境負荷の視点で、開発を進めている土木用 CLT と建築用 CLT とを比較検証するため、土木用 CLT を対象としてライフサイクル GHG 排出量を算定することとした。本実証試験では異なる 3 条件で土木用 CLT を製造しているため、試験条件毎に GHG 排出量を算定した。

算定範囲を図 2.4-1 に示す。機能単位は土木用 CLT マザーボード 1 m³ 当たりであり、丸太から CLT マザーボードの製造までを算定対象としている。

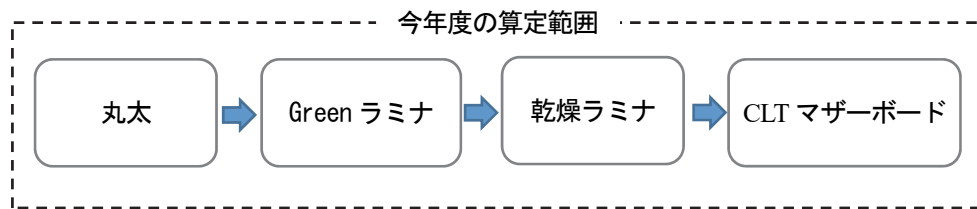


図 2.4-1 算定範囲

(b)算定対象とした土木用 CLT の詳細

算定対象とした土木用 CLT は、CLT 製造工場(岡山県真庭市)で土木用に適していると提案された 3 条件で製造試験が行われており、各試験条件での接着性能、材料から製品までの歩留まり等が検証されている。

従来の建築用 CLT は、「直交集成板の日本農林規格(JAS)」でラミナの品質が厳格に定められており、品質基準を満たさない製品は安価で取引されチップや燃料などに利用されている。一方で、土木用 CLT は、建設用に比べて表面品質や美観よりも機能が重視され、JAS 規格を満たす必要性は無い。さらに、ラミナの歩留まり向上や製造コストの削減によって、土木用 CLT の製造工程構築が、フィンガージョイント後のラミナの仕上げ切削工程の省略と言った工程改善を含めて検証されている。

そのため、今年度の実証試験では、虫食いや抜け節等により JAS 規格の品質基準に適合しない材料(以下、「土木用ラミナ」という)のみを用いた条件(試験条件 1)、ラミナの仕上げ切削工程を省略した条件(試験条件 2)、複数の樹種が混じる土木用ラミナを用いた条件(試験条件 3)において、GHG 排出量の算定を行った。また、上記の 3 条件を組み合わせた仕様を机上で検討し、土木用 CLT の製造における GHG 排出量の試算を行った。

なお、試験条件 1 及び 3 では、一般的な建築用 CLT の製造工程を踏襲し、使用するラミナ材のみを変更して製造されている。試験条件 3 では一般的な建築用 CLT の製造工程の中で、仕上げ切削工程のみ省略して製造されており、ラミナは建築用 CLT と同じ仕様である。

土木用 CLT の試験条件を表 2.4-1 に示す。また、各試験条件の土木用 CLT を写真 2.4-1～写真 2.4-3 に示す。

表 2.4-1 土木用 CLT の試験条件

試験条件	【試験条件1】 土木用ラミナのみを用いたCLT	【試験条件2】 仕上げ切削工程を省略したCLT	【試験条件3】 土木用ラミナ+樹種が混在するCLT	(試算)3条件をMIXさせたCLT
JAS規格におけるラミナの品質基準	適合しない(土木用ラミナ)	適合する(一般製品のラミナ)	適合しない(土木用ラミナ)	適合しない(土木用ラミナ)
状態の分類	丸み、腐れ、入り皮、虫食い、抜け節	JAS規格に適合する品質 (一般製品と同様)	JAS規格を満たさなかったため、 原材料として使用できなかったもの	・丸み、腐れ、入り皮、虫食い、抜け節 ・JAS規格を満たさなかったため、原材料として使用できなかったもの
樹種	スギ	スギ	スギ、ヒノキ、トドマツのMIX	スギ、ヒノキ、トドマツのMIX
接着剤	水性高分子イソシアネート系接着剤(一般製品と同様)			
幅はぎ接着	なし			
層構成、等級	3層3プライ、M×60			
ラミナ厚	26 mm	33 mm	30 mm	_※
ラミナ幅	103 mm	122 mm	122 mm	_※
製品厚	78 mm (26 mm×3層)	99 mm (33 mm×3層)	90 mm (30 mm×3層)	_※
含水率	15%以下(一般製品と同じ条件)			
グレーティング	全数測定(一般製品と同じ条件)			
製造工程	一般製品と同じ条件	フィンガージョイント後の 仕上げ切削工程のみ省略	一般製品と同じ条件	フィンガージョイント後の 仕上げ切削工程のみ省略

※ 机上検討のため、ラミナ厚、ラミナ幅、製品厚は考慮しないこととした。



写真 2.4-1 土木用ラミナのみを用いた CLT(試験条件 1)



写真 2.4-2 仕上げ切削工程を省略した CLT(試験条件 2)



写真 2-4.3 土木用ラミナかつ樹種が混在する CLT(試験条件 3)

(c)機能単位

土木用 CLT の機能単位は CLT マザーボード 1 m³とした。

(d)比較対象

土木用 CLT の比較対象は、現在、一般製品として製造されている建築用 CLT とした。
比較対象とした建築用 CLT は、土木用 CLT と同じく、CLT 製造工場(岡山県真庭市)で製造されているものとした。

(2)活動量及び原単位の設定

(a)土木用 CLT の製造フロー

算定対象である土木用 CLT の製造フローを図 2.4-2 及び図 2.4-3 に示す。なお、建築用 CLT の製造フローについては、図 2.4-2 で示した試験条件 1 及び 3 の製造フローと同様である。

本実証試験を実施した CLT 製造工場(岡山県真庭市)では建築用 CLT が製造されており、土木用 CLT は同じ製造ラインで製造試験を行っている。そのため、接着剤の塗布工程にはエクストルーダー(シャワー)方式を採用し、接着剤の塗布量は建築 CLT のそれと同じである。また、CLT 製造工場(岡山県真庭市)では KD ラミナ、Green ラミナの両方を用いて CLT 製造を行っているが、今回の算定では KD ラミナからの製造は考慮せず、すべて Green ラミナから製造されていることとした。

また、試験条件 2 では、ラミナの仕上げ切削工程が省略されており、建築用 CLT に含まれているモルダの電力使用量を控除しなければならないが、それを把握できなかったため、カットオフしている。カットオフ項目を表 2.4-2 に示す。

算定に用いた活動量は、製造工場への聞き取り等によって収集した。各条件における丸太の輸送距離など、製造

工場への聞き取り等で把握できない情報については、建築用 CLT と同様とした。

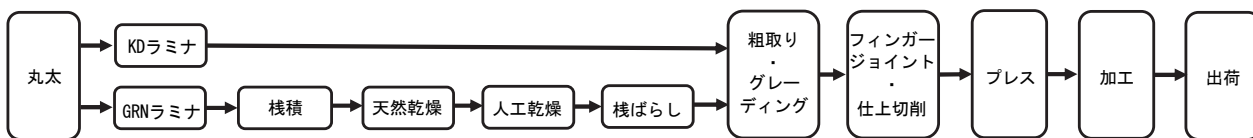


図 2.4-2 試験条件 1 及び 3 の製造フロー(建築用 CLT と同様)

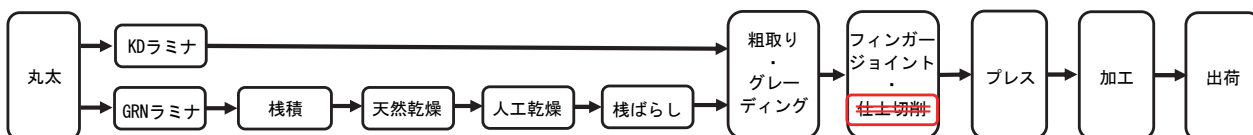


図 2.4-3 試験条件 2 の製造フロー

表 2.4-2 カットオフ項目

分類	カットオフ項目
製造	モルダラーの電力量

(b)活動量の設定

土木用 CLT の活動量は、各試験条件において建築用 CLT の活動量をベースとして、工程毎の歩留まりの差分を推計することで設定した。また、3 条件を MIX させた仕様についても、工程毎の歩留まりを推計し活動量を設定した。各試験条件における工程毎の歩留まりを表 2.4-3 に示す。

なお、活動量は機密情報に当たるため、詳細データは開示しないこととする。

表 2.4-3 各試験条件における工程と製造工程毎の歩留まり

試験条件	丸太→Green ラミナ製造時の歩留まり (建築用 CLT との差分)	乾燥ラミナ→CLT マザーボード 1 m ³ 製造時の歩留まり (建築用 CLT との差分)
【試験条件 1】 土木用ラミナのみ用いた仕様	49%(+7%)	83%(±0%)
【試験条件 2】 仕上げ切削工程を省略した仕様	42%(±0%)	94%(+11%)
【試験条件 3】 土木用ラミナかつ樹種が混在する仕様	44%(+2%)	83%(±0%)
(試算) 試験条件 1~3 を MIX させる仕様	51%(+9%)	94%(+11%)
建築用 CLT	42%	83%

(c)原単位の設定

活動量当たりの GHG 排出量の原単位は、中野らの論文²⁾及びインベントリデータベース IDEA (v3.1)から選定し、設定した。算定に用いた原単位を表 2.4-8 に示す。

表 2.4-8 算定に用いた原単位

工程	項目	IDEA 製品コード	根拠
丸太製造	丸太	中野らの論文 ²⁾ より引用	
ラミナ製造(電力)	電力	331131018pJPN	電力, 日本平均, 2018 年度
輸送	ラミナ輸送	441111234pJPN	トラック輸送サービス, 10トン車, 積載率_平均
	場内輸送(軽油)	171115801pJPN	軽油の燃焼エネルギー
乾燥	電力	331131018pJPN	電力, 日本平均, 2018 年度
	蒸気	120000801pJPN	廃木材の燃焼エネルギー
プレス	電力	331131018pJPN	電力, 日本平均, 2018 年度
	積層用接着剤	169412204pJPN	水性高分子イソシアネート接着剤
	フィンガージョイント用接着剤	169412204pJPN	水性高分子イソシアネート接着剤

2.4.2 算定状況の報告

土木用 CLT の算定結果は、各試験条件の工程毎に土木用 CLT と建築用 CLT の GHG 排出量の差分割合で示した。算定結果を表 2.4-9 及び図 2.4-4 に示す。

土木用 CLT の GHG 排出量は、すべての試験条件において歩留の改善により、建築用 CLT の排出量より削減されていた。なお、GHG 排出量の総量は、その差分割合も含めて機密情報に該当するため、開示しないが、3 つの試験条件の中では、仕上げ切削を省略した仕様(試験条件 2)における GHG 排出量の差分割合が大きかった。3 つの試験条件のうち、試験条件 1 及び 3 では丸太からラミナを製材する際の歩留まりが向上しているため、丸太生産に係る GHG 排出量はその分削減されている。試験条件 2 では、乾燥ラミナから CLT マザーボードを製造する際の歩留が改善することで、丸太生産から乾燥までの各工程において GHG 排出量が削減されている。

また、試験条件 1～3 を MIX させた仕様における試算結果では、丸太生産の GHG 排出量の差分割合が最も大きかった。

表 2.4-9 建築用 CLT と各試験条件の製造工程毎の GHG 排出量差分割合

試験条件		各条件における工程毎の GHG 排出量差分割合(%)				
		丸太生産	ラミナ製造(電力)	輸送	乾燥	プレス
試験条件 1	土木用ラミナのみ用いた仕様	-13.9	0	0	0	0
試験条件 2	仕上げ切削工程を省略した仕様	-11.7	-11.7	-9.6	-3.6	0
試験条件 3	土木ラミナかつ樹種が混在する仕様	-4.1	0	0	0	0
(試算)	試験条件 1～3 を MIX させた仕様	-26.9	-11.7	-9.6	-3.6	0

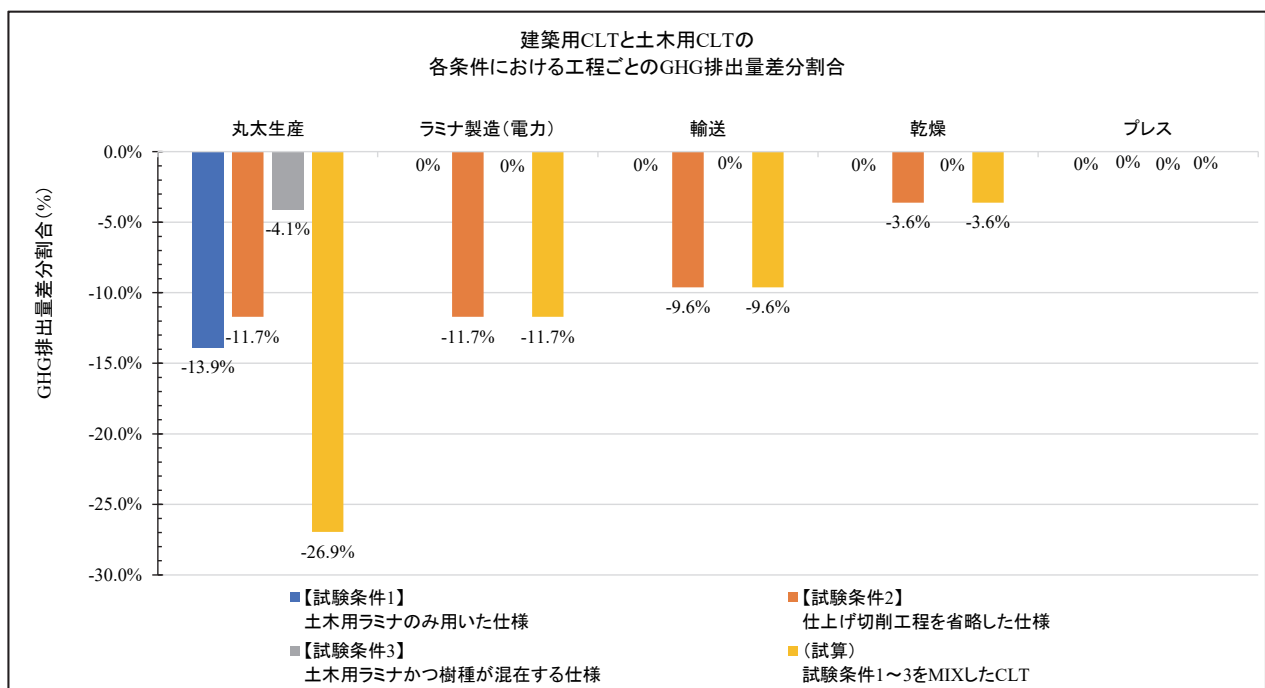


図 2.4-4 GHG 排出量算定結果

2.4.3 考察

今年度の実証試験で得られたインベントリデータに基づく算定結果では、土木用ラミナのみを用いた仕様(試験条件 1)、仕上げ切削工程を省略した仕様(試験条件 2)、土木用ラミナかつ樹種が混在する仕様(試験条件 3)を比較した場合、GHG 排出量の建築用 CLT との差分割合が最も大きかったのは仕上げ切削工程を省略した仕様(試験条件 2)であった。また、試験条件 1~3 を MIX させた仕様の試算結果から、3 条件を MIX させることは GHG 排出量の削減に寄与することが確認された。

今回の土木用 CLT の GHG 排出量の算定は、歩留改善のみで建築 CLT に対する削減効果を差分割合で評価しているが、今後は土木用 CLT で要求される強度性能や接着性能等も踏まえた機能単位における算定を実施すべきであると考え。また、土木用 CLT の開発による歩留の改善は、建築用ラミナでは端材とされていた材の有効利用につながり、コスト面での効果が期待できることから、今後のさらなる検討が期待される。

参考文献

- 1) Katsuyuki Nakano, Wataru Koike, Ken Yamagishi & Nobuaki Hattori: Environmental impacts of cross-laminated timber production in Japan, *Clean Technologies and Environmental Policy*, 22, 2193–2205, 2020
- 2) Katsuyuki Nakano, Naoki Shibahara, Toshifumi Nakai, Keisuke Shintani, Hiroataka Komata, Masahiro Iwaoka, Nobuaki Hattori: Greenhouse gas emissions from round wood production in Japan, *Journal of Cleaner Production*, 170, 1654-1664, 1 January 2018

第3章

CLT 土木利用の

ポテンシャルに関する基礎調査

3.1 開発候補製品のポテンシャル調査

本節では、CLT の土木利用を推進するにあたり、各利用技術(開発候補製品)への CLT の導入を想定して、各製品のポテンシャルを整理する。

3.1.1 プラットフォーム

(1) ターゲット市場規模の推計

CLT のプラットフォーム利用を想定して、鉄道駅プラットフォームのストック数量の推計を表 3.1-1 に示す。全国の駅数は、JR、民鉄/公営を合計して約 10,000 カ所となっている。

鉄道駅に関する公的機関による統計としては、国土交通省の「鉄道統計年報」がある。同統計においては、全国の「停車場」の総面積が記載されており、令和元年度の統計では、民鉄合計 29,040,000 m²、JR 各社合計 105,910,000 m²、合計で 134,950,000 m²となっている。ただし、同統計の「停車場」には、プラットフォームのみならず、駅舎の建物や信号場、操車場などが含まれているため、同統計からは正確なプラットフォームのストック面積の把握は困難である。

数値の推計にあたっては、1 プラットフォームあたりの平均的な面積を把握し、駅数を掛け合わせる形で推計している。駅によりプラットフォームの面積には大きな違いがあるものの、ホームの長さは停車する列車の長さを基に設計されており、概ね 200 m 程度が平均的とみられる(都心の東京・山の手線の駅で 230 m、東京駅の最も長いホームで 270 m 程度)。ホームの幅は設計指針で最低 2 m(中央部では 3 m)以上と定められており、5 m～10 m が標準的とされている。従って、1 ホームあたりの平均を約 1,500 m²と推計し、これを基準とした。

1 駅あたり複数のプラットフォームが設置されるケースも多く、ターミナル駅など大規模な駅になるほどプラットフォームが多く設置されている。一般的には、島式 2 面 4 線や、島式 1 面 2 線、相対式 2 面 2 線などが多い。国土交通省の資料をベースに 1 駅あたりの平均的な設置プラットフォーム数を 1.7 面と仮定し、1 ホームあたりの基準面積と駅数を掛け合わせることで、推計を行った。

その結果、プラットフォームの総面積(ストック)は、令和 3(2021)年度で 25,500,000 m²であり、「鉄道統計年報」による「停車場」の総面積 134,950,000 m²の 2 割弱程度を占めるとみられる。

表 3.1-1 鉄道駅プラットフォームのストック量の推計結果

(単位:m²、%)

	令和 3(2021)年度(実績)	令和 4(2022)年度(見込)
数量	25,500,000	25,500,000
前年比	-	100.0

推計値。数値はストック総数を示す。

(2) 市場を取り巻く環境及び市場構造の特徴

プラットフォームの総数は、基本的に駅数の増減に影響される。鉄道駅は、過疎化などによる利用者数の減少に伴う駅の廃止や一定区間の廃線などにより減少し、鉄道の延伸や新線の開通、周辺エリアの開発などに伴って新駅が設置される。

国土交通省からデータが公表されている令和元(2019)年度までの近年の推移は表 3.1-2 のとおりとなっている。同期間においては、民鉄/公営が増加しているのに対して、JR 各社は一貫して減少しており、全駅数の合計では平成 29(2017)～30(2018)年度は減少しつつも、令和元(2019)年度は再び増加傾向を示している。都市部を中心に事業を展開する民鉄/公営各社に対して、JR は過疎地を含む地方での展開が多く、近年は特に過疎に伴う廃線や駅廃止が多くなっている。

平成の全期間(1989年～2018年度)においては、新駅の設置は 1,050 箇所を超え、廃止された駅は 700 箇所前半とされており、中長期的に見れば順調に駅数は増加している。鉄道による旅客輸送量は、1980 年代後半のバブル期に急速に増加し、その後は緩やかな増加傾向を示していた。

令和 2(2020)年以降は、新型コロナウイルス感染症の影響で旅客輸送量は減少している。令和 5(2023)年 1 月現在、国土交通省の「鉄道統計年報」では令和 2(2020)年度～令和 3(2021)年度の駅数は公表していないが、目立った新駅の設置計画がない一方、北海道の札沼線、日高線など廃線に伴う駅廃止の案件が多いことから駅総数は減少で推移したとみられる。

ただし、令和 4(2022)年以降は新線、新駅の開業計画が予定されており、今後駅数が大幅に減少することもないと予想される。

表 3.1-2 鉄道駅数のストック数

(単位:箇所)

	全国の駅数(ストック数)			
	H28(2016)年度	H29(2017)年度	H30(2018)年度	R 元(2019)年度
合計	10,004	9,996	9,989	10,038
民鉄/公営	5,198	5,194	5,226	5,277
JR 各社	4,806	4,802	4,763	4,761

国土交通省「鉄道統計年報」より抜粋

表 3.1-3 に、近年開業した新線及び今後開業予定の新線を整理した。今後も多くの新線開通に伴い新駅が設置される予定となっている。ここには令和 7(2025)年度までの主な延伸計画を記載しているが、それ以降についてもリニア中央新幹線(品川～名古屋)、アストラムライン(広域公園前～西広島、令和 10(2028)年度開業予定)、JR 羽田空港アクセス線(田町付近～羽田空港、令和 11(2029)年度開業予定)、大阪モノレール(門真南～瓜生堂、令和 11(2029)年度開業予定)などが予定されている。

令和 12(2030)年度以降も北海道新幹線(新函館北斗～札幌)、東京メトロ南北線(白金高輪～品川)、東京メトロ有楽町線(豊洲～住吉)、都心部・臨海地域地下鉄(東京～有明・東京ビッグサイト)、都営大江戸線(光が丘～大泉学園町)、小田急多摩線(唐木田～相模原)、リニア中央新幹線(名古屋～新大阪)、北陸新幹線(敦賀～新大阪)、なにわ筋線(北梅田～JR 難波・新今宮)など大型プロジェクトが多数計画されており、多くの新駅設置が見込まれている。

また、表 3.1-4 のように新線以外の既設の路線においても、周辺地域の開発状況や利便性向上を目的に新駅の設置計画が進められる事例も多くみられている。

表 3.1-3 近年の主な新駅開業 及び今後の開業予定

開業年度	路線名	延長(Km)	新駅設置状況(計画)
H30 (2018) 年度	JR おおさか東線 (新大阪～久宝寺)	20.3	4 駅(南吹田、JR 淡路、城北公園通 JR 野江)
R 元 (2019) 年度	相鉄 JR 直通線(西谷～羽沢横浜国大前)	2.7	1 駅(羽沢横浜国立大)
	ゆいレール延伸(首里～てだこ浦西)	4.1	4 駅(石嶺駅、経塚駅、浦添前田駅、てだこ浦西)
令和 2(2020)～令和 3(2021)年度は新たに開業した新線はなし			
R4 (2022) 年度	西九州新幹線(武雄温泉～長崎)	66.0	3 駅(嬉野温泉、新大村、諫早)
	相鉄・東急新横浜線(羽沢横浜国大前～日吉)	12.1	2 駅(新横浜、新綱島)
	福岡市営地下鉄七隈線(博多～天神南)	12.0	1 駅(櫛田神社前駅)
R5 (2023) 年度	北陸新幹線(金沢～敦賀)	125.0	6 駅(小松、加賀温泉、芦原温泉、福井、南越、敦賀) ※新設は芦原温泉、南越。他は既存駅に併設。
	北大阪急行線(千里中央～新箕面)	2.5	2 駅(箕面船場阪大前、箕面萱野)
R6 (2024) 年度	ひたちなか海浜鉄道(阿字ヶ浦＝国営日立海浜公園西口前)	3.1	1 駅

平成 30(2018)～令和 7(2025)年度までの主な新線開業の実績及び計画
(ただし新駅設置の計画がないもの、駐車場の設置となるものは除く)

表 3.1-4 その他の新駅の整備計画 令和 5(2023)年度以降

開業年度(予定)	新駅名	エリア
R5(2023)年度以降	JR 千歳線「日本ハムボールパーク新駅」	北海道
R5(2023)年 3 月	JR 田沢湖線「前潟駅」	岩手県
R5(2023)年春	JR 京葉線「幕張豊砂駅」	千葉県
R14(2032)年頃	JR 東海道線「村岡新駅」	神奈川県
R7(2025)～8(2026)年頃	JR「上所駅」	新潟県
R6(2024)年 3 月	名古屋鉄道河和線「高横須賀・南加木屋間新駅」	愛知県
R6(2024)年度	北陸本線「西松任駅」	新潟県
R8(2026)年春	JR 山陽本線「姫路・英賀保間新駅」	兵庫県
R5(2023)年度	西日本鉄道本線「雑餉隈・春日原間新駅」	福岡県
R6(2024)年度	日豊線「磯新駅」	鹿児島県
R7(2025)年	鹿児島線「貝塚新駅」	鹿児島県

新線の整備や新駅の設置計画が多い反面、地方を中心に廃線や駅の廃止も相次いでいる。近年では、2018 年に JR 西日本の三江線・江津駅～三次駅や、令和 3(2021)年に JR 北海道による日高線・鶴川駅～様似駅が廃線となるなど大規模な廃線が行われている。

特に JR 北海道においては、平成 28(2016)年 11 月に単独では維持管理が難しい線区を公表し、現況や新たな交通サービスについて地元への説明を実施し、令和 2(2020)年以降も廃線、駅の廃止を行うケースが目立っている。

また、JR 東日本の気仙沼線や大船渡線については、平成 23(2011)年に発生した東日本大震災の影響で施設が破壊され、BRT(バス高速輸送システム)への代替が行われたことで、令和 2(2020)年に廃線となっている。BRT については、専用の道路を走ることによって遅延が少なく、鉄道と比較して運用コストが低いメリットがあり、ローカル路線から代替されるケースも増加しつつある。

近年の主な廃線状況及び廃線計画は表 3.1-5、図 3.1-1 のとおりとなっている。

表 3.1-5 近年の主な廃線/廃駅状況 平成 30(2018)年以降

事業者	区間		延長 (km)	廃線時期	廃駅 数
JR西日本	三江線	江津駅～三次駅(廃線)	108.1	H30(2018)年4月	35
JR北海道	石勝線	新夕張駅～夕張駅(廃線)	16.1	R元(2019)年4月	6
JR東日本	気仙沼線	柳津駅～気仙沼駅(廃線)	55.3	R2(2020)年4月	-
JR東日本	大船渡線	気仙沼駅～盛駅(廃線)	43.7	R2(2020)年4月	-
JR北海道	札沼線	北海道医療大学駅～ 新十津川駅(廃線)	47.6	R2(2020)年5月	16
JR北海道	日高線	鶴川駅～様似駅(廃線)	116.0	R3(2021)年4月	24
JR北海道	函館本線	池田園駅、流山温泉駅、銚子口駅、 石谷駅、本石倉駅(廃駅)	-	R4(2022)年4月	5
JR北海道	花咲線	糸魚沢駅(廃駅)	-	R4(2022)年4月	1
JR北海道	宗谷本線	歌内駅(廃駅)	-	R4(2022)年4月	1
JR北海道	留萌線	石狩沼田 - 留萌	35.7	R5(2023)年4月	-
JR北海道	留萌線	深川～石狩沼田駅	14.4	R8(2026)年3月	-

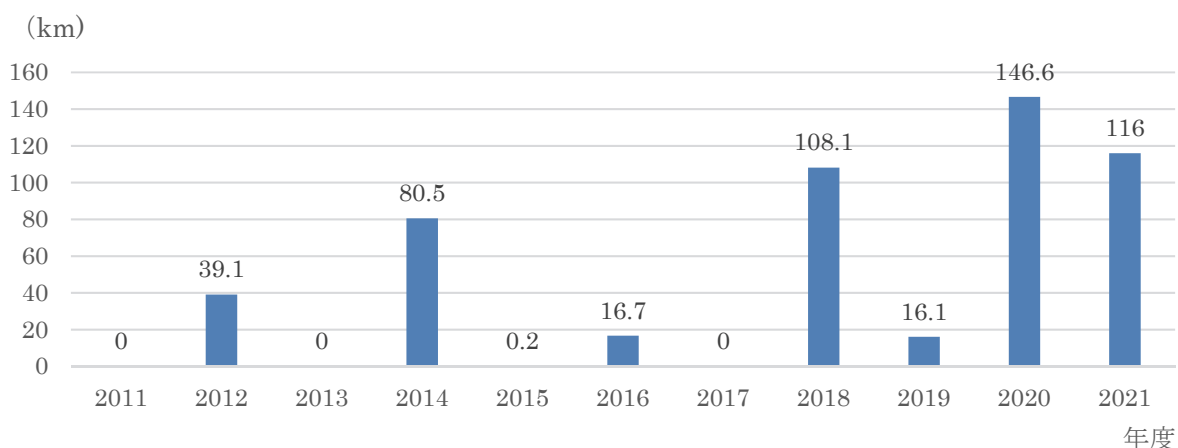


図 3.1-1 鉄道の廃線状況 (該当年度の廃止 km 数)
(国土交通省資料より抜粋)

鉄道事業者の業界構造を図 3.1-2 に示す。鉄道事業者は、全国で 213 社あり、うち一般利用者を運輸する旅客鉄道が 203 社、貨物鉄道が 10 社となっている。

全国に 213 社ある事業者をカテゴリ別に分けて旅客輸送量を見ると、人ベースでは、都市部に通勤路線を多く持つ大手民鉄(16 社)や JR(6 社)が総輸送量の 4 割前後で多く、次に都市部で地下鉄や路面電車を運営する公営(11 社)、最も少ないのが地方交通(165 社)である。一方、人キロベースでは、新幹線をはじめ幹線輸送網を有する JR が総輸送量の 6 割を超え、大手民鉄の 2 倍以上となっている。

事業者別の旅客輸送量では、東日本旅客鉄道(650,715 万人)、東京地下鉄(276,500 万人)、西日本旅客鉄道(191,156 万人)、東京急行鉄道(116,603 万人)の順で多くなっており、東京都、大阪府など大都市部の事業を展開する事業者が上位となっている。

駅プラットフォームについては、鉄道事業者が事業主体となり、設計、施工を外部企業に発注し、さらに元請けの設計コンサルタントやゼネコンから、各下請けとなる専門業者に外注される。鉄道事業者がグループに設計コンサルタントやゼネコンなどを抱えているケースもあり、長年の実績から鉄道工事には技術的な強みを持っている。一般的には鉄道施設のほか、沿線開発における大規模建築物や再開発などを手掛ける企業が多くなっている。市場構造を捉えるため、市場におけるプラットフォームという製品の特性を、表 3.1-6 に整理する。

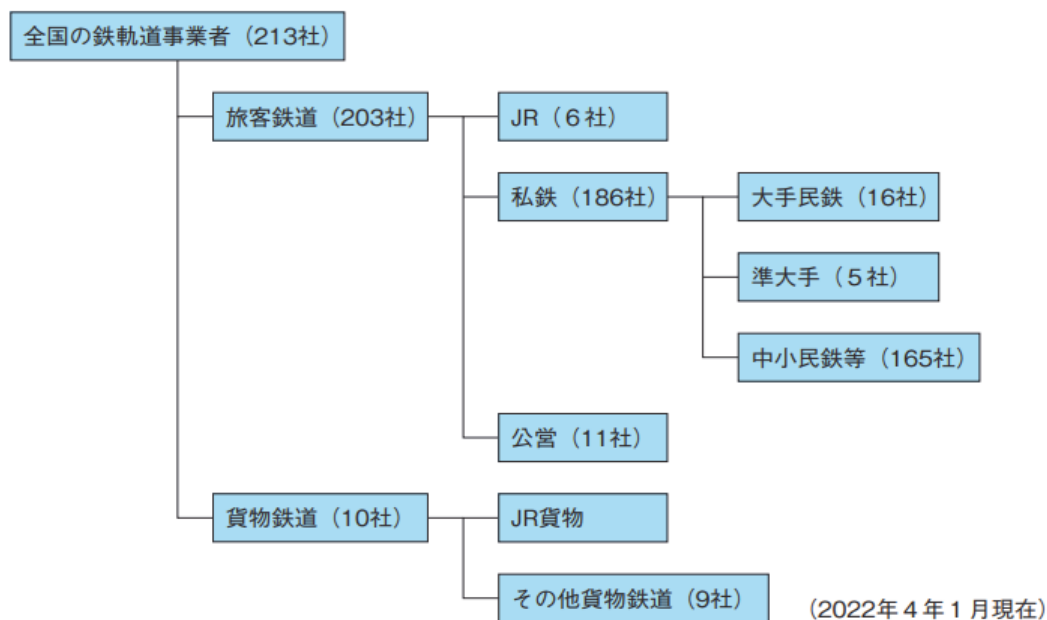


図 3.1-2 鉄道事業者の業界構造
(国土交通省まとめ)

表 3.1-6 プラットフォームの特性

確認項目	製品特性
<p>耐久性 (耐用年数、 使用頻度、 回転率など)</p>	<p>鉄道施設のコンクリート構造物の耐用年数は40年程度とされているが、実際には明治以降、昭和20代以前に建設された施設も多数残っている、 使用頻度としては、毎日長時間にわたり利用されるものであり、ホームを複数の区間に分割した上で順次、夜間などに一部表層の補修などが実施されるケースがみられる。 ただし、近年需要が拡大しているホームドアの設置において、設置部分の既設ホームを一度撤去した上で、新たに設置する工事も多くなっている。</p>
<p>利便性 (定尺の可否、 運送利便性、 保管方法、 廃棄方法など)</p>	<p>ホームの大きさについては、各施設の設計によるが、基本的には、国の基準(「鉄道構造物設計標準」など)に基づき、各鉄道会社が独自の設計基準を作成している。①ホームの長さは列車の長さ(最も前方にある乗降口の前端から、最も工法にある乗降口の後端にあり、乗降に支障がない長さ)、②幅は両側を使用する場合は、中央部が3m以上、端部を2m以上、片側のみを利用する場合は中央部が2m以上、端部を1.5m以上と定められている。 運送については、現場でのコンクリート打設やアスファルト舗装などが基本となるが、プレキャスト化が進展することで、現場での作業を極力減らす方向性にある。特にリニューアルやホームドアの設置においては、施工における制限が多いことから、プレキャスト化や軽量化がより重要となっている。擁壁やPC板等の敷設にあたっては、軌陸トラックやクレーン等を活用して設置することが多い。</p>
<p>流通関係</p>	<p>駅施設については、鉄道会社から設計、施工共に発注され、ゼネコンや設計事務所などの元請け業者 → 一次下請業者 → 二次下請業者などに流れる多層構造となっている。 プレキャストなど省施工工法については、ゼネコンなどが開発しており、積極的な提案を行っている。</p>
<p>利用する際の 既存の決まり事 など</p>	<p>各鉄道会社の設計基準により、設置されるものとなっている。</p>

(3) 木製板状部材（合板・CLT・LVB・その他）の採用状況及び素材別の市場構成

鉄道駅のプラットフォームにおいては、一般的に木製板状部材は利用されていない。国内において、事例として利用されたケースは一部を除いて殆どみられない(表 3.1-7)。

プラットフォームの構造については、一般的に盛土式、コンクリート構造物、鋼構造物に大別される。左図は、盛土式の例で鋼管杭を打ち込むことで、荷重を支持し、土台部分は H 形鋼、その上にキーストンプレート(鋼材)などが敷かれ、さらにコンクリート製の床版(鉄筋、PC 鋼線を利用したスラブ)が敷かれる。

表面は、コンクリートもしくはアスファルト舗装、タイル張りされることが大半であり、特にコンクリート、アスファルト舗装の割合が多いとみられる(図 3.1-3)。

表 3.1-7 プラットフォームにおける木製板状部材の採用状況(推計値) (単位: m²、%)

素材別		市場規模	構成比
木材	合板	0	0.0
	CLT	0	0.0
	LVB	0	0.0
	その他	僅少	-
	小計	僅少	-
その他	アスファルト	10,200,000	40.0
	コンクリート	10,200,000	40.0
	セラミックタイル	5,100,000	20.0
	その他	僅少	-
合計		25,500,000	100.0

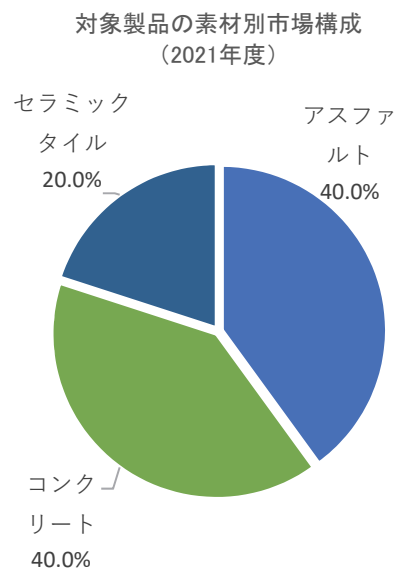


図 3.1-3 プラットフォーム表面仕上げの割合

構造部についてはプレキャスト化が進んでいるほか、近年はホームドアの設置が進んでおり、利用者 10 万人/日以上
の駅から優先的な導入が進んでいる。ホームドアの設置においては、ホームドア自体の重の対策を行う必要があり、荷
重に耐えうる基礎構造への改良が求められる。ホームに利用されるスラブに繊維補強コンクリート、施工性に優れた杭な
どを利用した新たな工法が開発されている(図 3.1-4)。

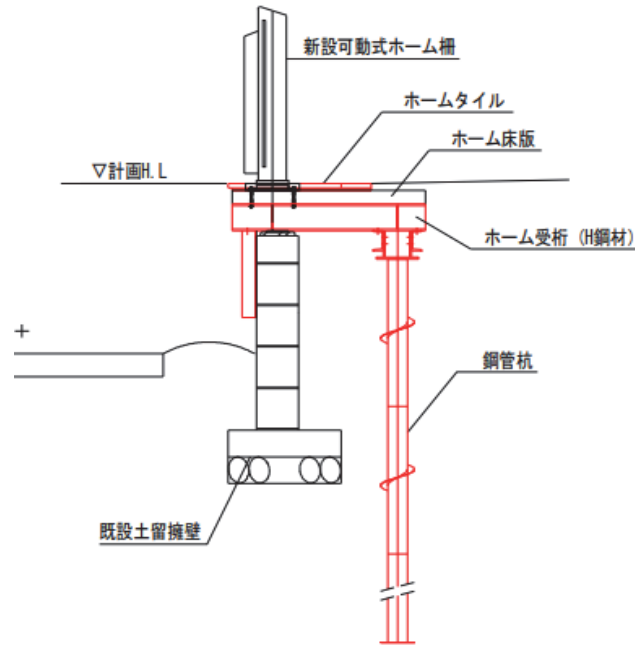


図 3.1-4 ホームドアの基礎構造の例

(4) 今後の木製板状部材採用に関する市場可能性

鉄道駅の駅舎(建物)においては、近年、木材利用促進の観点から、新設やリニューアル時において、地域産材を活
用する事例が目立っている。建物内外、改札内外を問わず、様々な部位で利用されているが、改札内においては、ホー
ム上の屋根、天井や支柱、ベンチ、通路の壁面や屋根などへの採用が多い。

プラットフォームの表層については、富山地方鉄道の稲荷町駅など一部の採用事例がみられるものの、木材の利用
は強度や腐食の問題があることから、現在は木調とみられるものでも多くは表層をプリントシートなどで装飾したタイルな
どが多く利用されている。ただし、JR 東日本において表層下部のホーム床版に木材が採用され、簡易ホームとして利用
された事例もみられるが、木材の利用は、腐食や耐久性の面から課題が多く、コンクリートと比較して高い頻度での取り
換えが必要であり、長期間での利用にはコスト増大が課題となる。

プラットフォームの木材利用を本格化させるには、他素材と比較して遜色のない耐久性の向上が求められる。

【鉄道駅プラットフォームに木材を利用した JR 東日本の事例】

鉄道駅のプラットフォームにおいて、木材の利用はほとんど見られないものの、一部簡易プラットフォームとして採
用された事例がみられる(写真 3.1-1、図 3.1-5)。

JR 東日本では、木材や仮設材を利用し、コンクリートの基礎の上に仮設足場で利用されるビデ足場を支柱に、杉
角材を縦・横の桁材、杉板やベニヤ板を床材として使用して、表面にアスファルトを敷いたものを利用していた。

簡易ホームの設置については、平成 8(1996)年の千葉県内のダイヤ改正に合わせて新型車両が導入され、ホー
ム長が不足した 7 駅に設置されたものである。各駅の不足分に合わせて 5 m から 30 m の長さでつくられ、その後も
15 年以上は利用され続けた。材料費や加工費が安価であり、重量物を使用しないため、人力での施工を可能とし、
施工費が安価になる利点があり、通常のコストの 1/3 に抑えられ、基礎工事後はパーツを人力で組み合わせるプレ
ハブ式のため、約 1/3 の工期で設置可能であった。

反面、木材を利用するため、腐食しやすく、定期的なメンテナンスを必要とするデメリットがある。雨水が床板上に

溜まることもあり、5年周期で床板の交換を実施していた。床板の張替えに関しては、新規に設置する場合の工事費と比較して、約1/3程度のコストで実施可能で、築14年が経過した時点で計2回の張替えを実施している。さらに杉角材を利用した桁については、概ね15年でたわみが出ており、取り換えの必要が生じた。床材と桁の取り換えには、新設する場合のコストの約1/2であり、15年間でのメンテナンス費用の合計では、5年ごとの床版の交換、15年に1度の桁材の取り換えが必要であり、新設する場合のコストを超えてしまう計算となる。

従って一般的な鋼製・コンクリート製のプラットフォームと比較すると、短期的な利用においては木材の利用はコストメリットが出るものの、長期での活用は難しいとみられる。



写真 3.1-1 簡易プラットフォーム

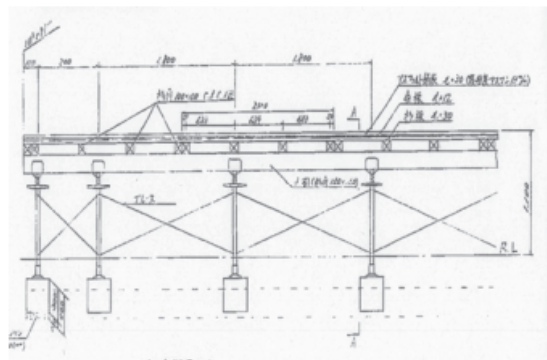


図 3.1-5 簡易プラットフォームの図面

3.1.2 敷板

(1) ターゲット市場規模の推計

(a) 敷鉄板（鋼製の敷板）

表 3.1-8 に、敷鉄板のメーカー出荷ベースの市場規模推移を推計した結果を示す。敷鉄板の市場は、令和 3(2021)年度実績が数量ベースで概ね 100 万枚、面積ベースで約 500 万 m²と推計される。敷鉄板に関する統計は整備されていないが、業界では年間約 50 万t程度とみられており、平均的な 1 枚あたりの重量を約 0.5t と仮定した。

面積ベースについては、3 尺×6 尺(=約 1.5m²)から 5 尺×20 尺(=約 9m²)まで幅広いが、1 枚平均約 5 m²と仮定し、市場規模を推計した。

近年は、大きな増減はみられず、比較的安定した推移となっており、令和 7(2025)年度までの中期予測においても比較的堅調な市場推移が予想される。

表 3.1-8 敷鉄板のメーカー出荷ベースの市場規模推移(単位:枚、m²、百万円、%)

	令和 3(2021)年度(実績)	令和 4(2022)年度(見込)
数量(枚数ベース)	1,000,000	1,000,000
前年比	-	100.0
数量(面積ベース)	5,000,000	5,000,000
前年比	-	100.0
金額ベース	65,000	65,000
前年比	-	100.0

ヒアリングを基に推計

メーカー出荷ベースによる統計データは存在しないが、敷板市場はリースによる販売が多く、リース会社による保有量については、一般社団法人 軽仮設リース業協会が実施する統計数値がある。表 3.1-9 では、リース会社による敷鉄板の保有量を推計している。

市場規模の推計においては、一般社団法人 軽仮設リース業協会が 2 年に 1 回実施している「軽仮設材の保有量に関する事態調査」の数値(金額ベース)を活用している。(ただし、同調査の最新データは令和 2(2020)年度の数値となる)

概ね 127 億円程度の敷鉄板をリース会社が保有しており、保有量としては令和 2(2020)年度までは微増傾向となっている。

なお、ベースとなる一般社団法人 軽仮設リース業協会の統計は、同協会員のみを対象としており、鉄鉄板のリースを積極的に行う鉄鋼系リース会社の加盟が少ないことから、上記市場規模は実態よりもかなり小規模であるとみられる。

敷鉄板の利用は、工事規模により大きく異なり、工事 1 案件あたり 10 枚程度しか利用されないケースから百枚単位で利用されるケースまで幅広い。基本的には道路、橋梁などの公共工事や建築工事における地盤工事、基礎工事、外構工事などの土木工事で利用される。近年では、令和 3(2021)年に実施された東京オリンピック・パラリンピック関連の工事が多く実施されたことにより、敷板利用の稼働率も高い水準で推移した経緯がある。

また、敷板利用の稼働においては、公共工事が集中する 12 月～2 月頃までが多くを占めており、閑散期となる 4 月～9 月はほとんど動かず、時期によっても大きく稼働率は異なる。保有量全体に占める稼働率としては、おおむね平均 3～4 割程度とみられる。

令和 5(2023)年度以降の市場については、敷板の主要用途となる土木工事の実施状況に影響を受ける。公共事業の新設案件は中長期的にも減少傾向にあるものの、国土強靱化の一環として、既設の道路、橋梁などの土木構造物の改修・リニューアル案件、大規模自然災害を想定したレジリエンス対策としての需要拡大が期待されている。

特に高速道路を管轄する NEXCO 各社(東日本、中日本、西日本)においては、高速道路のリニューアルプロジェクトとして工事を数十年単位で継続的に発注するとみられることから、建設投資が大幅に減少していくことは考えにくい。

一方で、近年急速に普及している樹脂製敷板などは高い機動性や軽量・安価である利便性から敷鉄板からの代替が予想され、素材間の競争激化が進むことが想定される。令和 4(2022)年以降は特に鉄の価格高騰などの影響もあり、鉄から樹脂への移行が進んでいるとみられる。

表 3.1-9 リース会社による敷鉄板の保有量(単位:百万円、%)

		令和 3(2021)年度(実績)	令和 4(2022)年度(見込)
金額		12,700	12,700
	前年比	-	100.0

一般社団法人 軽仮設リース業協会「軽仮設材の保有量に関する事態調査」の数値をベースに推計

(b) 樹脂敷板

樹脂敷板は、敷鉄板と比較すると新しく、米国のチェッカーズ社が生産している「ブラシキ」の輸入が国内市場での普及の始まりとみられる。平成 23(2011)年に発生した東日本大震災後の復興需要の高まりで、敷鉄板が不足したことで、代替品としての樹脂敷板に対する認知度が高まり、市場が本格化した。その後、国内メーカーの参入が増加し、敷鉄板の 1/10 以下という軽量性がゼネコンや工業者に受け入れられることで、市場は拡大の一途を辿っている。

樹脂敷板に関する統計データなどは整備されていないが、参入メーカーによる業界での売上高合計は概ね年間 30 億円規模とみられ、1 枚当たりのメーカー出荷価格は平均で約 12,000 円程度と想定される。従って、数量ベースでは約 250,000 枚程度と推計される(表 3.1-10)。

敷板の 1 枚あたりのサイズとしては、樹脂敷板は敷鉄板と比較するとバリエーションに乏しく、3×6 尺、4×8 尺などの小さ目のラインアップが中心となっている。敷鉄板ではラインアップされている 5×10 尺、5×20 尺などでは、樹脂敷板採用の最大のメリットである重量が大きく増加してしまい、サイズを制限する要因となっている。従って、上表の m² ベースの推計にあたっては、1 枚あたりの面積を約 2.5 m² として計算した。

表 3.1-10 樹脂敷板のメーカー出荷ベースの市場規模推移(単位:枚、m²、百万円、%)

	令和 3(2021)年度(実績)	令和 4(2022)年度(見込)
数量(枚数ベース)	250,000	267,000
前年比	-	106.8
数量(m ² ベース)	625,000	667,000
前年比	-	106.7
金額	3,000	3,200
前年比	-	106.7

ヒアリングにより推計

樹脂敷板の特徴については、①軽量性によるコストダウン、②省力化・安全性、③騒音緩和、④盗難にあいにくいこと、などを挙げることができる。コストダウンについては、1 枚あたり数百 kg～1 t 以上の敷板と比較して、1 度に大量に運べることから運送費を低く抑えやすい。ただし、リース料金については、一般的に敷鉄板と比較して割高であり、長期で利用する場合は敷鉄板の方が安くなるケースもある。

省力化・安全性については、敷鉄板の場合は敷設や移動にはクレーンなどの重機の利用が必須となり、さらに作業員のケガや死亡事故につながりやすいのに対して、樹脂敷板は人力で移動、設営できるメリットがあり、作業員の安全性も確保しやすい。さらに重機が敷板の上を走行するときなど、樹脂敷板については騒音を緩和しやすいメリットがある。

盗難については、敷鉄板についてはスクラップ価格が高く、夜間など人目につかない工事現場からの盗難されるケースがあるが、樹脂敷板の場合は転売価格も低く、盗難にあいにくいとされている。

反面、樹脂敷板採用のデメリットとしては、強度の問題が大きく、重量のある重機での利用が難しいことや、耐用年数が短いことを挙げることができる。

利用用途としては、工事現場、イベント、農業用としての利用が中心となっており、工事現場での利用が大半を占めている。工事現場については、重量のある重機を利用しない小規模な現場での採用が中心となり、大規模な土木工事よりは、戸建住宅や小規模店舗などの現場での採用が多い傾向がみられる。

また、イベント関連では屋外の歩行路としての設置や芝生の養生用、仮設駐車場用などとして使われ、会場の広さによっては大量に利用されることもある。

1 案件における利用枚数は、1 枚単位での利用から、大規模イベントなどでの採用で数百枚程度まで利用されることがある。

樹脂敷板市場については、年率 5～10 %程度で伸長しているとみられ、令和 2(2020)年の新型コロナウイルスによる

イベント需要の一部停滞など若干の影響を受けたものの、工事向けの需要が一貫して堅調であり、敷鉄板からの代替により右肩上がりの状況が続いている。今後も当面は好調な市場推移が予想されるものの、比較的小規模な工事現場に用途が限定されることもあり、敷鉄板市場の一定割合が切り替わった段階で、市場は頭打ちとなることも予想される。

(2) 市場を取り巻く環境及び市場構造の特徴

表 3.1-11 は、一般社団法人軽仮設リース業協会が 2 年に 1 度実施している「軽仮設材の保有量に関する実態調査」の数値データをまとめたものである。軽仮設資材保有量全体では、平成 22(2010)年から令和 2(2020)年まで一貫して右肩上がりが継続しており、最新の令和 2(2020)年の実績では、6,571 億円となっている。

同調査の対象では、軽仮設資材は以下のように分類されており、敷板は「養生材等」に含まれている。

- 枠組み足場類(枠組足場、くさび式足場、手摺先行部材等、長尺足場板、吊り足場、移動室内足場、脚立)
- 低層住宅用足場(一側足場)
- 型枠類(鋼製型枠)
- 支保工類(パイプサポート、システム支保工、四角支柱、支保梁、大型支保工)
- パイプ類(丸パイプ、角パイプ、クランプ類)
- 養生材等(仮囲い、メッシュシート、安全ネット、防音パネル、防音シート、仮設ハウス、備品、敷鉄板、保安機材)
- 上記に属さない機材(台車、レンタル用パレット、その他)

表 3.1-11 樹脂敷板のリース会社による保有量(金額ベース)(単位:百万円、%)

	H22(2010)年	H24(2012)年	H26(2014)年	H28(2016)年	H30(2018)年	R2(2020)年
軽仮設資材保有量全体	465,576	500,203	576,786	620,983	630,893	657,106
前回比	-	107.4	115.3	107.7	101.6	104.2
養生材等全体	70,816	73,114	88,804	82,983	86,959	84,105
前回比	-	103.2	121.5	93.4	104.8	96.7
敷鉄板	10,622	10,967	13,321	12,447	12,617	12,757
前回比	-	103.2	121.5	93.4	101.4	101.1
敷鉄板/養生材全体	15.0%	15.0%	15.0%	15.0%	14.5%	15.2%

一般社団法人 軽仮設リース業協会「軽仮設材の保有量に関する実態調査」より抜粋
ただし、「敷鉄板」のデータの公表は、2018 年度と 2020 年度のみのため、他年度の数値は、推計値

同調査では、敷鉄板の市場規模(リース会社による保有量)は、令和 2(2020)年度実績で 127 億 5,700 万円となり、近年は微増傾向となっている。同製品は、軽仮設資材保有量全体の増減傾向とほぼ連動しているとみられる。

リース会社による保有量は、若干のタイムラグがみられるものの、国内の建設投資額全体の影響が大きい。

図 3.1-6 は、軽仮設材保有量全体市場の推移と建設投資額の相関を示したものである。建設投資額については、国土交通省の「令和 4 年度建設投資見通し」のデータを引用した。

「敷鉄板」の保有量については、概ね軽仮設材保有量全体市場と連動するものと考えられる。建設投資は、平成 7 (1995) 年度以降は右肩下がり状況が平成 22 (2010) 年度頃まで継続しているものの、平成 23 (2011) 年に発生した東日本大震災後の復興需要などもあり、平成 24 (2012) 年度～令和 2 (2020) 年度までは反転し、増加傾向が続いている。特に令和 2 (2020) 年度は当初東京オリンピック・パラリンピックの開催が予定されていたこともあり、建設投資が盛り上がり、令和 3 (2021) 年度以降も比較的安定した推移が見込まれている。

軽仮設保有量全体市場については、平成 12 (2000) 年度を最大とし、以降平成 20 (2008) 年度まで下落傾向がみられたが、以降は増加傾向がみられている。ただし、令和 2 (2020) 年度は新型コロナウイルス感染症で若干工事が滞った影響もあり、やや保有量は減少している。一般社団法人 軽仮設リース業協会では、令和 3 (2021) 年度以降、東京五輪は終了し、建設需要はピークを越えていることから、今後の見通しは不透明としている。

賃料収入については、軽仮設保有量全体の 3～4 割程度の水準であり、基本的に軽仮設保有量全体市場に連動する形で推移している。近年の動向では、令和 2 (2020) 年度の実績は 2,379 億 7,100 万円となり、平成 30 (2018) 年度実績と比較して 116.6%と好調に推移している。過去の経緯で見ると、1990 年代後半にかけて、建設会社の自前主義からリースへの移行が進んだことで賃料収入も増加したが、平成 9 (1997) 年をピークに減少傾向に転じた。その後、ゼネコンの受注価格低落の影響もあって賃料水準が低迷し、2000 年代に入ってから賃料単価の下落傾向が続いた。

なお、軽仮設保有量全体、賃料収入のベースとなる「軽仮設材の保有量に関する実態調査」については、一般社団法人軽仮設リース業協会に加盟する 74 社に対するアンケートをベースとしている。同協会には、軽仮設のリース業を主体とする企業や専業で実施している企業の大半が加盟しているが、一部の副業的にリース事業を展開する企業の実績は含まれておらず、実際の市場規模は上記市場規模を上回っている。

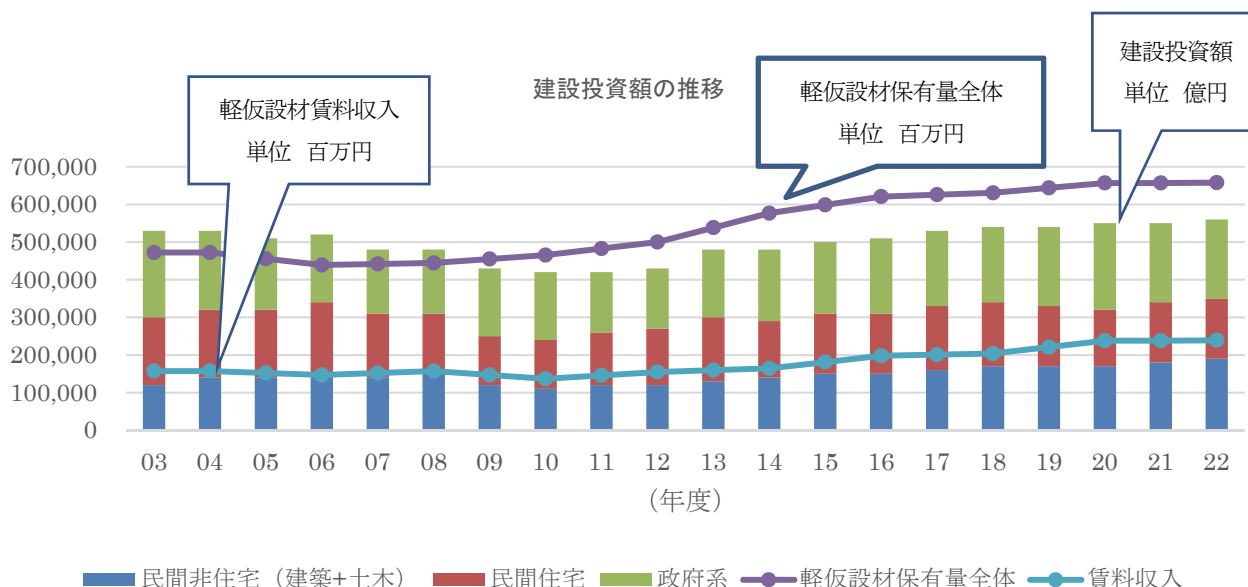


図 3.1-6 建設投資額と軽仮設保有量の相関

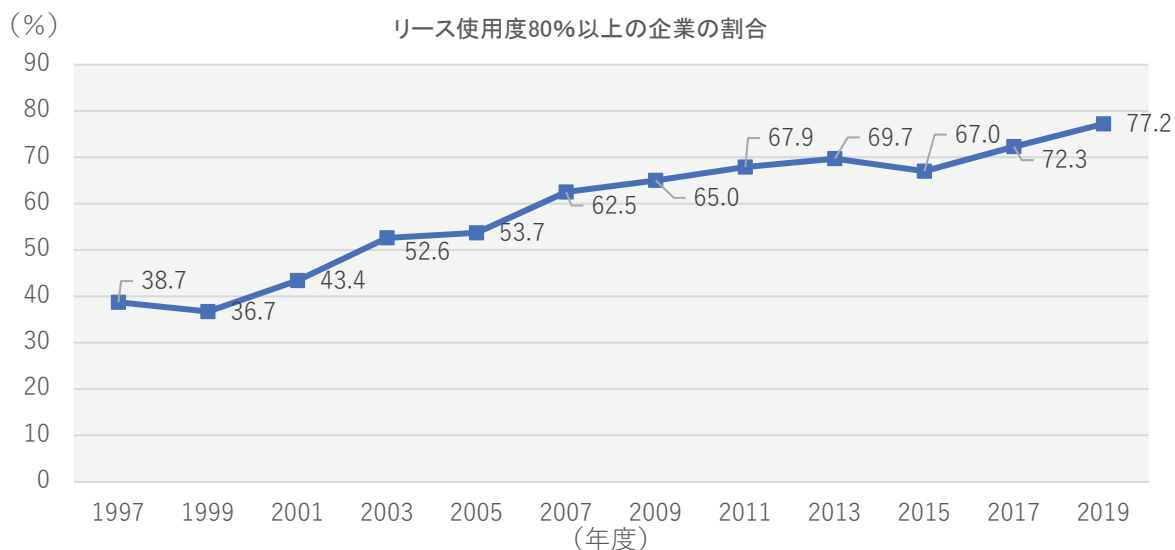


図 3.1-7 建設業界におけるリース率

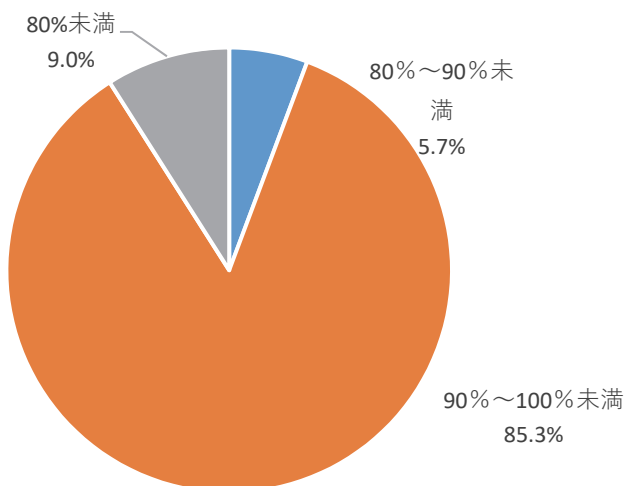


図 3.1-8 ユーザーによる養生材リース利用率のシェア

一般社団法人 軽仮設リース業協会が実施した「第 13 回 軽仮設材リース・レンタル使用度調査報告」(有効回答:123 社)では、軽仮設全体のリース利用率が 80%以上の企業は、平成 9(1997)年の 38.7%から令和元(2019)年には 77.2%まで上昇している(図 3.1-7)。

過去には、施工会社が機材センターを設置し、軽仮設についても自社で保有するケースが多かったが、その後 1990 年代半ばからは建設投資が減少し、収益性が悪化した。保有する軽仮設についてもメンテナンスにかかる費用が削減されることで、故障や故障に伴う事故が多発したとされている。その後、合理化の一環として、軽仮設についてもリースが普及を拡大し、特に敷板を含む養生材については、約 85%のユーザーが 9 割以上をリースで利用している(図 3.1-8)。

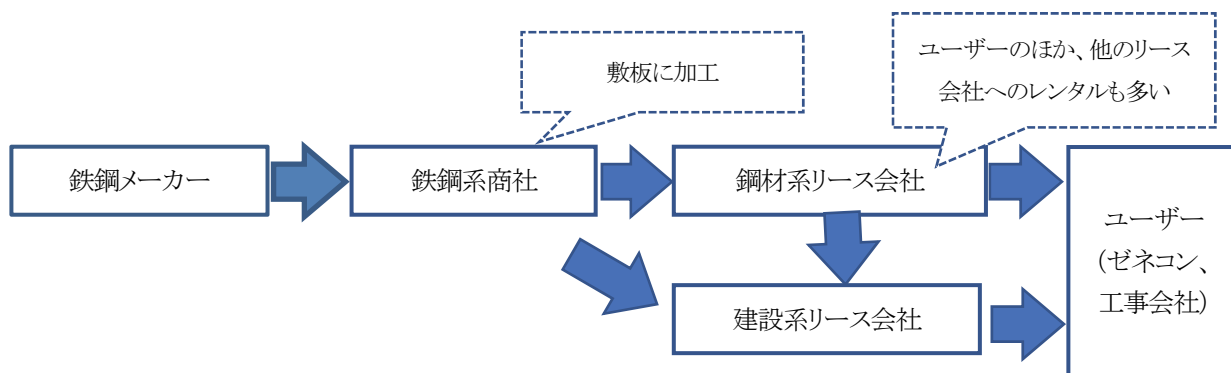


図 3.1-9 敷鉄板の流通構造

敷鉄板の流通構造は、図 3.1-9 のとおりとなっている。鉄鋼メーカーから鉄鋼商社を経由して、リース会社に販売され、リース会社からユーザーに供給されるケースが大半となっている。鉄鋼系商社や販売会社からユーザーが購入するケースもあるが、現状では小規模に留まっている。

流通においては、鉄鋼メーカーが鋼材を生産し、鉄鋼系商社により敷板としての加工が行われた後、リース会社に販売されるケースが多い。鉄鋼系商社では、伊藤忠丸紅鉄鋼(株)の子会社であるオーツカ鉄鋼販売(株)などが比較的高いシェアを持っているとみられる。

リース会社については、敷板や H 形鋼、鋼矢板、覆工板などを中心に扱う鋼材系リース会社が存在しており、敷板についても商品ラインアップの一つとして事業を展開している。(例: 井上鋼材(株)、ヒロセ(株)、三喜(株)など)一般的な建設系リース会社においては、保管場所の確保が難しい敷鉄板を自社で保有せず、必要に応じて鋼材系リース会社から製品を調達し、ユーザーに貸し出す企業も多くなっている。鋼材系リース会社には大手企業はほとんどみられず、大半が中小企業とみられるが、独自の展開により大手との差別化を図っている。大手を含む建設系リース会社においては、軽量で機動性に富んだ樹脂製敷板の方が扱いやすく、敷鉄板を保有せずに樹脂製のみ保有する企業も多いとみられる。

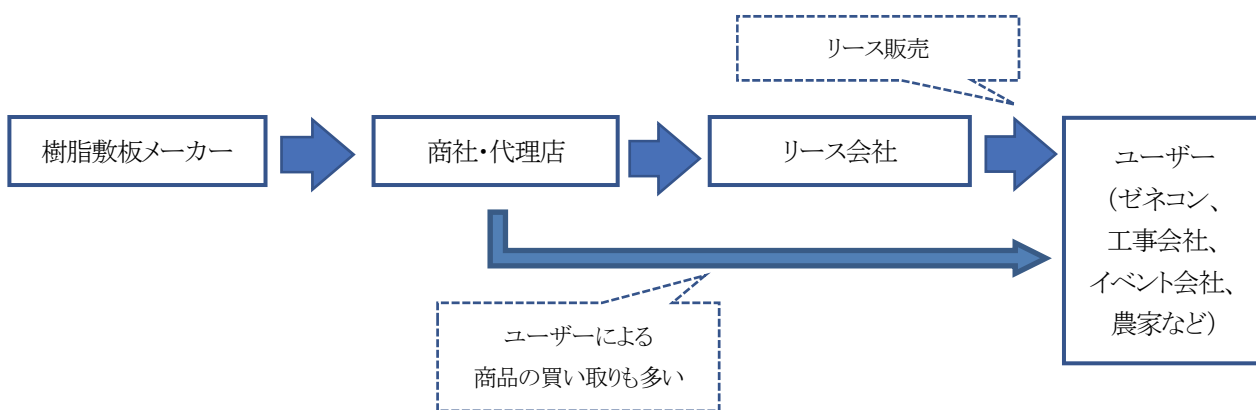


図 3.1-10 樹脂敷板の流通構造

樹脂敷板の流通構造は、図 3.1-10 のとおりとなっている。敷鉄板とはほぼ同じであるが、ゼネコン、工事会社等のユーザーに対してはリース販売のみならず、ユーザーによる買い取りの比率が高い傾向にある。敷鉄板と異なり、販売価格も比較的安価であることから、長期的に利用する場合などはリースで調達するよりも買い取りの方にメリットがあることが多い。買い取りとリース販売の割合は、概ね半々程度とみられる。

また、リース会社においては、敷鉄板の場合、建設系リース会社は自社で保有せずに、鉄鋼系リース会社からのレンタルによって対応するケースが多いが、樹脂敷板については建設系リース会社も自社で保持することが多い。ユーザー

へのリース料金は敷鉄板よりも高く、買い取り価格は敷鉄板よりも低いことから、リース会社にとっては収益性の高い商品として認識されている。

主な樹脂敷板メーカーを表 3.1-12 に整理した。メーカーは、輸入品の「プラシキ」を扱う米国のチェッカーズ社(販売は、伊藤忠 TC 建機(株))、(株)ウッドプラスチックテクノロジー(商品名:W ボード)、(株)京葉興業(同:ジュライト、スーパージュライト)、(株)オーハシ(同:リピーボード)、篠田ゴム(株)(同:タフマット)、(株)こうじばん(同:こうじばん)、(株)LINK PLANET(同:プラボーくん)などが主要メーカーの位置づけにあり、特に同市場のパイオニアであるチェッカーズ社と(株)ウッドプラスチックテクノロジーが上位に位置づけられる。(株)ウッドプラスチックテクノロジーは、製材所などで発生する木くずやパルプと樹脂を混ぜて固めたウッドプラスチックを活用した製品を展開しており、木材の有効利用や環境負荷軽減を前面に打ち出した商品展開を図っている。

表 3.1-12 主な樹脂敷板メーカーと展開する商品シリーズ

メーカー名	商品シリーズ名	商品の特徴
チェッカーズ社 (販売:伊藤忠 TC 建機)	プラシキ	敷設場所や用途によって、「プラシキⅠ」「プラシキⅡ」「プラシキⅢ」の3種がラインアップされている。
(株)ウッドプラスチック テクノロジー	W ボード	木くずなどとプラスチックを混合したウッドプラスチックを採用しており、木材利用と環境対応にも貢献している。
(株)京葉興業	ジュライト/ スーパージュライト	再生プラスチック材を利用し、国内工場にて再生ペレットから製品まで一貫生産している。
(株)オーハシ	リピーボード	「廃電線の被覆材低密度ポリエチレン」や「再生高密度ポリエチレン」を用いており、割れにくく対候性に優れたエコな製品を展開。
篠田ゴム(株)	タフマット X	耐荷重が最大車両重量 80t となっており、強く軽いことを特徴としている。
(株)こうじばん	こうじばん	強化型プラスチック敷板として、耐荷重 120t としている。
(株)LINK PLANET	プラボーくん	用途に応じて多様な商品をラインアップしている。

耐久性、利便性、流通関係、利用する際の決まりごとなど、敷板の特性を表 3.1-13 に整理する。

表 3.1-13 敷板の特性

確認項目	特性																		
<p>耐久性 (耐用年数、使用頻度、回転率など)</p>	<p>敷鉄板の場合、耐用年数は 10 年間以上となっている。利用しているうちに錆などが発生するが、錆があっても利用には支障がないため、基本的に反りが出て使い勝手が悪くなるまで長年にわたって利用され続ける傾向にある。</p> <p>樹脂敷板については、利用用途や利用頻度にもよるが、一般的に耐用年数は 3 年～5 年程度とみられる。使い方によっては、ひび割れや破損が発生することもある。</p> <p>使用頻度については、工事により利用期間が異なることから一概には言えないが、屋外で数か月から数年に渡って利用されるものである。</p>																		
<p>利便性 (定尺の可否、運送利便性、保管方法、廃棄方法など)</p>	<p>【定尺の可否】 板厚については、19 mm、22 mm、25 mm などが一般的となっている。 サイズについては、尺貫法が基本となっている。概ね下表のサイズが定尺となっている。</p> <table border="1" data-bbox="443 752 928 987"> <thead> <tr> <th>定尺 (尺)</th> <th>寸法 (mm)</th> <th>面積 (㎡)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>3×6</td> <td>914×1,829</td> <td>1.5</td> </tr> <tr> <td>4×8</td> <td>1,219×2,438</td> <td>3.0</td> </tr> <tr> <td>5×10</td> <td>1,524×3,048</td> <td>4.5</td> </tr> <tr> <td>5×15</td> <td>1,524×4,572</td> <td>6.5</td> </tr> <tr> <td>5×20</td> <td>1,524×6,096</td> <td>9.0</td> </tr> </tbody> </table> <p>利用においては、4×8 尺や 5×10 尺、5×20 尺などが多用されている。 なお、樹脂敷板の場合は、3×6 尺、4×8 尺が中心であり、5×10 尺以上の敷板は軽量のメリットが失われることから、ほとんどラインアップされていない。</p> <p>【運送利便性】 運送については、敷鉄板の場合は、1 枚 25 kg 程度から 180 kg の重量があるため、通常は大型トラックでも 10 枚程度しか運搬できない。樹脂製のプラ敷の場合は 20～40 kg などで、大型トラックで 200 枚以上運搬可能である。 敷鉄板を敷設する場合は、重量があるため、クレーンなどの重機を利用する必要がある。樹脂敷板の場合は、軽量なものであれば、人力での敷設が可能で、必要に応じて自由に移動することができ、機動性に優れている。敷鉄板については、リース会社が現場で敷設する場合もあるが、一般的にはユーザーが自ら行うケースが多いとみられる。</p> <p>【保管方法】 リース会社の営業拠点、資材センターなどに保管される。ユーザーが利用しているときのみならず、樹脂敷板を含めてリース会社でも屋外の吹き曝しで保管されるケースが多くなっている。ユーザーがメンテナンスを行うことはないが、リース会社が保管の際には、高圧洗浄機などでの清掃を行い、敷鉄板については必要があれば曲がり修正機などを使ってメンテナンスを行うケースもある。</p> <p>【廃棄方法】 敷鉄板については、リース会社から鉄くず買い取りなどを行う業者に引き渡され、最終的にはリサイクルされている。樹脂敷板については廃棄物処理業者などへ委託され、再生プラスチックとして再利用される。</p>	定尺 (尺)	寸法 (mm)	面積 (㎡)	3×6	914×1,829	1.5	4×8	1,219×2,438	3.0	5×10	1,524×3,048	4.5	5×15	1,524×4,572	6.5	5×20	1,524×6,096	9.0
定尺 (尺)	寸法 (mm)	面積 (㎡)																	
3×6	914×1,829	1.5																	
4×8	1,219×2,438	3.0																	
5×10	1,524×3,048	4.5																	
5×15	1,524×4,572	6.5																	
5×20	1,524×6,096	9.0																	

確認項目	特性
流通関係	<p>鉄鋼メーカーが生産した鉄版を商社が敷板として加工してリース会社等に販売する。リース会社については、鋼材系リース会社による取扱が多く、一般的な建設系リース会社においては保管場所などの問題から保有していないケースも多い。保有していないリース会社は、他の鋼材系リース会社からレンタルし、ユーザーに貸し出すケースも多くなっている。</p> <p>樹脂敷板については、メーカーから商社経由でリース会社に供給されている。敷鉄板と異なり価格が安いことから、建設系リース会社が保有するケースも多く、ユーザーがリースを活用せずに買い取るケースも多くなっている。</p>
利用する際の既存の決まり事など	<p>国土交通省の NETIS への登録のほか、自治体による新技術・工法などの対象として登録されているケースも多くなっている。ウッドプラスチックテクノロジーの「W ボード」などは、自治体発注工事での加点対象となっている。</p>

(3) 木製板状部材（合板・CLT・LVB・その他）の採用状況及び素材別の市場構成

表 3.1-14 敷板における木製板状部材の採用状況(推計値)

素材別		令和3(2021)年度市場規模(m ²)	構成比(%)
木材	合板	僅少	-
	CLT	僅少	-
	LVB	0	0.0
	その他	0	0.0
	小計	僅少	-
その他	鉄(鋼板)	5,000,000	88.9
	樹脂	625,000	11.1
	その他	僅少	-
合計		5,625,000	100.0

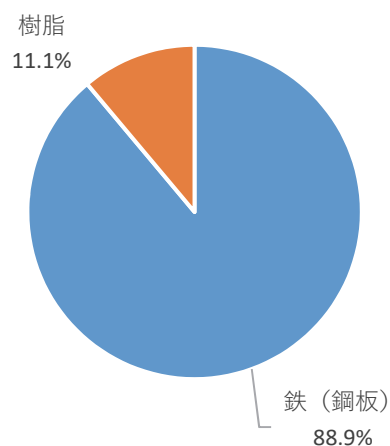


図 3.1-11 敷板の素材別市場構成 令和3(2021)年度

敷板市場において、木製板状部材の採用は僅少に留まっている(表 3.1-14、図 3.1-11)。

素材としては、鉄及び樹脂が大半を占めており、内訳は鉄が9割弱、樹脂が1割強の割合である。

合板やコンパネなどの木板が一部養生用として利用されるケースはあるものの、敷鉄板や樹脂敷板などの本格的な敷板として利用されるケースはほとんどみられず、いわゆる“敷板用”としての販売やリースが行われている動向はみられない。建物の床面に傷をつけないための養生など歩行や物の設置を主体とした敷設であり、重機や車両の通過を前提とした製品とは根本的に製品が異なる。

木材のほか、一部ゴムマットが敷板として利用されるケースもあるが、基本的に強度が不足していたため、あくまで簡易な使われ方が一般的である。

一方で木材利用促進の観点から、合板や CLT については、実際に工事現場で敷板として活用する実証実験が実施されている。東京合板工業組合では、林野庁の平成 24(2012)年度補助事業として、平成 25(2013)年に「地域材を利用した合板敷板の需要拡大」をめざした実証実験を実施しており、厚物合板の敷板としての有効性を証明すると共に、経済性の観点から普及への取り組みを実施したが、現状では本格的な普及には至っていない。

(4) 今後の木製板状部材採用に関する市場可能性

敷板市場における木材利用は、現状では施工業者やユーザーが自らの判断で簡易な養生部材として利用しているもので、本格的な製品として流通している動向はみられない。

敷板の利用や保管においては、屋外に野曝しとなるケースが多く、腐食の問題や重機が通過する際の強度は必然的に求められる。

反面、敷鉄板と比較して軽量であることは輸送コストの低減につながるメリットがある。地域産材や間伐材などを利用することで地元林業の活性化やカーボンニュートラルへの対応が可能で、リサイクル性の高さは、ユーザーとなる施工業者のニーズに合致しており、強度、腐食対応などの課題が克服されれば、市場として本格化する可能性は高いとみられる。

普及には、施工業者の意識改革や慣習的な問題が大きいことから、継続的な普及活動が重要と思われる。樹脂敷板と同様、軽量性及び環境対応のメリットを強調すれば、敷板市場のすべてとは言えないまでも、その一部を代替する可能性は高いと思われる。

【西尾レントオール（株）の見解】

木材の利用には、耐久性の課題などがあるものの、カーボンニュートラルやリサイクル性などの時代の流れからも今後は有望と感じている。敷板のユーザーとなる不動産会社や建設会社においても、環境対応などの時代に要請には敏感になっており、ニーズに合致している。

CLT については、間伐材を利用できるため、林業への貢献、サステイナブル性が実現できるほか、利用後についても木質チップとして活用できる。

さらに木材を活用する利点としては、敷鉄板と比較して、車両や重機などが通過しても騒音が発生しにくく、騒音対策としても優れている点が挙げられる。近年は鉄の価格が上昇していることもあり、価格高騰対策としても有効とみている。

【（株）ウッドプラスチックテクノロジーの見解】

敷板に木材を利用するのは、大半は工事業者が建物等の解体廃材を使うケースである。あくまで廃材の有効利用を行うための、簡易的な利用が主体であり、敷板として利用するためにわざわざ合板などを調達するケースは聞いたことがない。

また、木材の敷板として思いつくのは、イベント開催時に体育館などの会場施設において、床を養生するために一定の合板を保有しているケースであり、保有している合板を長年使いまわしているイメージがある。

いずれにしろ木製板を敷板として利用するには、強度及び腐食の問題があり、特に工事現場では屋外に放置されることが多いことから、腐食の問題を解決しない限り、ユーザーには受け入れられないとの見解である。

なお、同社ではウッドプラスチック製品の販売を中心としており、原料としての木材の利用量は製品全体の5%程度の構成比となっている。ウッドプラスチックでは、木材の利用量を増加させると、硬化することで割れやすくなるため、敷板で木材利用量を増加することは考えていないとしている。

敷板以外の製品では、パレットなどの扱いもあり、木材の利用量を増加させるとすれば、パレットでの利用量を増加させるか、近年需要が高まっている雑貨などの小物類での利用拡大を検討している。

3.1.3 防雪柵/雪崩予防柵

(1) ターゲット市場規模の推計

(a) 防雪柵

防雪柵の市場規模を推計した結果を表 3.1-15 に示す。防雪柵の市場規模(年間発注量)は、令和 4(2022)年度見込で延長約 20 km とみられる。ただし、市場規模の推計にあたっては、防雪柵の吹き止め式に限定しており、吹き止め式以外の吹き溜め式や吹き払い式、吹き上げ式などを含めると 45 km～50 km/年程度とみられる。現状においては、木部利用の対象が吹き止め式に限定されているため、ヒアリングをベースに吹き止め式のみ市場規模を推計した。

発注元については、国道を管轄する国土交通省からの発注案件が大半を占めており、年間約 20 km、高速道路を管理する NEXCO 東日本(東日本高速道路(株))では北海道、東北地方を中心に年間平均 400 m 程度の発注量がある。

国土交通省は、毎年コンスタントな発注量があり比較的安定しているものの、NEXCO 東日本については雪害による事故の発生など突発的な要因による影響も大きく、発注量は年度によってばらつきがある。NEXCO 東日本は、北海道のほか、東北での発注もあり、近年では宮城県大崎市管内で令和 3(2021)年 1 月に雪害による大規模な交通事故などが発生したため、防雪柵の設置計画が動いている。国土交通省では、北海道、東北、北陸での発注があり、最近では特に山形県での実績が多くなっている。市場は、気象条件の変化や事故の発生など外的要因によっても変化しやすく、これまで雪による被害が少なかった札幌近郊(岩見沢、美唄市など)で事故が多発していることもあり、同地域での設置計画が進んでいるほか、旭川管内でもバイパス道路の新設に伴う防雪柵の設置が検討されている。

需要エリアは、豪雪地帯が中心であり、国土交通省や道県、市町村などの自治体からも発注される。中でも北海道や東北各県からの発注が多く、市町村発注の工事もみられるものの、自治体により取り組みにはバラつきがある。自治体発注の案件は小規模なものも多く、延長十数メートル程度の案件が多い。自治体からの発注は、合計で年間平均 20～25 km とみられるが、国土交通省や NEXCO 東日本と比較して、吹止式の発注は少ない傾向にある。

その他の発注元としては、JR などの鉄道会社がある。鉄道関連も雪害、吹雪などの実害を受けた後に設置計画が進むケースが多く、発注量としては年度により大きな違いがある。

表 3.1-15 防雪柵の市場規模推移(単位:m、百万円、%)

		令和 3(2021)年度(実績)	令和 4(2022)年度(見込)
数量		21,000	20,000
	前年比	-	95.2
金額		1,624	1,540
	前年比	-	94.8

防雪柵の設置は、1960 年代から本格的な整備が進められ、普及開始からはすでに 50～60 年が経過していることもあり、新設の需要は一巡しつつある。40 年以上経過したものは老朽化が進んでおり、順次リニューアルが実施されている。近年は新設需要も比較的安定しているものの、新設とリニューアルの割合は半々程度の割合となっている。

今後、中長期的には、新設が一巡することで市場は先細りの傾向にあるが、設置されてから 40 年以上経過した案件が増加することにより、今後はリニューアル需要を中心とした安定的な市場推移が予想される。

(b) 雪崩予防柵

防雪柵の市場規模を推計した結果を表 3.1-16 に示す。雪崩予防柵の市場は、概ね年間 10 億円程度(材のみ)とみられ、近年は比較的安定した需要を維持している。製品のタイプとしては、柵を直接基礎に固定する固定式のほか、アンカー部分から斜面に沿ってロープを吊り下げて、そのロープに柵を取り付けて設置する吊柵式、支柱に高強度ネットを設置するスノーネット式などの種類があり、上表の市場規模にはすべての種類を含めている。

防雪柵と同様、普及エリアは北海道、東北、北陸などを含めた豪雪エリアが中心となるが、基本的に積雪深が深く、比

較的雪崩が発生しやすい北陸エリアや、東北においても福島県、山形県などの南部エリアの需要が高いとされている。

また、長野県や岐阜県などの積雪が多い山岳エリア、近年では鳥取県や島根県などの山陰エリアでも雪崩発生危険があることから需要が増加している。

1 基数 m 程度の製品を複数基設置する形となり、一件あたりの発注量は、おおむね 40～50 m 以下の水準が多くなっている。

防雪柵と同様、発注元はほとんどが国、自治体である。通常は、道路沿いに設置されるケースが多く、国道を管轄する国土交通省をはじめ、NEXCO 東日本や NEXCO 西日本、県道を管轄する自治体を中心となる。自治体については、道県レベルが中心となり、市町村については予算確保の問題から発注量は少ない傾向がみられる。

表 3.1-16 雪崩予防柵の市場規模推移(単位:m、百万円、%)

		令和 3 (2021) 年度(実績)	令和 4 (2022) 年度(見込)
数量		14,300	14,300
	前年比	-	100.0
金額		1,000	1,000
	前年比	-	100.0

高速道路を管轄する NEXCO 各社については、新設時に雪崩が発生しやすい危険個所を避けて設計を行うことから、国道や県道と比較すると需要は少ない傾向にある。

道路以外では、林道など農林土木関連での発注がみられるが、道路と比較すると発注量は小規模となっている。また、鉄道施設としての案件がみられ、JR などからの発注もある。道路向けの製品は、通常国土交通省の設計仕様がベースとなるが、鉄道施設については、道路とは異なった仕様(道路向けと比較して簡易な仕様)で発注されるケースが多く、やや特殊品の位置づけにある。

なお、雪崩予防柵市場は、防雪柵と異なり老朽化に伴うリニューアル需要は少なく、大半が新設需要となっている。仕様により鋼製のもので 100 年以上の耐久性があるといわれており、リニューアルにおいては補強の目的で柵が追加されるケースや既設ものを嵩上げるケース、実際に雪崩が発生し破損したものを交換するケースが多くを占めている。

市場規模は、国や自治体からのコンスタントな発注がみられるほか、雪崩の発生やリスクの高まりによる採用エリアの拡大により比較的安定した推移がみられている。今後も大幅な需要の増減は考えにくいだが、長期的には人口減少に伴う国、自治体予算の縮小により、緩やかに市場は減少傾向に転じることが予想される。

(2) 市場を取り巻く環境及び市場構造の特徴

(a) 防雪柵

防雪柵は、防雪板で柵の前後の風速や風の流れを制御し、道路への吹き溜まり防止や視程障害の緩和を図る目的で設置されるものである。「道路構造令施行規則」では、「吹き溜まり防止施設」、「雪崩防止施設」の二つが定義されており、防雪柵は、スノーシェルターや防雪林と共に、「吹き溜まり防止施設」に位置付けられている。

<防雪柵の種類と変遷>

防雪柵の主な種類として、吹き溜め式(図 3.1-12)、吹き止め式(図 3.1-13)、吹き払い式(図 3.1-14)などがある。

古くは、1880 年代から鉄道の吹雪対策として利用されていた記録があるが、道路用としての開発は 1960 年代から開発がスタートしている。昭和 36(1961)年に初めて試験が行われ、昭和 37(1962)年頃からは北海道開発局建設機械工作所において、吹き溜め式の試験開発が開始された。

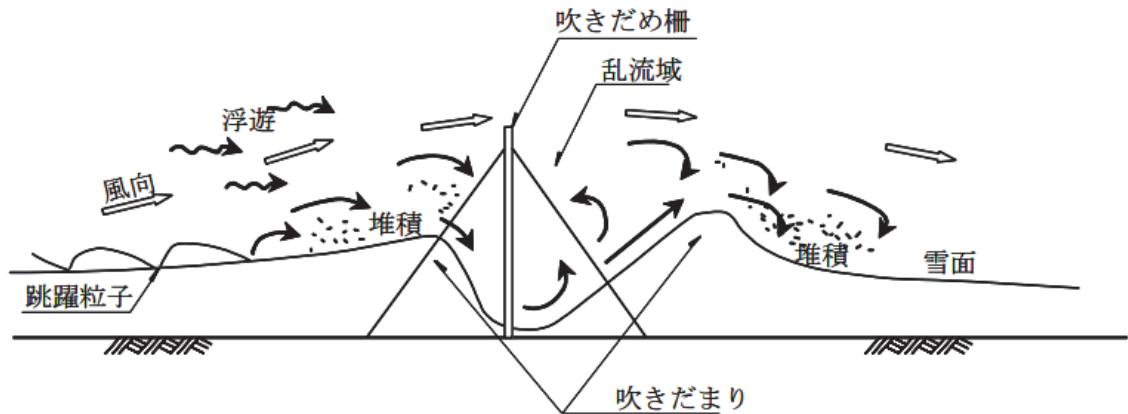


図 3.1-12 吹き溜め式の防雪柵

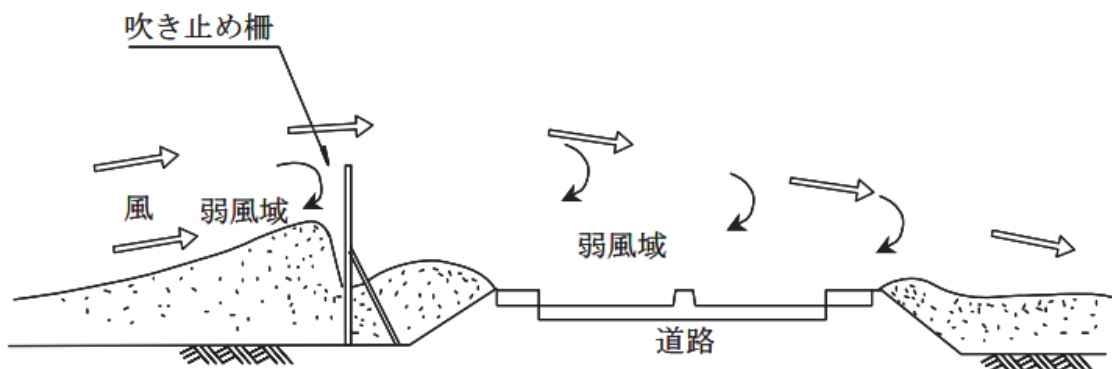


図 3.1-13 吹き止め式の防雪柵

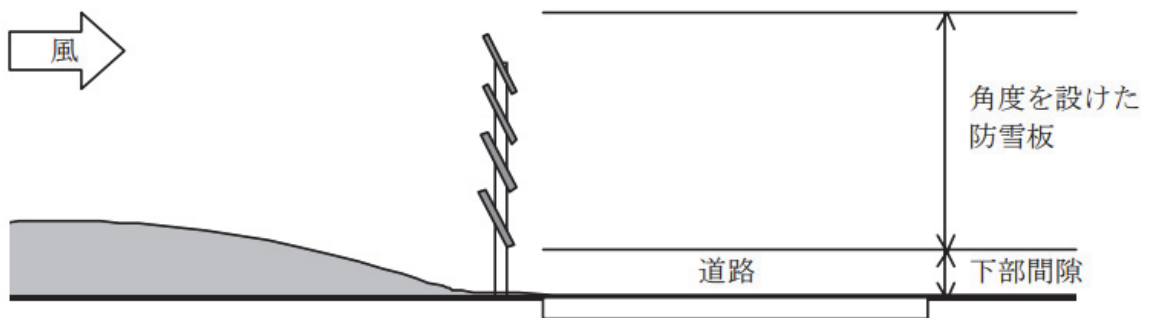


図 3.1-14 吹き払い式の防雪柵

吹き溜め式については、設置に広い敷地が必要となり、用地確保が困難となったことから、その後道路敷地内への設置が求められ、昭和 42 (1967) 年から北海道開発局において吹き払い式が開発され、昭和 44 (1969) 年に設置されている。北海道開発局土木試験所では、1980 年代から吹き払い柵では適用が難しい多車線道路の防雪に効果がある吹き止め式の開発を進め、昭和 63 (1988) 年に初めて道路に設置された。このように防雪柵は、吹き溜め式から吹き払い式、吹き止め式へとシフトしている状況となっている。

これまで整備された防雪柵の総延長は、約 6,000 km となっている。雪害による事故等のアクシデント発生により、これまで設置されていなかった箇所への新たな需要が発生するケースがみられるものの、設置が必要とされる箇所にはおおむね整備済みの状況にあり、新設需要は先細りの傾向にある。

(b) 雪崩予防柵

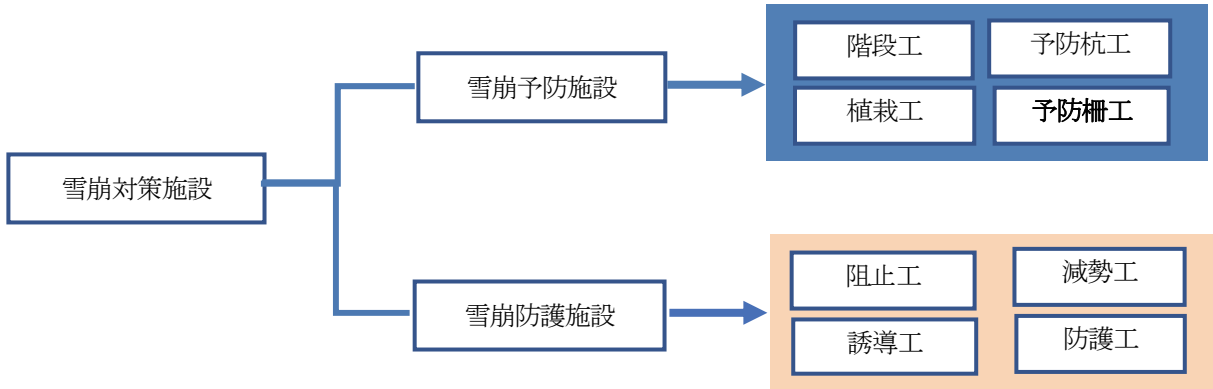


図 3.1-15 雪崩対策施設の種類図

雪崩予防柵は、雪崩対策施設の一種である。

雪崩対策施設は、雪崩を予防する「雪崩予防施設」と、発生した雪崩を制御する「雪崩防護施設」に大別される。雪崩予防施設はさらに「階段工」（斜面を階段状にすることで雪崩防止）、「予防杭工」（斜面に杭を設置してグラインドを防止）、「植栽工」（植林により雪崩を予防）、「予防柵工」（雪崩予防柵）に分類される（図 3.1-15、図 3.1-16）。

雪崩防止施設についても、同様に分類でき、道路沿道などに擁壁や柵を設置する「阻止工」や、道路等をトンネル状に覆うスノーシェッドなどの「防護工」が代表的な施設例となっている。

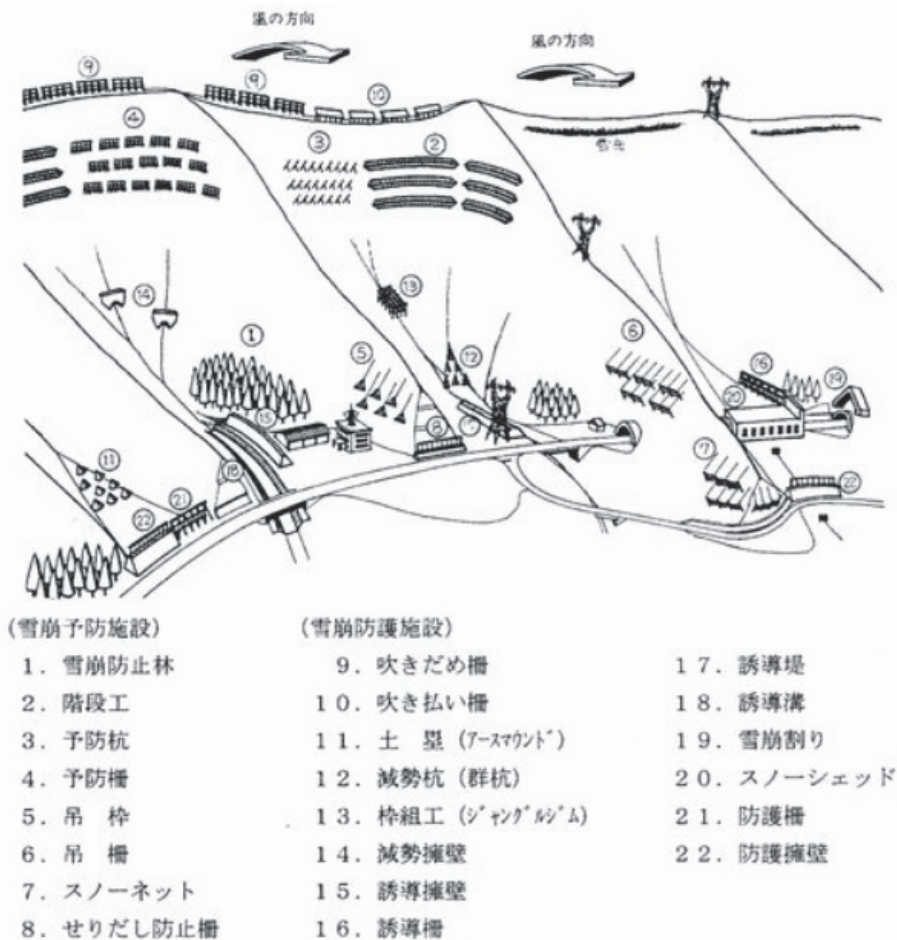


図 3.1-16 雪崩対策施設

当該市場で対象としている雪崩予防柵は、固定柵式と吊柵式に大別される(図 3.1-17)。

固定柵式は、支柱をコンクリート基礎などで固定させる方式であり、柵本体を直接基礎部で固定する。斜面勾配 55°以下の比較的緩やかな斜面での設置に適しているほか、地形に応じた効果的な配置が可能となる反面、コンクリート基礎の設置など施工に手間がかかるデメリットから、近年の施工実績は大きく減少している。

吊柵式は、アンカーとワイヤロープを利用して柵本体を固定する方法で、固定柵式と比較して施工が簡易であり、運搬や撤去、再設置なども容易である。柵を利用する場合、近年は吊柵式が多くを占めるまでに至っている。

さらに雪崩予防施設としては、スノーネットがみられる。鋼製のネットを配置し、支柱とワイヤロープで支持し、最終的にはワイヤロープに接続されたアンカーで雪圧に抵抗する構造となっている(図 3.1-18)。

国内では平成 12(2000)年にスイスから導入された工法であり、施工が比較的簡単で、景観にも配慮できる構造であることから、急速に普及を拡大してきた経緯がある。

現状では、雪崩予防柵工の概ね半数程度はスノーネットが採用されているとみられるが、積雪深による選択も行われており、概ね積雪深 4 m 以上である場合は、スノーネットの採用されるケースが多く採用され、4 m 未満の場合は吊柵の採用が多くなる傾向にある。また、エリアによる違いもみられ、北海道では吊柵の採用が多い傾向がみられる。

価格帯はスノーネットが最も高く 1 基あたり施工費込みで 100 万円前後、吊柵が同 50~60 万円程度となっている。

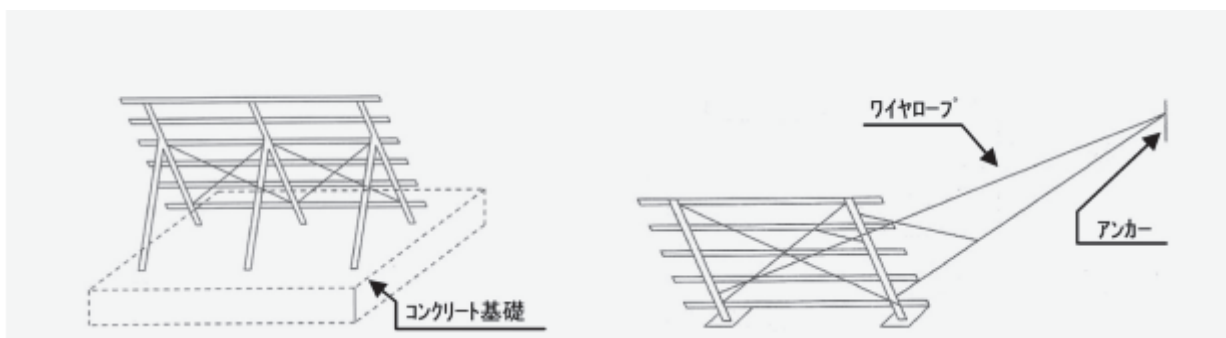


図 3.1-17 雪崩予防柵(左:固定柵式、右:吊柵式)

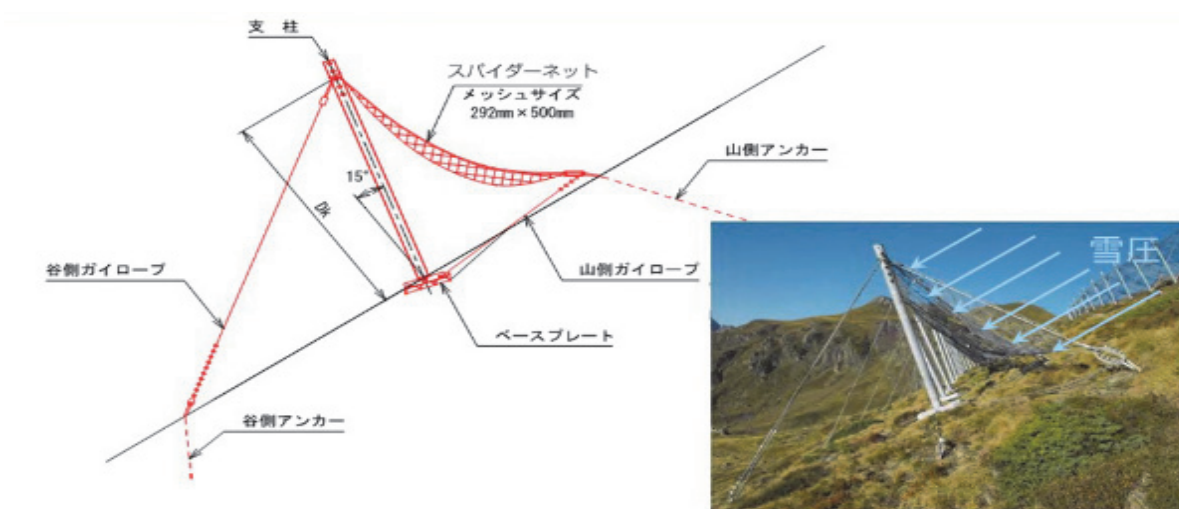


図 3.1-18 スノーネットの構造

防雪柵市場における主要なメーカーを表 3.1-17 に示す。防雪柵メーカーは、以前は 13～14 社程度の参入がみられたが、現在は 7 社程度に集約されている。

防雪柵メーカーは、普及エリアである北海道、東北に拠点を持つメーカーが大半を占めている。特に北海道においては、理研興業(株)、北海道ガソン(株)、富安(株)マルエイ三英事業部など主力メーカーが集中している。

メーカーシェアについては、国内防雪柵市場のパイオニアとも言える理研興業(株)が市場全体の 60～70 %程度と高いシェアを占めており、他社を圧倒している。ただし、地場で事業を展開する中小メーカー中心の市場構造でもあり、エリアによりシェア構造が大きく異なっている。特に北海道エリアでは、理研興業(株)のシェアが圧倒的であり、概ね同社のシェアが 80～90 %を占めているとみられる。また、東北エリアでは、同社に加えて秋田県に拠点を構える日本機械工業(株)や大手鉄鋼メーカーの東京製綱(株)のシェアが高くなっている。北陸については、石川県に拠点を持つ(株)日本パーツセンターが比較的高いシェアを維持している。

表 3.1-17 防雪柵市場における主要なメーカー

メーカー名	本社所在地	備考
理研興業(株)	北海道小樽市銭函 3-263-7	シェアトップ企業(60～70%程度)
北海道ガソン(株)	北海道札幌市西区平和 335-2	北武グループの傘下
富安(株) (マルエイ三英事業部)	北海道札幌市西区発寒 10 条 12-1-10	土木製品部門として事業を展開
東京製綱(株)	東京都江東区永代二丁目 37-28	吹払拭、吹溜式、吹止式、吹上防止式を展開
日本機械工業(株)	秋田市寺内三千刈 240-1	吹払式、吹止式、防風柵など各種製品を展開
(株)エスピー工研	北海道札幌市西区発寒 17 条 14-1-38	収納タイプを含め豊富なラインアップで展開
(株)日本パーツセンター	石川県金沢市湊 3-12-3	防雪、防風、防砂など各種防護施設の専門メーカー

表 3.1-18 雪崩予防柵市場における主要なメーカー

メーカー名	本社所在地	備考
東京製綱(株)	東京都江東区永代二丁目 37-28	当該市場では高いシェアを維持する
(株)日本パーツセンター	石川県金沢市湊 3-12-3	吊柵、固定柵、雪崩落石兼用柵などをラインアップしている
プロテックエンジニアリング(株)	新潟県北蒲原郡聖籠町大字蓮濁 5322-26	スノーネットでは、高いシェアをもつ
富安(株) (マルエイ三英事業部)	北海道札幌市西区発寒 10 条 12-1-10	木製品の取り扱いあり
日本サミコン(株)	新潟市中央区弁天橋通 1-8-23 号	「ハイパワースノーフェンス」などを展開

雪崩予防柵市場における主要なメーカーを表 3.1-18 に示す。雪崩予防柵市場においては、東京製綱(株)、(株)日本パーツセンター、富安(株)(マルエイ三英事業部)など防雪柵メーカーの多くが重複しているが、日本サミコン(株)など防雪柵製品は展開せずに雪崩予防柵のみを販売するメーカーもみられる。

メーカーシェアの詳細は不明であるが、全国展開する大手の東京製綱をはじめ、(株)日本パーツセンターなどが比較的高いシェアを維持しているとみられる。また富安(株)(マルエイ三英事業部)なども北海道では高いシェアを維持している。スノーネットでは、プロテックエンジニアリング(株)が高いシェアを持つとみられる。

防雪柵、雪崩予防柵の流通構造を図 3.1-19 に示す。雪柵、雪崩予防柵ともに、ほぼ同様の販売ルートで流通している。発注者となる国、自治体、NEXCO 各社等の道路管理者、JR などが入札により発注し、落札したゼネコンに対して、メーカーが商社・代理店を通じて製品を納入する流れとなっている。

メーカーは、製品の供給のほか、設計や現地調査を実施するケースが多い。

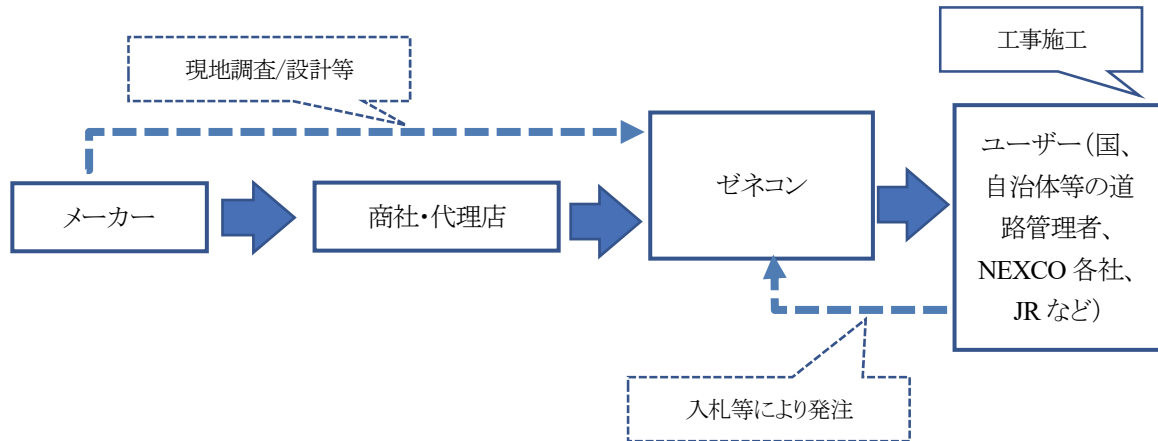


図 3.1-19 樹脂敷板の流通構造

耐久性、利便性、流通関係、利用する際の決まりごとなど、防雪柵・雪崩予防柵の特性を表 3.1-19 に整理する。

表 3.1-19 防雪柵・雪崩予防柵の特性

確認項目	特性
<p>耐久性 (耐用年数、使用頻度、回転率など)</p>	<p><防雪柵> 設置場所などにより異なり、海岸沿いなどの塩害がある地域では 10 年間程度、それ以外の一般的な地域では 30～40 年程度となっている。ただし、リニューアル時期については、各道路管理者が決定するため、40 年以上経過しても交換されないものも多い。使用に関しては、冬季のみ設置され、夏季など不要な時期には、景観に配慮して収納されるケースも多いが、近年はコスト削減を目的に夏季においても存置されるケースも増加している。</p> <p><雪崩予防柵> おおむね耐用年数は、鋼製の場合 50 年以上とされており、設計上 100 年は持つようになっている。従って防雪柵と比較すると老朽化にリニューアル案件は少なく、破損や嵩上げによるものが多くなっている。同製品は、雪崩発生の危険個所における予防を行うものであり、毎年冬季で使用される。</p>
<p>利便性 (定尺の可否、運送利便性、保管方法、廃棄方法など)</p>	<p><防雪柵> 定尺は特に存在しないが、高さは 3～6 m 程度であり、おおむね 4 m 規格のものが多くなっている。</p> <p>保管に関しては、野晒しにすると白錆が発生する可能性があるため、屋外では風通しを良くして雨が当たらないようにブルーシートで養生する。</p> <p>輸送においては、保管時と同様、ブルーシートで養生して輸送する。鋼材は重ねると傷が発生する可能性があるため、鉄線やベルトで固定結束するケースが多い。</p> <p>廃棄については、基本的に産業廃棄物として処理されるが、最終的には鋼材としてリサイクルされるケースが多いとみられる。</p> <p><雪崩防止柵> 定尺などは特に存在しない。メーカーにより独自の製品サイズのラインアップがある。保管方法や輸送方法についても、特筆することはなく、基本的には防雪柵と同じである。トラックで輸送し、大型の製品については、ポールトレーラーで輸送することもある。</p> <p>廃棄については、現状ではリニューアルの案件も少なく、廃棄されること自体が多くはないが、一般的には産業廃棄物として処理される。鉄としてリサイクルも可能である。</p>
<p>流通関係</p>	<p>防雪柵、雪崩予防柵ともに、メーカーの代理店、商社などから国土交通省、自治体、NEXCO などから発注された工事の元請け業者となるゼネコン等に製品を納入する形となる。工事が発注される前の現地調査や設計などは、メーカーが対応するケースも多くなっている。</p>
<p>利用する際の既存の決まり事など</p>	<p>雪崩予防柵については、積雪深 4 m 以上の場合は、スノーネットの採用が多く、4 m 未満の場合は吊柵柵の採用が多くなっている。</p>

(3) 木製板状部材（合板・CLT・LVB・その他）の採用状況及び素材別の市場構成
 (a) 防雪柵

表 3.1-20 防雪柵における木製板状部材の採用状況(推計値)

素材別		令和3(2021)年度市場規模(m)	構成比(%)
木材	合板	0	0.0
	CLT	僅少	-
	LVB	0	0.0
	その他	僅少	-
	小計	僅少	-
その他	鉄(鋼板)	21,000	100.0
	ポリカーボネート	僅少	-
	その他	0	0.0
合計		21,000	100.0

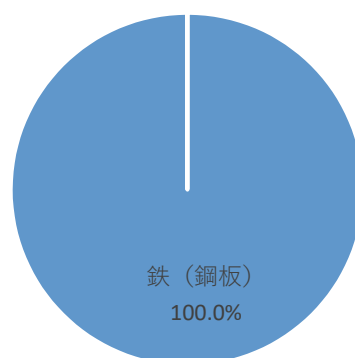


図 3.1-20 防雪柵の素材別市場構成 令和3(2021)年度

防雪柵については、鉄(鋼板)製が大半を占めている。鋼製以外では、一部ポリカーボネート製や木製の商品ラインアップを持つメーカーがみられるが、それぞれ実績は僅少に留まっている(表 3.1-20、図 3.1-20)。

ポリカーボネート製品については、透明なポリカ板を利用することで、日陰対策、凍結対策として有効であるが、収縮や強度の問題などもあり、現在はほとんど使われていない模様である。

木材については、北海道において地元のカラマツを利用した防雪柵が開発された経緯があり、荷重がかかる柱には鋼材を使用し、目につきやすい防雪板の部分に木材を利用した製品が開発されている。

国土交通省管轄の高規格幹線道路である紋別旭川自動車においては、平成16(2004)年度から実証実験が実施され、その後実際に複数メーカーの製品が導入された経緯がある。現状では、当時設置された製品はほとんど残っていないが、その後もトップメーカーの理研興業(株)が CLT を活用した製品開発を進めるなど、本格的な普及に向けた取り組みが進められている。

(b) 雪崩予防柵

表 3.1-21 雪崩予防柵における木製板状部材の採用状況(推計値)

素材別		令和 3(2021)年度市場規模(m)	構成比 (%)
木材	合板	0	0.0
	CLT	0	0.0
	LVB	0	0.0
	その他	僅少	-
	小計	僅少	-
その他	鉄(鋼板)	13,600	95.1
	コンクリート(PC)	700	4.9
	その他	0	0.0
合計		14,300	100.0

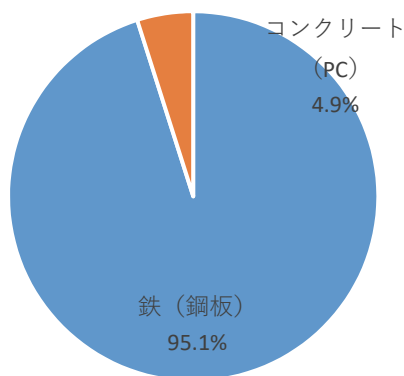


図 3.1-21 雪崩予防柵の素材別市場構成 令和 3(2021)年度

雪崩予防柵の素材についても、鉄(鋼製)の製品が大半を占めており、全体の 9 割以上を占めている。その他の素材としては、コンクリート(プレキャストコンクリート)製品などが一部でみられている(表 3.1-21、図 3.1-21)。

コンクリート製品については、過去には比較的多用されていたものの、施工に手間がかかる問題などから、近年は利用頻度が大きく減少しており、鋼製へのシフトが加速した経緯がある。

また、FRP(繊維強化プラスチック)製の製品も市場に投入されていたが、強度の問題などから現状ではほとんど利用されていないとみられる。

木製品については、地域産材の利活用を目的として、主に自治体が発注する農林土木向けなどで実績がみられ、富安(マルエイ三英)で一部製品ラインアップをそろえている。ただし、実績としては非常に小規模であり、令和 3(2021)年度実績としては僅少に留まっている。

(4) 今後の木製板状部材採用に関する市場可能性

防雪柵については、木製板状部材を活用した製品の導入が過去にも行われ、現状においても北海道で採用に向けた動きが着々と進められている。特に地元林業の活性化などの側面やリサイクル性については、一般的な鋼材製品と比較して優位性があり、地域によっては積極的に導入される可能性が高いとみられる。発注者が国や NEXCO、自治体な

どである点も環境対応重視の姿勢に結び付きやすいと言える。市場についても、今後はリプレース需要を中心に比較的安定しており、一定規模が鋼材から木製に代替する可能性が高いとみられる。

一方の雪崩予防柵については、これまでに滋賀県や福井県などの一部自治体で木製の雪崩予防柵の導入や実証が行われた経緯がある。いずれも農林土木分野での導入であり、地域材の有効活用や地元林業の活性化が主目的となっている。ただし、板状部材よりは丸太材の採用が多く、導入する自治体も限定的である。防雪柵と同様、リサイクル性については優位性があるが、防雪柵以上に高い強度と耐久性が求められることもあり、本格的な普及に向けた新たな動向は見られない。

【理研興業（株）の見解】

17 年程前に、北海道の旭川紋別自動車道において、地元林業の活性化、木材利用の観点からカラマツを利用した製品を納入したが、近年はカラマツ自体が減少していることもあり、継続的な採用には至らなかった。また、製品としても長年利用しているとボルト部分にゆがみが生じるなどの不測の事態も生じた。

現状で CLT を活用した製品の実用化をめざして実証実験を進めている。CLT であれば劣化や腐食を抑えられる点や、ボルトの緩みについてもボルトを使わずに固定する方法を採用するなど技術的な課題にも対応できる。

木材の利用については、地元林業の活性化やリサイクルへの対応において採用のメリットが大きく、リサイクルではバイオマスへの転換や、木材加熱時に発生する木タールなどを利用した忌避剤として、エゾシカなど獣害対策にも役立てることも可能である。

課題としては、鋼材と比較してコスト高となることを挙げているが、近年は鉄の価格も上昇しており、商品化のタイミングとしては今が適しているとみている。

【日本サミコン（株）の見解】

同社の商品には、木製のものはなく、市場全体としてもあまり聞いたことがないとしている。基本的に雪崩予防柵は、防雪柵と異なり、強度が求められるものであり、製品丸ごと木材を利用することは難しいと考える。

利用においては、支柱のみ鋼材を利用し、柵板のみ木材を利用するのであれば可能性はある。雪崩予防施設には、植林による雪崩防止林などもあり、木材が全く使えないということではなく、強度や耐久性を持たせることができれば、普及する可能性はあるとしている。

3.1.4 板状地盤補強

(1) ターゲット市場規模の推計

当該市場においては、工事において板状部材を利用する工法の代表例として、耐圧版工法を対象とする。

耐圧版工法の市場規模を推計した結果を表 3.1-22 に示す。

地盤改良工事には、多くの工法が存在するが、耐圧版工法は、液状化など地盤沈下の際に採用される工法の一種であり、建物脇から基礎下を掘削し、建物荷重を利用したうえで地盤を締固め、鉄板やコンクリートの耐圧版を設置し、耐圧版を反力にジャッキアップを行うものである。掘削の深さは、他工法と比較して浅く、建物への負担が少ない特徴があり、地盤沈下の際、住宅などに傾きが見られた際には、一般的に多用されている。

上表の市場規模の推計においては、同工法が多く採用されている戸建住宅向けのみを対象としている。戸建住宅向けの地盤改良工事の市場規模は、年間約 1,200 億円とされており、件数については、おおむね 1 件あたりの施工単価を 100 万円と仮定し、年間 12 万件程度と推計した。損害保険料率算出機構が平成 30(2018)年にまとめた「建物の液状化対策工法およびその実施状況に関する調査」によると、液状化対策工法の主要工法である「密度増大工法」「囲い込み工法」「杭工法」「深層混合処理工法」以外の、耐圧版工法が含まれる「その他工法」の実施割合は、全体の 3%程度であり、さらに耐圧版工法のみ限定すると採用割合は 1%未満と推測される。

市場推移については、地震の発生状況などにより年度によって大きく異なるとみられるが、令和 3(2021)年度以降は大きな増減なく推移しているとみられる。利用される耐圧版の大きさは、おおむね 1 枚当たり 0.25 m²(50cm×50cm 程度)程度の大きさであり、工事一件あたりでは、1～2 枚程度の利用に留まるケースが多い。従って m²単位の市場規模は、約 150～160 m²と推計した。

表 3.1-22 耐圧版工法の実施件数及び耐圧版市場規模の推移（推計値）

		令和 3(2021)年度(実績)	令和 4(2022)年度(見込)
数量(件数)		500	480
	前年比	-	96.0
数量(m ²)		156	150
	前年比	-	96.2

(2) 市場を取り巻く環境及び市場構造の特徴

特定の工法に限定せず、戸建住宅向けの地盤改良工事の全体市場を推計した結果を表 3.1-23 に示す。公的な統計類は整備されていないが、日経新聞社では、戸建住宅向けの地盤改良工事の市場規模は、約 1,200 億円としており、上表では施工単価を 1 件あたり 100 万円と仮定し、数量ベースを推計している。

なお、地盤改良工事の単価は、採用工法により大きく異なっており、一般的な 30 坪の戸建住宅では、代表的な表層改良工法で 30～50 万円程度、柱状改良工法で 50～80 万円程度、鋼管杭工法で 100～180 万円程度となっている。当該市場の対象とした耐圧版工法については、家の傾き修正工事として概ね 200～400 万円程度が平均的な価格帯である。

戸建住宅向けの地盤改良工事については、平成 12(2000)年に実施された住宅品質確保促進法(品確法)の施行以来、戸建住宅においても軟弱地盤での造成・開発において導入されるケースが増加している。地盤は瑕疵担保保障期間 10 年間の対象には含まれていないものの、地盤状況に応じた基礎の設計・施工を行う必要があることから、地盤の状況についても重視されるようになった経緯がある。従って、住宅の新築においては、一定の割合で地盤調査と地盤改良工事が行われる形となり、地盤改良工事の市場は、新設住宅着工戸数に連動する形で推移しているとみられる。中長期的に新設住宅着工戸数は、少子化の影響で減少傾向にあるものの、令和 3(2021)年度の戸建住宅の着工戸数は、108%の増加、令和 4(2022)年度は微減での推移が見込まれている。

ただし、耐圧版工法については、地盤沈下等による住宅の傾きに対応する工法であるため、既築住宅が主な対象となり、新設住宅着工戸数の影響は少なく、どちらかと言えば地震発生の頻度などに大きな影響を受けると予想される。

表 3.1-23 地盤改良工事の市場規模の推移(推計値)

		令和 3(2021)年度(実績)	令和 4(2022)年度(見込)
数量(件)		120,000	116,500
	前年比	-	97.1
金額(百万円)		120,000	116,500
	前年比	-	97.1

地盤改良工事に関する実態をまとめた文献等はほとんどみられないが、液状化対策については、平成 30(2018)年 2 月に損害保険料率算出機構がまとめた「建物の液状化対策工法およびその実施状況に関する調査」が公表されている。平成 23(2011)年に発生した東日本大震災や平成 28(2016)年の熊本地震で地盤の液状化が発生したことを受けたもので、建設・施工会社に対するヒアリング調査を実施している。実施期間は平成 28(2016)年 6 月～11 月で、建設・施工会社に対して過去に請け負った物件に関する情報提供を呼びかけ、住宅のほか、学校、商業施設を含めて全国で約 10 万棟の施工事例を収集し、集計した。(約 72 %が戸建住宅、約 23 %が集合住宅、残り 5 %がその他。建築年は大半が平成 23(2011)年以降となり、調査実施年の平成 28(2016)年までの新築住宅が中心となっている)

同調査の主な結果を、表 3.1-24～26 に示す。

表 3.1-24 液状化判定の実施状況

建物の種類	液状化判定の実施割合
戸建住宅	70.9%
集合住宅	78.1%
その他	72.5%
建物種類不明	76.3%
合計	72.9%

(元データ) 損害保険料率算出機構「建物の液状化対策工法およびその実施状況に関する調査」

建物の種類に関わらず、液状化判定実施の割合は 70～80 %であり、いずれも高い割合で実施されている。木造、S 造、RC 造など建物構造による傾向の違いなどは特にみられなかったとされている。

表 3.1-25 液状化対策の実施割合

建物の種類	液状化対策の実施割合
戸建住宅	0.2%
集合住宅	0.5%
その他	24.0%
建物種類不明	0.2%
合計	0.5%

(元データ) 損害保険料率算出機構「建物の液状化対策工法およびその実施状況に関する調査」

表 3.1-25 は、調査で収集されたサンプルのうち、実際に液状化対策工事が実施された割合を示している。合計でも 0.5 %程度であり、7 割以上液状化判定が実施されるのに対して、実際に工事が実施される割合はごく僅かとなっている。同調査では、サンプルとして収集された約 10 万棟の事例のうち、工事の実施は 566 棟に留まっている。

表 3.1-26 採用工法の構成比

工法の種類	実施割合
密度増大工法	23.1%
囲い込み工法	12.0%
杭工法	30.2%
深層混合処理工法	31.3%
その他工法	3.4%
合計	100.0%

(元データ) 損害保険料率算出機構「建物の液状化対策工法およびその実施状況に関する調査」

実際の採用工法としては、「深層混合処理工法」、「杭工法」、「密度増大工法」の3種が比較的大きな割合を示している。鉄板やコンクリート板を利用する耐圧版工法は、上表の「その他工法」に含まれており、実施割合としては非常に小さいことがわかる。

各液状化対策工法の概要を表 3.1-27 に整理する。

液状化対策工法には、①事前に液状化の抑制を図るもの、②液状化が発生しても建物の傾斜や沈下の軽減を図るもの、③液状化により建物の傾斜や沈下の修復を図るものの3つに分類される。

表 3.1-27 では、密度増大工法や囲い込み工法は①、杭工法や深層混合処理工法は②、耐圧版工法は③に該当する。

なお、囲い込み工法においても薄く細い板状の鋼矢板が利用されており、平成 23(2011)年の東日本大震災後は実証実験や商品化がされているが、現在の導入状況は不明である。

表 3.1-27 液状化対策工法の概要

工法の種類	工法の概要
密度増大工法	砂、砕石などを回転圧入して締め固めるサンドコンパクションパイル工法、スクリューロッドを回転圧入し、引き上げ時にドライモルタルを投入し改良体を築造する方法、鋼製棒を利用するロッドコンパクション工法など多様な工法が含まれる。いずれも地盤を締め固めることにより密度を増大させ、液状化の発生を抑制する工法である。
囲い込み工法	セメントなどの柱状地盤改良体を格子状に囲って地盤変形を抑制し、地盤の液状化を防ぐ工法である。薄い鋼矢板を地盤中に圧入し、壁状に囲い込む工法もある。
杭工法	杭状の部材を埋設して建物を支える支持力を確保し、傾斜や沈下を抑制する工法である。液状化対策というよりも建物の支持力を確保するために採用されることが多い。鋼管の杭や木杭などが利用される。
深層混合処理工法	現地の土と固化材を混合掘削して地盤中に改良体を築造し、支持力を確保する工法である。改良体を柱状にするため、柱状時短改良工法とも呼ばれる。戸建住宅への施工実績が多い工法である。
その他工法	その他には、多種多様な工法がみられる。建物の傾斜や沈下の修復を図る工法としては、耐圧版工法、ポイントジャッキ工法、鋼管圧入工法などがある。

(3) 木製板状部材（合板・CLT・LVB・その他）の採用状況及び素材別の市場構成

表 3.1-28 板状地盤補強における木製板状部材の採用状況(推計値)

素材別		令和3(2021)年度 市場規模(m ²)	構成比(%)
木材	合板	0	0.0
	CLT	0	0.0
	LVB	0	0.0
	その他	0	0.0
	小計	0	0.0
その他	鉄	100	64.1
	コンクリート板	56	35.9
	その他	0	0
合計		156	100.0

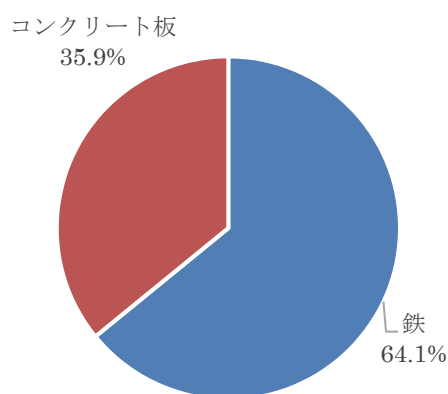


図 3.1-22 板状地盤補強の素材別市場構成 令和3(2021)年度

耐圧版工法で利用される耐圧版については、鋼板もしくはコンクリート板が利用されている。その他素材の利用や利用に向けた研究開発の取り組みなどはみられない(表 3.1-28、図 3.1-22)。

(4) 今後の木製板状部材採用に関する市場可能性

市場においては、耐圧版に木材の利用を図る取り組みはみられず、現時点における木製板状部材の採用可能性は低いとみられる。強度や腐食への対応などの検証が必要とみられる。

3.2 木製板状部材の採用可能性調査（事例調査）

3.2.1 富山地方鉄道の事例（プラットフォーム）

（1）企業概要

富山地方鉄道の企業概要を表 3.2-1 に整理する。

表 3.2-1 富山地方鉄道の企業概要

企業名	富山地方鉄道株式会社
本社所在地	富山市桜町1丁目1番36号
代表者名	辻川 徹 代表取締役社長
資本金	1,557 百万円
設立年月	1930 年 5 月
従業員数	525 名
事業内容	鉄道事業法、軌道法による運輸事業 ・道路運送法による自動車運送事業 ・航空輸送事業代理業 ・娯楽施設ならびに駐車場経営 ・土地、建物の売買、賃貸借ならびに宅地造成事業 ・旅行業 ・建築物環境衛生管理に関する業務

（2）市場における位置づけ及び展開事業の概要

富山地方鉄道(株)は、昭和 5(1930)年の設立であり、地域に根付いた鉄道グループとして 90 年以上、鉄道事業を展開している。

営業延長は、鉄道が 93.2 km、軌道が 15.2 km、乗り合いバスが 2,227.6 km となっている。

発足時には、100 km を超える鉄道路線網があり、1960 年代は国内地方中小鉄道では、2 位となる 139 km の営業距離があったが、その後は路線の譲渡や廃線などにより、営業距離としては減少した。ただし、平成 21(2009)年に富山都心線が開業したことにより、営業距離は再び 100 km を超えている。

地域の交通機関としての役割のみならず、宇奈月温泉や黒部などの有名観光地を結ぶ観光鉄道としても利用されており、駅舎には古くから利用された木造の懐かしい雰囲気のリトロな駅舎が多数残っている。

平成 26(2014)年には、富山市内軌道の開業 100 周年を記念し、既存車両の 1 両を「レトロ電車」としてリニューアルし、木材を社内空間に使用するなど安らぎや温かみのある室内空間を演出している。

近年では、少子化による人口減少が懸念されるものの、北陸新幹線の開業、インバウンド需要の拡大により輸送環境が大きく変化しつつある。令和 2(2020)年に軌道線と富山ライトレール線が接続し、現在は鉄道事業の高架化に注力している。

富山地方鉄道の路線図を図 3.2-1 に示す。



図 3.2-1 富山地方鉄道の路線図

(3) 木製板状部材の採用状況及び採用可能性

富山地方鉄道に対して、木製板状部材の採用状況及び採用可能性についてヒアリングした結果を表 3.2-2 に整理する。事例の写真を、写真 3.2-1 および 3.2-2 に示す。

表 3.2-2 富山地方鉄道に対するヒアリング結果

確認項目	現状及び可能性
1) 木製板部材の採用有無	<p>同社は、歴史のある地方鉄道として木造の古い駅舎が多く残っている。また、リニューアルにおいても、同社では古くからのレトロなデザインを重視しており、他素材を利用せずに木材を積極的に活用している。</p> <p>プラットフォームについては、大半が石積みの上に、表層はコンクリートもしくはアスファルト舗装となっているが、「稲荷町駅」の一路線のみ木製のプラットフォームが現存している。</p>
2) 具体的採用事例の特性	<p>< 件名 > 稲荷町駅木製プラットフォーム 3 番線</p> <p>< 建設時期 > 詳細は不明であるが、昭和 11 (1936) ~ 12 (1937) 年頃と推測される。 同ホームの建設当時から木材が利用されているとみられる。</p> <p>< 場所 > 富山県富山市稲荷町 4-1</p> <p>< 工事規模 > 同駅は単式ホームの 3 面 3 線の規模であるが、木材の利用は 3 番線のホームのみである。他の 2 面については石積みの土台の上にコンクリート、アスファルト舗装が実施されている。延長は数 10 m 程度。</p> <p>< 板・木材の種類 > ベイマツが利用されている。厚さ 36 mm で地域産材ではなく、輸入材を使用。合板や集成材ではなく、単板である。吹き曝しの屋外で利用されるため、防腐処理がされている。利用する木材については、同社が決めているのではなく、発注する元請け業者が選択する形となっている。</p> <p>< 施工後のメンテナンス・リユースの実態 > 同社においては、ホームを含めて 1 年に 1 度簡易的な点検を行い、2 年に 1 度構造を含めた本格的な点検を実施している。3 番線ホームも他の施設と同様であり、点検により傷み激しければ、板自体を張り替える。 張り替えの時期は、特に何年周期などの決まったものではなく、損傷の度合いに応じて実施している。(平均的には概ね 10~15 年に一度の頻度とみられる) 張り替え時に発生した廃材については、リユース、リサイクルなどが実施されている動向はなく、廃棄されている。</p>

確認項目	現状及び可能性
3) 採用された理由/ 採用されない理由	<p>3 番線ホームのみ木材が使用されている理由については、現在は不明としており、ヒアリングにおいても明確な回答は得られなかった。</p> <p>更新においても木材の利用を継続しているが、積極的に木材を利用しているというよりは、予算の問題及び、年中稼働している鉄道運行により、ホーム全面をコンクリートやアスファルトなどの他素材に変更することが難しく、どちらかと言えば消極的な理由で木材の利用を継続している形である。</p> <p>木板の張り替えにおいても、ホーム上の板を一度に全面張り替えるのは難しく、部分的に順次張り替えを行っている。ホーム上の屋根がある部分と雨曝しになる屋根のない部分とで傷みの進行具合が大きく異なり、特に屋根がない部分の張り替え頻度が高くなっている。</p> <p>木材を利用することのメリットとしては、①レトロな雰囲気を出すなどの外観、②補修工事における工期の短さを挙げている。工期については、木板の張り替えは最短 1 日で可能で、コンクリート、アスファルトの場合は 2～3 日必要となることを考えると鉄道を運行しながらの補修にはメリットがある。一方でデメリットとしては、腐食すること、傷みやすさ(耐久性の低さ)、補修(張り替え)の頻度が多いことを挙げている。</p>
4) 今後の 採用可能性及び 採用条件、 必要な改善事項	<p>現在木材を利用している稲荷町駅の 3 番線ホームについては、上記理由により、今後も木材利用を継続する方針である。</p> <p>3 番線ホーム以外については、現状ではプラットフォームを対象とした木材利用の予定はなく、上記理由によりコンクリートやアスファルトの既存駅のホームに木材を利用する可能性は低いと言える。他社を含めてプラットフォームに木材を利用している他の事例も知らず、実績がないものを採用するのはハードルが高いと考えている。ただし、逆に言えば他社などで実績を重ね、木材を利用するメリットが確認できれば、検討の対象にはなり得るとみている。</p>
5) CLT に対する 見解	<p>CLT についても上記と同じく、プラットフォームで利用された実績がなければ採用は難しいと考えている。木材の欠点とも言える腐食の問題や耐久性の面などでもコンクリート等と比較して遜色が無ければ検討の対象とする可能性はある。</p>
6) その他、 木材利用に 関する実績や 活用についての 展望	<p>同社では、昔ながらの木造駅舎の雰囲気を重視しており、木造駅舎(建物)のリニューアルにおいては、木材の利用を積極的に進めている。</p> <p>近年では、大庄駅や越中荏原駅などの建て替えにおいて、木材を積極的に継続して利用しており、今後、他駅のリニューアルにおいても積極的な展開を図る方針である。</p>



写真 3.2-1 稲荷町駅の 3 番線プラットフォーム



写真 3.2-2 同駅プラットフォームの表面

3.2.2 日本合板工業組合連合会の事例（敷板）

(1) 法人概要

日本合板工業組合連合会の法人概要を、表 3.2-3 に整理する。

表 3.2-3 日本合板工業組合連合会の法人概要

法人名	日本合板工業組合連合会
事務所所在地	東京都千代田区神田三崎町 2-21-2 プライム水道橋 8 階
代表者名	会長:井上 篤博（東京合板工業組合理事長）
資本金	—
設立年月	1965 年7月
組合員数	28 企業
事業内容	国内の合板事業を発展させるための各種事業を実施し、会員及び組合員の経営の安定と合理化を図っている。

(2) 市場における位置づけ及び展開事業の概要

日本合板工業組合連合会は、「中小企業団体の組織に関する法律」を根拠法令として、昭和 40(1965)年 7 月に設立された商工組合連合会である。

全国を 4 地区に区分し、それぞれの地区に合板工業組合が設置されている。

（東北合板工業組合、東京合板工業組合、中日本合板工業組合、西日本合板工業組合）

現在は、28 企業、37 工場（普通合板工場 30 箇所、二次加工合板工場 7 箇所）で構成されており、セイホク(株)、秋田プライウッド(株)、ホクヨープライウッド(株)、東京ボード工業(株)、住友林業クレスト(株)、大建工業(株)、(株)ノダなど主要合板メーカーの多くが加盟している。

【事業内容】

高品質な国産合板の利用拡大に取り組んでいる。利用拡大の方針としては、以下の 4 項目を掲げている。

① 新築・耐震リフォームへ

国産合板を床、屋根、壁に施工することにより、建物全体を一体化させ、地震や風害に強い強固な住宅の提供をめざす。

② 中高層・大規模建築物へ

合板の面としての強度を活かし、中高層・大規模建築物への合板利用拡大のため、合板の特徴をより高めた「超厚合板」の製品・技術開発に取り組んでいる。

③ 型枠用・敷板用など土木用資材へ

国産合板は、従来のラワン型枠用合板と比較して、強度、耐久性、接着性能、転回回数など遜色のない品質・性能を持っていることから、積極的な提案を進めていく方針である。

④ 森林・林業の成長産業化実現

国産合板は、合法木材を原料とした環境にやさしい資材であり、その利用拡大は地域材の有効活用につながり、日本の森林・林業の成長産業化に大きく貢献する。

国産材の活用としては、従来からの東南アジアを中心としたラワン材（天然広葉樹木材）から針葉樹への原料転換への取り組みを 1990 年代から続けており、針葉樹合板の生産量の比率は、平成 30(2018)年には 96 %に達している。特にスギなどの国産材の活用を推進し、平成 30(2018)年には合板用原木の 85 %が国産材となっている。ただし、日本で利用されている合板の約半数は東南アジアや中国で生産された輸入品であり、日本の人工林資源の一層の有効活用に取り組んでいる。

近年は国産合板のさらなる用途拡大をめざし、中高層・大規模建築物や国産型枠用合板の利用拡大に注力している。

(3) 木製板状部材の採用状況及び採用可能性

日本合板工業組合連合会に対して、木製板状部材の採用状況及び採用可能性についてヒアリングした結果を表 3.2-4 に整理する。

表 3.2-4 日本合板工業組合連合会に対するヒアリング結果

確認項目	現状及び可能性
1) 木製板部材の採用有無	東京合板工業組合では、国産合板の利用用途拡大の一環として、実証調査などを実施した経緯がある。実証実験の結果を踏まえて、敷板合板の普及を図ることを目的に普及活動を行った。
2) 具体的採用事例の特性	<p><件名> 地域材を利用した合板敷板の需要拡大について (平成 24 年度 林野庁補助事業。木材産業等連携支援事業、地域木材産業等連携支援事業)</p> <p><実証調査の時期> 平成 24(2012)年 8 月～25(2013)年 1 月</p> <p><場所> 宮城県栗原市花山字本沢熊倉地内(坂下)復旧治山工事</p> <p><工事規模> 実証試験区間は、同工事内の 120 m 区間と 20 m 区間</p> <p><板・木材の種類> 特類 2 級 28×910×1820 mm 全層スギ合板 140 枚 特類 2 級 24×910×1820 mm 全層スギ合板 110 枚 工事車両の走行にも対応できる必要があることから、厚物合板が採用された。原料は宮城県産約 23 m³を利用した。同実証には、24 mm と 28 mm の二種が採用されており、24 mm 以上の厚物合板は一般的に木造建築物の床下材料として普及している。使用時に移動してしまう恐れがあるため、アンカーで 1 枚あたり①短辺 4 点、②長辺 4 点、③長辺の対角位置 2 点、④対角位置にドリルで穴をあけて固定する 2 点穴留めの 4 方法で設置したほか、アンカーによる固定の改良策として、ドリル穴をあけた上でチェーンによる連結を実施した。</p> <p><施工後のメンテナンス・リユースの実態> 同件では、実証調査としての採用であり、設置後のメンテナンスやリユースは特に行われていない。</p>

確認項目	現状及び可能性
3) 採用された理由/ 採用されない理由	<p>実証実験については、合板を建築構造用として利用するのみならず、土木資材として敷板に活用するため、敷設する合板の種類や使用枚数、合板の留め方の方法、合板の移動・摩耗・割れなどの状況を把握するために実施した。当時は、東日本大震災の復興需要で敷鉄板が不足していた時期と重なり、敷板としての利用を検討した経緯がある。</p> <p>実証実験後、1,000部のパンフレットを作成し、厚物構造用合板の普及を図ったが、その後継続した具体的な活動は実質的に行っていない。事後調査なども行っていないため、実際に合板が敷板として利用された事例についても知らないとしている。森林土木工事などで利用されている可能性もあるが、同組合に対して問い合わせや引き合いについては、ほとんどみられなかった。</p>
4) 今後の採用可能性及び採用条件、必要な改善事項	<p>実証実験の結果の要点は以下のとおりであった。</p> <ul style="list-style-type: none"> アンカーの固定については、地盤の状況によって打ち込みが困難であったが、チェーン連結では若干手間を要するが比較的容易に設置が可能。 大型トラックやクローラーキャリアが激しく動きまわるところや方向転換する場所では、一部合板に破損・割れがみられたが、その他の場所では特に問題がなかった。 鉄鉄板と比較して人力での移動、設置が可能であり、コストについても採用メリットがある。 屋外における長期間の利用にも関わらず、腐食の問題などは生じなかった。 <p>大型重機を利用する場合は、一部利用の制限はあるものの、概ね敷板としての利用に問題はなく、軽量性やコスト低減について採用メリットがあるため、普及の可能性はあると考えている。ただし、採用如何は、最終的には工事業者の判断であり、採用する側の意識の問題が大きいとみている。現状、組合連合会においては、敷板よりは国産型枠材としての普及に注力しているが、工事業者は従来の南洋材から国産材に変更しただけでも、抵抗を感じるものであり、本格的な普及には敷板に合板を利用する明確なメリットを認識してもらう必要がある。</p>
5) CLT に対する見解	<p>合板の場合であれば、製品にランク付けがされており、比較的低いランクの製品を利用すればコスト的にメリットが出るが、CLT の場合は価格が合うかどうか懸念される。</p>
6) その他、木材利用に関する実績や活用についての展望	<p>土木分野における合板の利用については、現状では敷板についてはあまり注力しておらず、どちらと言えば、国産材を利用したコンクリート型枠や面材(防音壁など)について積極的にPRしている。型枠については、もともと合板(南洋材)が利用されていたこともあり、国産でも性能的に違いないことが分かれば採用してもらいやすいとの見解である。</p>

3.2.3 滋賀県の事例（雪崩防止柵）

(1) 法人概要

滋賀県の法人概要を表 3.2-5 に整理する。

表 3.2-5 滋賀県の法人概要

法人名	滋賀県(自治体)
本庁所在地	滋賀県大津市京町四丁目 1 番 1 号
代表者名	三日月 太造 (滋賀県知事)
資本金	—
設立年月	1872 年 9 月
職員数	3,278 名(一般行政部門)
事業内容	自治体行政全般

(2) 市場における位置づけ及び展開事業の概要

滋賀県における木材利用への取り組みでは、平成 22(2010)年の「公共建築物等における木材の利用の促進に関する法律」が制定されて以降、「公共建築物における建築物における滋賀県産木材の利用方針」を策定し、取り組みを進めている。その後、令和 2(2020)年に琵琶湖森林づくり条例の改正及び、琵琶湖森林づくり基本計画(第 2 期)の制定を受けて、令和 3(2021)年に利用方針を一部改正したほか、令和 3(2021)年に「公共建築物等における木材の利用の促進に関する法律」が改正・施工されたことに伴い、令和 4(2022)年 5 月に基本方針の対象を、民間建築物を含めた建築物一般に拡大し、利用方針を変更している。

滋賀県では、昭和 40 年代以降、スギ、ヒノキの植林が進み、現在は約 4 割が人工林となっている。人工林資源の多くは、すでに木材として利用できる段階にあることから、利用を前提とした森林整備が森林の保全・管理を適切に推進していくうえで重要な課題となっている。

滋賀県産木材の利用方針では、「琵琶湖森林づくり基本計画」の基本指標である県産材の素材生産量の達成をめざして、公共建築物の原則木造化や内装木質化の推進を図るほか、公共工事においては自然環境や生態系、景観に配慮した広報を進め、木材の特性を活かせる施工箇所については、積極的に県産材を利用する工法を採用するとしている。

公共工事については、「公共建築物における建築物における滋賀県産木材の利用方針」において、木材の特性を活かせる施工箇所については、積極的に県産材を利用する旨を定めているが、実際の事業においては、経済性、現場条件、耐用年数などを勘案して、総合的に判断されている。

森林土木工事については、「公共建築物における建築物における滋賀県産木材の利用方針」が策定される以前の平成 18(2006)年に「森林土木工事等木材使用技術基準」が定められており、同時期に県内で県産材利用の機運が高まった経緯もある。同技術基準では、表 3.2-6 に示す区分で各工種の設置箇所や規模、設計に関する指針が定められており、重要構造物として雪崩防止柵が含まれている。

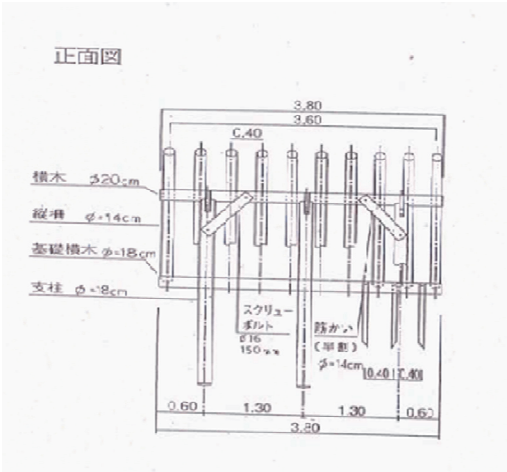
表 3.2-6 「森林土木工事等木材使用技術基準」の適用範囲

区分	工種
重要構造物	谷止工、床固工、なだれ防止柵、橋梁工
普通構造物	流路工、護岸工、土留工、擁壁工
簡易構造物	柵工、筋工、水路工、階段工、標識、案内板、横断溝、側溝蓋、安全防護柵、法 枠工、丸太伏工、魚道、水叩工、アスカーブ、視線誘導工、落石緩衝材、獣害防 止柵、歩道工
仮設・補助的構造物	型枠、残存型枠、工事中標識

(3) 木製板状部材の採用状況及び採用可能性

滋賀県に対して、木製板状部材の採用状況及び採用可能性についてヒアリングした結果を表 3.2-7 に整理する。

表 3.2-7 滋賀県に対するヒアリング結果

確認項目	現状及び可能性
1) 木製板部材の採用有無	滋賀県湖北地域振興局では、森林土木事業として木製なだれ予防柵、類似の施設としてグライド防止三角枠工を整備した実績がある。ただし、両製品には丸太材が採用されており、木製板部材は利用されていない。
2) 具体的採用事例の特性	<p>< 件名 > 平成 15 年度 第 1 号 なだれ防止林造成事業</p> <p>< 建設時期 > 平成 15 (2003) 年度</p> <p>< 場所 > 滋賀県伊香郡余呉町菅並</p> <p>< 工事規模 > 木製雪崩予防柵 25 基を設置 縦柵 径 14 cm 長さ 3.38 m 支柱 径 18 cm 長さ 2.8 m 基礎横木 径 18 cm 長さ 3.8 m 横木 径 20 cm 長さ 3.8 m 筋交 径 14 cm 長さ 1.0 m 半割 コンクリート基礎による設置。 (製造元:長浜坂田森林組合)</p>  <p>< 板・木材の種類 > スギ(県産材)</p> <p>< 施工後のメンテナンス・リユースの実態 > 不定期による点検は実施しているが、メンテナンスは実質的に行っていない。設置後 20 年が経過しているが、施設は現在も利用されており現状ではリプレイスなどは予定していない。廃棄後のリユースなども特に決まっていない。</p>

確認項目	現状及び可能性
3)採用された理由/ 採用されない理由	<p>2000年代に入って滋賀県内において、県産材の利用用途を拡大しようとする機運が高まった時期があった。</p> <p>余呉町の雪崩防止柵についてもその一環として計画されたもので、試行的に整備された。木材を利用することの環境配慮の側面のほか、植林木の段階的な利用が可能である点が整備の動機になった。</p> <p>雪崩防止柵が整備された前年には、同様の理由により、高島市においてグライド防止三角枠工が整備されており、現在もリプレイスなどは行われずに利用されている。なお、グライド防止三角枠工は、6 m×24 基、4 m×3 基の延長計 156 m で、県産スギなどの丸太材が利用されている。雪崩防止柵と同様、森林組合が製造元になっている。</p> <p>これまで同県で木製の雪崩防止施設が設置されたのは、上記 2 件のみである。</p>
4)今後の採用可能性及び採用条件、 必要な改善事項	<p>現状においては、新たに木製の雪崩予防施設を設置する予定はない。</p> <p>森林土木関連では、木製に限らず、近年は新設の計画がないこともあるが、木製の場合は、腐食しやすく、更新の頻度が高いことが課題である。</p> <p>現在利用している木製雪崩予防施設は、20～30 年程度の耐用年数を想定しているが、鋼材製と比較して寿命が短いことは大きな課題である。</p>
5)CLT に対する見解	<p>近年は、木製の雪崩予防施設の新設を計画していないこともあり、CLT の採用等についても検討していない。県の施策においては、CLT は土木よりは、建築分野での積極的な採用をめざしている。</p>
6)その他、木材利用に関する実績や活用についての展望	<p>近年における県産材の土木分野における木材利用については、コンクリート型枠、工事標識、筋工などに注力している。また、過去に整備した施設では、水路工については、「インフラ長寿命化計画」に基づき、定期的なメンテナンスを行い、しっかりとした維持管理を図っている。</p>

【主な参考文献】（図・写真等の引用含む）

- ・ 土木学会 67 回年次学術講演会(平成 24 年 9 月)
「コスト比較による簡易ホーム改修時期及び改修方法の検討について」(JR 東日本株式会社)
- ・ 「令和 3 年度交通の動向 令和 4 年度交通施策」(国土交通省)
第 208 回国会(常会)提出資料
- ・ 「軽仮設材の保有量に関する事態調査」(一般社団法人 軽仮設リース業協会)
- ・ 「第 13 回 軽仮設材リース・レンタル使用度調査報告」(一般社団法人 軽仮設リース業協会)
- ・ 「道路吹雪対策マニュアル」(国立研究開発法人土木研究所 寒地土木研究所)
- ・ 「建物の液化化対策工法およびその実施状況に関する調査」(損害保険料率算出機構)
- ・ 平成 24 年度事業報告書「地域財を利用した合板敷板の需要拡大について」(東京合板工業組合)

第 4 章

CLT 土木利用の経済評価

4.1 CLT 土木利用のコスト比較

4.1.1 施工内容の設定

CLT を地盤中に埋設することによって地盤を補強する技術を対象として、コスト比較を行った。

具体的には、木構造振興株式会社が発注主体となった「令和 3 年度 木材製品の消費拡大対策のうち CLT 等木質建築部材技術開発・普及事業」の「低コスト CLT と土木利用技術の開発」事業で開発した、CLT を用いた水平地盤補強技術(以下、CLT 水平地盤補強工法)を対象として、他の工法とのコスト比較を行った。

CLT 水平地盤補強工法の実証試験は、秋田県大潟村(旧八郎潟)の軟弱地盤にて実施された。実証試験で使用された CLT の概要を表 4.1-1 に、CLT の配置イメージを図 4.1-1 および図 4.1-2 に示す。実証試験は①井桁、②井桁(固定)、③面状の 3 つのケースで行われている。

③面状では、基盤に直接 CLT を強軸方向が直行するように 2 段敷設し、その上に砂を投入して盛土が造成されている。①井桁および②井桁(固定)では、CLT の使用量を減らすために、③面状試験で用いた CLT の幅を半分にして、井桁状に 2 段敷設し、その上に砂を投入して盛土が造成されている。①井桁では、CLT を単純に 2 段重ねているが、②井桁(固定)では井桁の交点でピン(丸鋼)を用いて互いが滑らないよう固定されている。なお、①井桁と②井桁(固定)では、1 段目の CLT 敷設後に CLT 間に砂を投入し、締め固めている。

表 4.1-1 使用された CLT の概要

配置・固定有無	サイズ(m)	枚数
①井桁状(固定なし)	①6.9 × 1.15 × 0.09	①19 枚
	②4.6 × 1.15 × 0.09	②23 枚
②井桁状(固定あり)	①6.9 × 1.15 × 0.09	①19 枚
	②4.6 × 1.15 × 0.09	②23 枚
③面状(固定なし)	①6.9 × 2.3 × 0.09	①19 枚
	②4.6 × 2.3 × 0.09	②23 枚

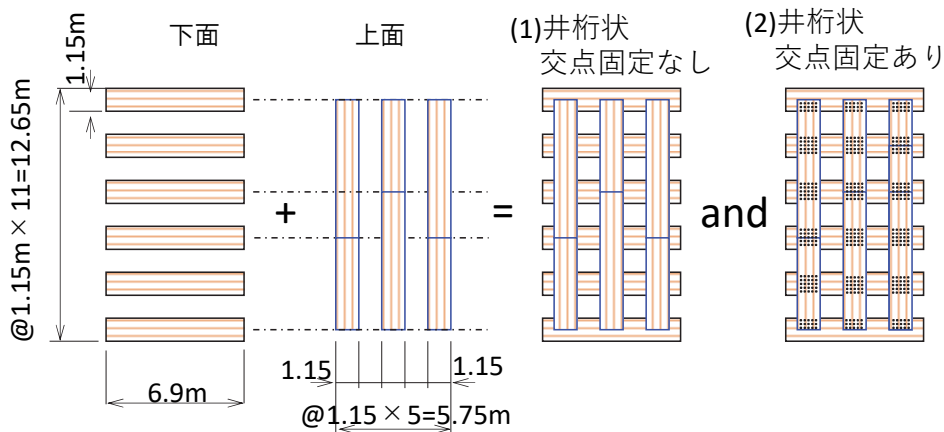


図 4.1-1 CLT の配置イメージ(井桁、井桁・固定)

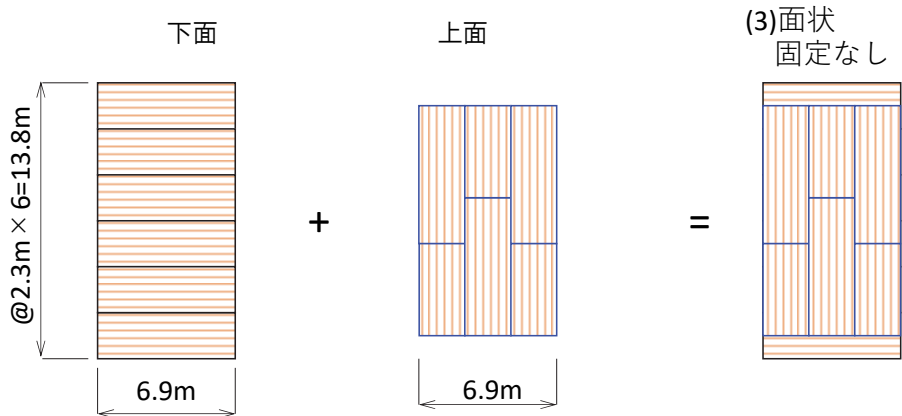


図 4.1-2 CLT の配置イメージ(面状)

比較対象として、中層混合処理工法、敷設(ジオテキスタイル)工法、マットレス工法を取り上げた。各工法の断面図を
図 4.1-3~5 に示す。

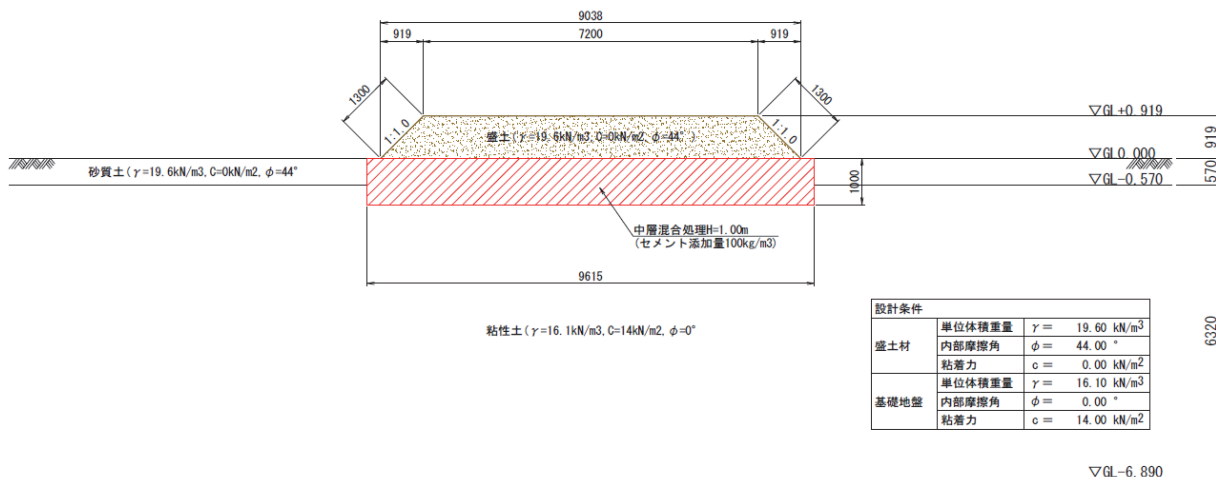


図 4.1-3 中層混合処理工法の断面図

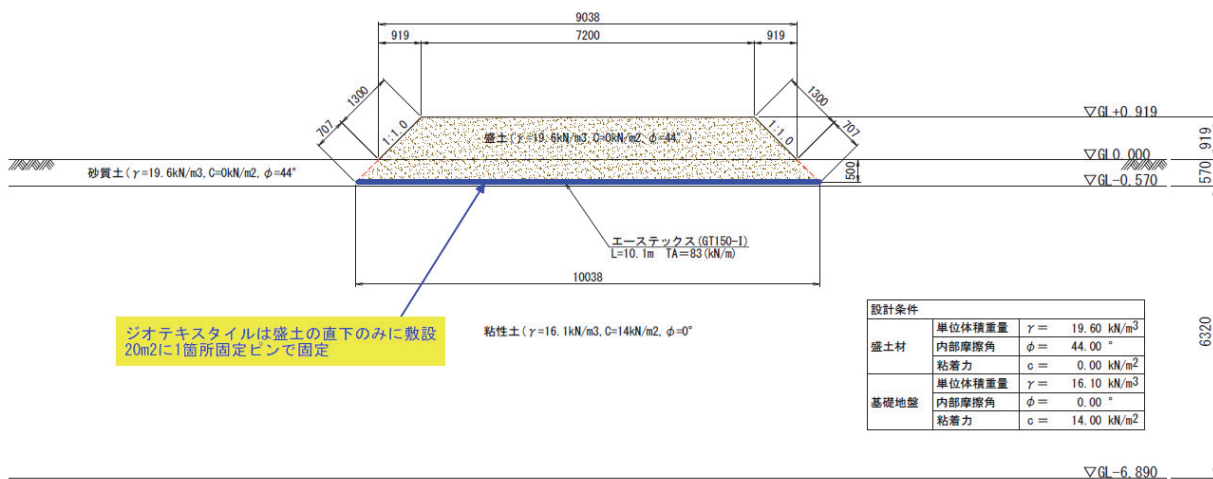


図 4.1-4 敷設(ジオテキスタイル)工法の断面図

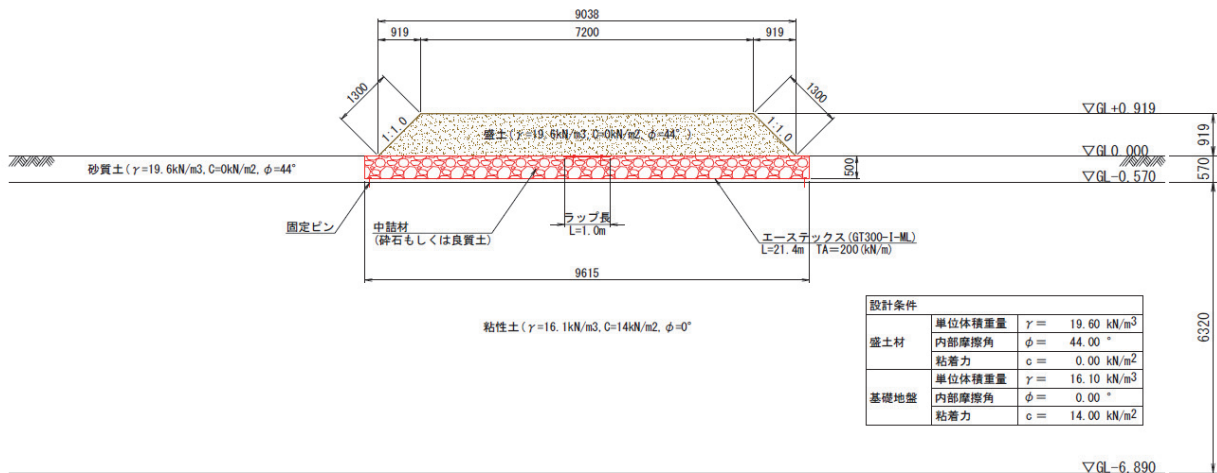


図 4.1-5 マットレス工法の断面図

4.1.2 コスト比較

4.1.1 で説明した各工法を対象として、コスト比較を行った。積算単価は、国土交通省土木工事積算基準により算出した。評価対象は、床掘り費、施工費、材料費、埋戻し費、盛土費とした。床掘り費、埋戻し費、盛土費には、在工費を含んでいる。なお、工事費における諸経費や、材料の運搬費は含めていない。

中層混合処理工法の値を 100 とした相対値を以下に示す。現在の建築用 CLT 単価で算出した結果を図 4.1-6 に、CLT 単価が 1/2 になったと想定して算出した結果を図 4.1-7 に、CLT 単価が 1/3 になったと想定して算出した結果を図 4.1-8 に示す。

今回の比較では、敷設(ジオテキスタイル)工法が最も安くなり、次いでマットレス工法、中層混合処理工法の順となった。CLT 水平地盤補強工法は、井桁状に設置したケースでは、CLT 単価が、現在の建築用 CLT 単価の 1/2 になった場合に、中層混合処理工法と同程度のコストとなることが分かった。面状に設置したケースでは、CLT 単価が、現在の建築用 CLT 単価の 1/3 になると、中層混合処理工法と同程度のコストとなることが分かった。

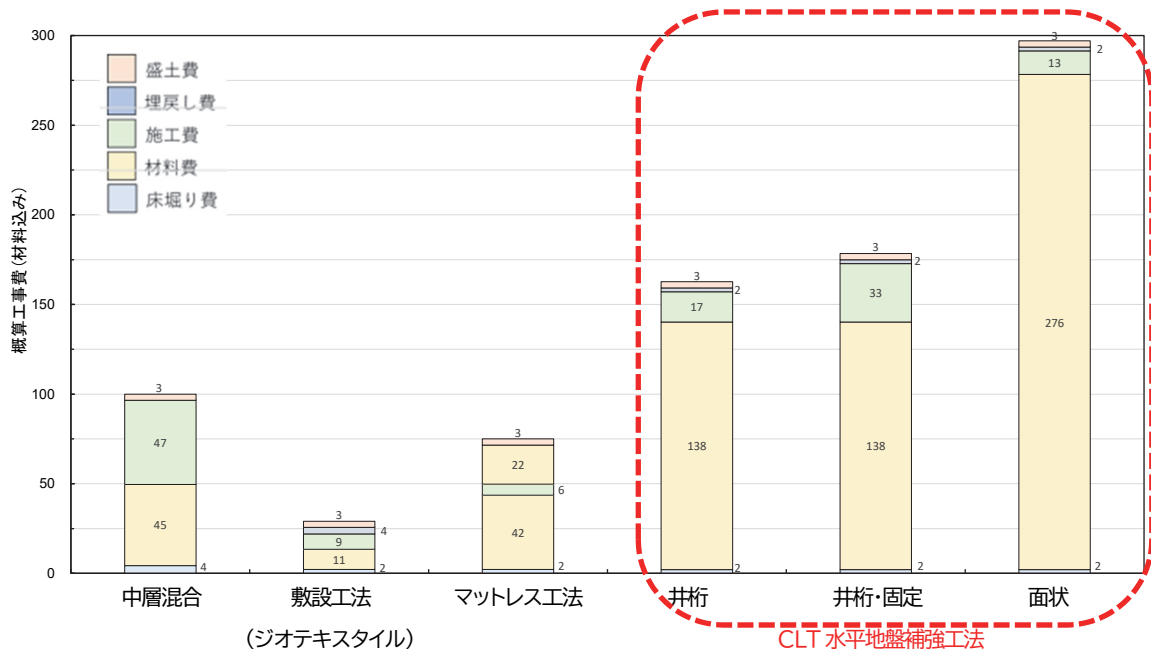


図 4.1-6 コスト比較結果(現在の建築用 CLT 単価で算出)

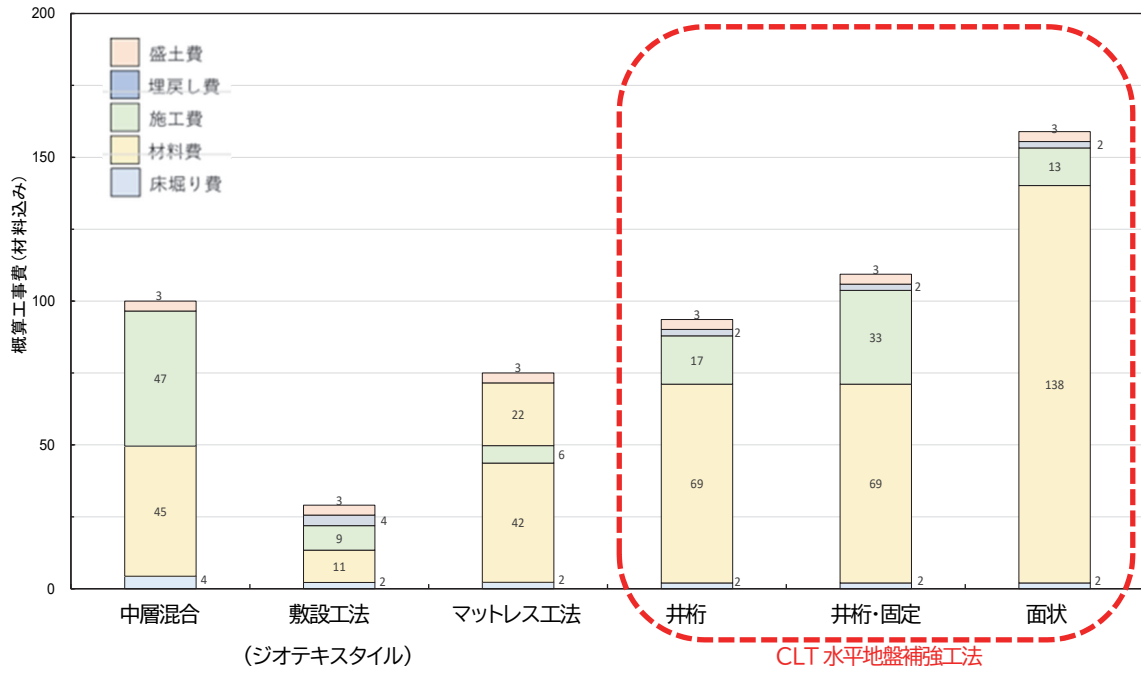


図 4.1-7 コスト比較結果 (CLT 単価を 1/2 と想定)

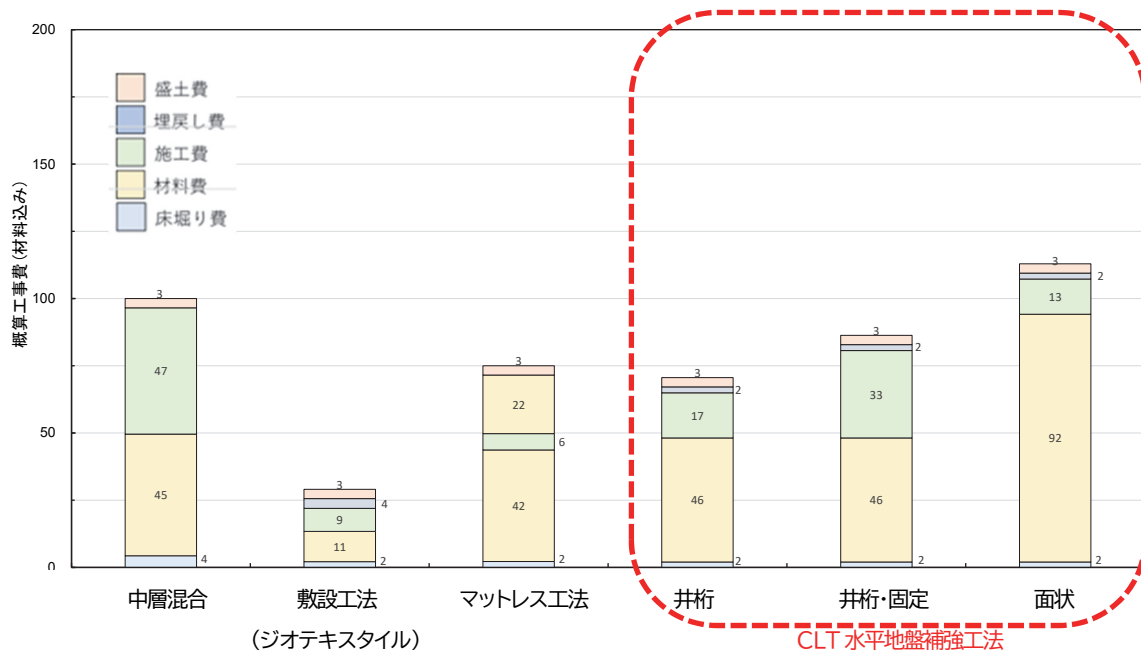


図 4.1-8 コスト比較結果 (CLT 単価を 1/3 と想定)

4.2 CLT 土木利用のビジネスモデルの検討

4.2.1 CLT 敷板の特性

令和 3(2021)年度、士別市多寄地区において、河畔林伐採の現場にて、CLT 敷板(以後 CLTmat と記述)としての実証実験を行った。その後も北海道各地において、チップヤード(士別市)や住宅外構(岩見沢市)、治山現場(占冠村)でも実際に実験的な使用を続けている。こうした中、CLTmat をビジネスとしてどのように普及させていくことができるのか。対象技術である敷鉄板およびブラシキの利用とも比較しながら、どのようにビジネスとして展開できるのかについて、その事業可能性を明らかにすることを目的とする。

これまでの実証実験での使用感、敷鉄板の使用で課題に感じていることと CLTmat の可能性などから、(株)イトイグループホールディングス(以下 イトイグループ HD)が考える(想定する)敷鉄板に対する CLTmat のメリット・デメリットについて、表 4.2-1 に整理した。これらのメリットは、敷鉄板を利用している実体験をもとにした仮説であり、本調査内で現場や販売にたずさわる関係者のヒアリングをもとに、リアリティの高いものとして整理していく必要がある。

表 4.2-1 敷鉄板に対する CLTmat のメリット/デメリット イトイグループ HD 作成

メリット	デメリット
<p>1) コストが安い 敷き鉄板 (1.5m*6m)単価175,000円/枚→1.9万円/m²。 CLT敷板の単価は1-1.1万円/m²</p>	<p>1) 耐朽性は断然低い。 ・敷き鉄板は修繕・清掃しながら永続的な利用が可能。 ・敷きCLTは3-5年程度でほぼ使えなくなると考えられる。 ただし防腐剤、防蟻材は塗布する。 →使い方で大きく変わる。</p>
<p>2) 軽い(運賃が下げられる) ・木材比重0.4に対して鉄は7.8。厚さが異なるため、面積比では1/4程度。 ・20トントレーラー運搬も簡易 ・4tユニックでも横持ち可能(クレーンで吊れる)</p>	<p>2) 曲げ強度強いが、折れることも。 厚みが強いので曲げ強度は高いが、強い力がかると曲がるのではなく、折れてしまう。鉄板は曲がるので、修繕可能である。</p>
<p>3) 安全性高い 重量物でないため、積み下ろし時の危険性が下がる。</p>	<p>3) 軽い 敷き鉄板は、重いことで利用価値がある場合もある。</p>
<p>4) 鉄板上より暑くない 労働環境としてのメリット。</p>	
<p>5) 加工可能 木材のため、加工は後からでも自由に可能。 接合部などの工夫は今後も可能。</p>	
<p>6) 脱炭素社会への寄与 鉄に比べ、生産、運送、廃棄の全てにおいて、脱炭素社会に寄与する。</p>	
<p>7) 最終的にチップ化 廃棄するのではなく、チップにして販売することも可能</p>	

4.2.2 敷板レンタル会社へのヒアリング

(1) ヒアリングの目的

敷鉄板およびプラシキ(硬質プラスチック製の敷板)について、どういった使用状況なのか、用途はどういうシーンなのか、保有枚数はどの程度なのか、CLT を取り扱う場合には、どういったことが必要と考えるか、などを把握するため、レンタル会社3社にヒアリングを実施した。

(2) ヒアリングの結果

表 4.2-2 に敷板レンタル会社のヒアリング結果を示す。

表 4.2-2 敷板レンタル会社のヒアリング結果

<p>①A社(CLT利用について) 本社:大阪府</p> <ul style="list-style-type: none"> 敷鉄板についての価格や使用状況確認。⇒課題は待ち時間も含めた運送費。 プラシキ(60-100円/枚・日)が競合になるのではないかと軽しい、保管も簡単。 経済性だけでなく、社会的価値が重要ではないかと。 保管については、野ざらしありきとして、どのように保管するのがいいかは要検討。 セールス方法が一番の課題。レンタルはメンテが難しい。営業先としては公共工事や建設コンサルなどの設計採用が必要と考える。
<p>②B社(敷鉄板について) 本社:北海道</p> <ul style="list-style-type: none"> 保有枚数として、道北エリアだけで9,000枚保有⇒道内全体では10-20万枚ぐらいの流通量ではないかと。 用途:高規格道路 6か月以上 春一秋 / 河道掘削 名寄、音威子府など / 農業 土別は地盤いいが富良野は泥炭地 300-400枚/現場 / 送電網や風車の工事(稚内が多い) / 変電所 トランス交換 価格:50-60円/日。ただしスーパーゼネコンなどは40円/日 メンテナンス:掃除泥落とし⇒泥捨てが手間であり、泥は産廃。管理人員として一人常駐。 鉄の価格上昇中で120円/kg程度⇒資産として保有しており、敷鉄板は実質資産上昇 需要は季節変動があり、冬季はあまり動かない。最も需要が多いのが10月。
<p>③C社(プラシキ「こうじばん」について) 本社:北海道</p> <ul style="list-style-type: none"> メリットとしては、「扱いやすさ」が一番(人力で取り扱いが可能) 年間の需要ニーズとしては、4月頃から使い始め、9-10月がピーク。12月には返却ピーク。1-3月は動き鈍い。イベント利用などが多い(滑り止めあるので、歩行者用など) サイズは、4尺×8尺(1220mm×2440mm)が基本 保有枚数は、全国で8000枚、そのうち北海道2900枚、そのうち旭川400枚 需要箇所は場所によって多少異なる。 道北⇒土木需要(公共工事)が8割と多い。例:電力の鉄塔建設工事で11t車が入れないような山奥など。 道央⇒土木需要だけでなく、都市部の建築現場も多い。 敷鉄板を選ばない理由として、「現場が短い」「移動が多い」など機動力が必要な現場。 値段(レンタル)は、「こうじばん 500円+120円/日」「敷鉄板 1000円+60円/日」であり、返却時に、破損、清掃などは費用発生。少し壊れただけの場合、使用者が買い取ることもある。 値段(仕入れ)相場は、38,000円/枚程度 性能が上がっており、以前の他社製品は欠損や破損が多かったが、こうじばんは頑丈。 償却年数は1年で償却可能である。実際の耐用年数は、3-5年程度という認識。

(3) 考察

- ・敷鉄板は耐用年数がほぼ無期限であり、また資産価値が実質落ちないという面で、レンタル会社における会社経営にとっては非常に価値のある製品であることが分かった。
- ・プラシキは敷鉄板の補完的な役割を担っており、特に都市圏での需要が高い。
- ・賃料は敷鉄板が安い(表 4.2-3)。100 日借りることを想定して 1 枚当たりの賃料を試算した結果を、表 4.2-4 に示す。しかし、重量制限によって運送効率が悪く運賃が高いため、賃料だけでは比較できない。CLTmat は軽く敷鉄板よりも多くの枚数を運搬することができるが、厚さが 90 mm (敷鉄板は 22 mm、プラシキは 12.7 mm) であり、高さ制限によって運送効率はプラシキよりは悪い。
- ・プラシキは 1 枚あたり 38,000 円/枚での流通とのことであり、単位面積あたり単価は 12,750 円/m² である。同じ面積を CLTmat で敷くと想定した場合、プラシキの単価を 2 m×3.5 m×0.09 m の CLTmat サイズに当てはめると、7 m² で 89,250 円/枚であり、この場合の CLTmat の体積は 0.63 m³ であることから、1 m³ あたりの単価は 141,667 円/m³ と同程度といえる。
- ・プラシキは、人力で動かせること、滑り止めに様々な工夫があること、基本は数日—数週間の短期利用、など CLTmat とは異なるシーンでの利用も考えられるため、CLTmat は敷鉄板とプラシキの中間程度の存在ではないかと考えられる。

表 4.2-3 賃料単価

	サイズ(中心的な製品)	基本料金 (円/枚)	単価(円/枚)	単価(円/m ² ・日)
敷鉄板	1524 mm×6096 mm	1,000	60	6.46
プラシキ	1220 mm×2440 mm	500	120	40.27

表 4.2-4 例: 100 日借りた場合の 1 枚あたり賃料

	基本料金(円/枚)	単価(円/枚)	貸借日数	合計(円)
敷鉄板	1,000	60	100	7,000
プラシキ	500	120	100	12,000

4.2.3 公共工事でのマーケット調査

(1) 目的

公共工事における敷鉄板の設計採用量を把握することにより、CLTmat の競合として考えられる敷鉄板がどの程度の市場規模があるのかを把握する。

(2) 調査方法

北海道開発局が実施した令和 3(2021)年度内に契約された全ての工事について、公表されている工事設計書から、敷鉄板に関する使用量と使用日数を選び分ける作業を行う。

使用したページの URL 「工事設計書等の公表について」北海道開発局事業振興部 工事管理課 工事統計調査係

<https://koukan-jv.hkd.mlit.go.jp/kouji-management/IKOU0100Action?login=true>

(3) 調査結果

敷鉄板の延べ利用量は、9,465,150 日・枚であり、60 円/日・枚とした場合、5.67 億円/年の賃料市場があるといえる。開発建設部単位での敷鉄板及び、必要 CLT の量(日・枚)を表 4.2-5 に示す。部局別では、札幌地区が最も多く、続いて室蘭地区と続いている。

表 4.2-5 開発建設部部局ごとの敷鉄板数および必要 CLT 日・枚数

	工事数	延べ枚数	設置面積(m ²)	敷鉄板 日・枚	必要 CLT 日・枚
札幌	342	36,227	317,996	4,321,799	5,328,566
函館	106	5,145	47,782	201,358	267,111
小樽	107	1,929	17,914	159,246	211,222
旭川	173	6,139	57,012	865,738	1,148,600
室蘭	167	10,306	95,701	1,355,597	1,798,368
釧路	141	5,908	54,851	733,095	972,478
帯広	124	6,215	55,449	676,765	878,774
網走	133	4,751	44,107	512,370	679,595
留萌	64	3,625	32,765	327,494	433,098
稚内	59	2,866	26,604	311,688	413,420
合計	1,416	83,111	750,181	9,465,150	12,131,232

(4) 考察

- 北海道開発局の工事では、年間の敷鉄板使用延べ枚数が 83,111 枚であった。別途、ヒアリング調査を行った北海道建設部の公共工事(道庁工事数が、各部の中で最も多いと考えられる)で利用された延べ枚数は、49,878 枚であった。これらをあわせて 12 万枚を超えており、その他、北海道の他部局、民間の工事など合わせて、15~20 万枚程度の需要ではないかと推測される。
- 賃料市場規模は、北海道開発局発注工事だけで 5.67 億円規模である。道内全公共工事では、10 億円を超える規模と考えられる。
- 事業実施に向けては、札幌および室蘭地区への最初の展開が有力であると考えられる。
- 必要 CLT 日・枚は、12,131 千枚を超えている。100 日間平均で使用したと仮定すると、121 千枚が必要であり、たとえば 10 %のシェアを取った場合、約 1.2 万枚(体積:0.63 m³/枚×1.2 万枚=7,560 m³)が必要となるが、令和 3 年度木材統計(農水省)によれば、令和 3(2021)年度の CLT 年間生産量(全国)は 1.5 万 m³であることから、大きなインパクトをもつ量だといえる。

4.2.4 マーケティングフォーマット「PMF」への適応

マーケティングには様々なフレームワークが存在するが、本調査では近年注目が集まる PMF に着目し、マーケティングの文脈から、CLTmat の普及について分析を行う。

(1) PMF とは

PMF とは、Product(製品)が、Market(市場)に適合(Fit)している状態の頭文字をとったものであり、市場を満足することができる商品が、正しい市場にいることを意味する。PMF の概念を図 4.2-1 に示す。

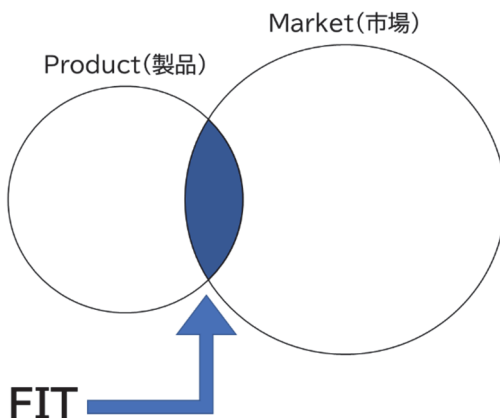


図 4.2-1 PMF の概念図

出典:新規事業を成功させる PMF (プロダクトマーケットフィット) の教科書 (栗原康太) 翔泳社
(以下 PMF の教科書)

PMF 前は、必死に頑張るが売れなかったり、顧客が満足していない状況であったりしますが、PMF 後は顧客からの問い合わせに追われ、人手が不足するような販売状況になる。この PMF 状態になることが製品の市場適合における指標として、重要だという考え方である。

PMF を達成するための道のりについて、図 4.2-2 に示す。PMF はフェーズ4であり、そこまでに顧客と課題、課題と解決策、解決策と製品の3段階のフィットが必要であり、その先に製品と市場のフィットへとつながる。その後、事業としてスケールさせていくような道のりも必要である。

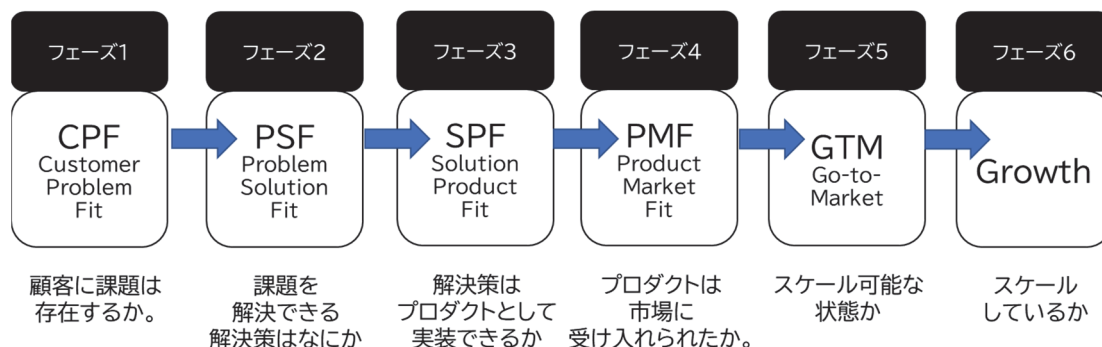


図 4.2-2 フィットジャーニーの6つのフェーズ(「PMF の教科書」より)

(2) CLTmat が PMF を実現するためのフェーズ詳細とタスク整理

表 4.2-6 は、PMF を実現するためのフェーズについて、「目標」「指標」「主な活動」の 3 つの項目について、それぞれの詳細を示したものである。

PMF の「目標」におけるバリュープロポジションとは、「自社が提供でき、競合他社が提供できず、顧客が求める独自の価値」として定義されており、この価値の明確化が必要である。また、NPS とは Net Promoter Score (顧客のロイヤリティを測る指標) であり、顧客が友人や知人にお勧めしたいかどうかを 11 段階で評価するものである。ショーン・エリステストは、顧客に「このプロダクトが使えなくなったらどう思うか」を問い、「とても残念」が 40 %を超えた場合には PMF を達成している指標となる。リテンションレートは、商品が使い続けられているかを計測する指標であり、BtoB の場合には月次や年次の解約率を使うことが多いとのこと。エンゲージメントは、新規顧客による商品を使い続けているかどうかを分析する。

表 4.2-6 フィットジャーニーの 6 つのフェーズ詳細(「PMF の教科書」より)

	目標	指標	主な活動
CPF Customer Problem Fit	<ul style="list-style-type: none"> ・バーニングニーズの発見と検証 ・創業チームの組成 	<ul style="list-style-type: none"> ・課題が存在していること ・課題が解決するに値する切実な事柄 	<ul style="list-style-type: none"> ・顧客インタビュー ・受託やPoCでの課題探索 ・創業チーム内での壁打ち ・仮説の言説化/精緻化
PSF Problem Solution Fit	<ul style="list-style-type: none"> ・課題に対する解決策の立案と検証 ・お金を払ってくれるかの検証 	<ul style="list-style-type: none"> ・熱狂的な数名の顧客が存在すること。 	<ul style="list-style-type: none"> ・MVPの作成 ・営業資料、デモの作成 ・顧客インタビュー ・営業
SPF Solution Product Fit	<ul style="list-style-type: none"> ・課題に対する解決策をプロダクト化できるか。 	<ul style="list-style-type: none"> ・契約の基本合意書の締結 	<ul style="list-style-type: none"> ・プロトタイプ作成 ・共創パートナー顧客の発見
PMF Product Market Fit	<ul style="list-style-type: none"> ・プロダクトが市場に受け入れられるかの検証 ・バリュープロポジションの明確化 	<ul style="list-style-type: none"> ・NPS ・ショーン・エリステスト ・リテンション ・エンゲージメント 	<ul style="list-style-type: none"> ・プロダクト開発 ・ローンチ ・カスタマーサクセス
GTM Go-to-Market	<ul style="list-style-type: none"> ・ビジネスモデルの検証 ・スケラビリティの検証 	<ul style="list-style-type: none"> ・売上、受注数、ユーザー数等の成長率 ・ユニットエコノミクス 	<ul style="list-style-type: none"> ・チャネルの発見/最適化 ・採用/育成方法の発見
Growth	<ul style="list-style-type: none"> ・計画通りの事業の成長 	<ul style="list-style-type: none"> ・売上規模や顧客数 ・営業利益やEBITDA 	<ul style="list-style-type: none"> ・チャネルの拡張 ・セグメントの拡張 ・採用/育成

CLTmat は、現段階では「主な活動」から鑑みた場合、第 1 フェーズ CPF および第 2 フェーズ PSF の段階、さらに第 3 フェーズの SPF に少しずつ移り始めているような段階であると考えられる。

敷鉄板ユーザーにおいて、課題は存在しているが、バーニングニーズとは考えにくい。PoC(Proof of Concept:概念実証)については、土木利用ワーキンググループ内で実証実験が行われている段階である。

PSF における MVP とは、Minimum Viable Product (必要最小限の価値を提供できる商品) であり、現段階は、MVP 商品によって PoC を、本事業にて実証実験している状況と言える。その他、ユーザーへのインタビュー(実証実験現場の現場代理人や作業員へ)や、トライアル使用のための顧客が数名(数社)いるような状態となっている。さらに、プロトタイプの作成や共創パートナー顧客の発見については、いよいよその萌芽が見られ始めている。

(3) PMF へ向けて

PMF に向けては、CLTmat が商品として成立した状態をまずは作る必要がある。そのためには、一般的に活用されているマーケティングの 4C (Customer Value, Cost, Convenience, Communication) のフォーマットを意識して考えることが、のぞましいと思われ、現段階での 4C としては、以下のように考えらえる。

- ・顧客価値 (Customer Value) : 安全性 (重量、滑りにくさ)、工程短縮、ゼロカーボンへの寄与、
利便性やリードタイムの速さ
- ・価格 (Cost) : 賃料は敷鉄板より上がるが、運賃、設置撤去、積卸が下がるため総額は下がる
- ・利便性 (Convenience) : ウェブ、電話など窓口の一本化が必要となる
- ・コミュニケーション (Communication) : 営業マン、ブランディング、製品ストーリー、販売チャンネル、
広告・パブリシティ等

顧客価値や価格はこれまで検討してきたが、利便性やコミュニケーションは今後のセールス展開における大きな課題と考える。PMF の主な活動欄に、ローンチとカスタマーサービスとあって、レンタルや販売展開した場合のお客様にとっての利便性やコミュニケーションは、まさにこの段階での重要なテーマである。

同時に、NPS、ショー・エリステスト、リテンション、エンゲージメントなどを継続的に計測しながら、顧客にとってのベストソリューションなプロダクトへと変化させ続ける必要がある。

4.2.5 北海道厚真町での事業計画について

(1) CLTmat 事業のステップについて

北海道で CLTmat を展開するにあたり、当面はマザーボードの製造ではなく、本州以西の CLT 製造メーカーから仕入れ、道内では販売またはレンタル事業から開始することを想定している。PFM に向けた最初のフェーズとして需要創出が最優先テーマであり、商品開発と流通・メンテナンスという工程の上流側・下流側を実現しながら、中流 (部品生産、組み立て) の規模や役割を明確化していくという順序で考えていくことが、リスクを少なく付加価値・利益率を高められ、事業としての安定性・確実性を実現しながら、将来的な北海道産材の一气通貫の流通を実現できると考える。これは、図 4.2-3 に示すスマイルカーブ理論といわれる考え方であり、製造業の一般的な考え方に基づくものである。

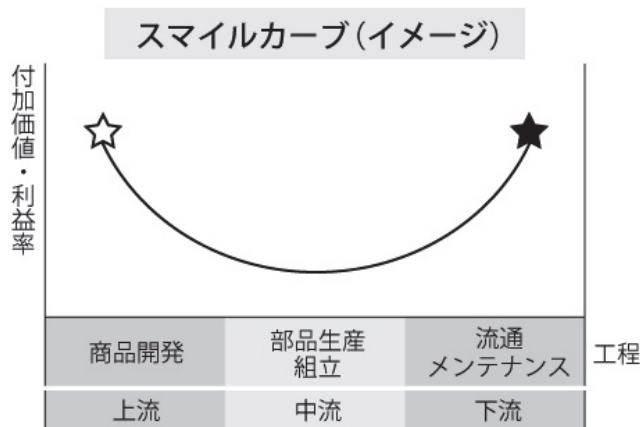


図 4.2-3 スマイルカーブ (イメージ)

出典: wedge オンライン <https://wedge.ismedia.jp/articles/-/5283>

(2) 拠点エリアと協力体制

拠点エリアとして、本州との物流に非常に適した道内主要港湾である苫小牧港近辺が想定される。また、敷鉄板需要が最も多い札幌圏にも自動車ですら1時間程度と、需要地にも近い。

そうした条件において厚真町は非常に適しており、またイトイグループ HD の関連会社による木質バイオマス事業が令和 5(2023)年 2 月に稼働開始されることもあって、CLTmat 事業においても町との協力や協議もすでに実施していることから、厚真町での事業実施を想定する。令和 3(2021)年度には、厚真町役場に対してイトイグループ HD より物流拠点(長期的には製造拠点)の具体的な場所に関する相談や申し入れを行っており、行政としても事業実施については協力的な姿勢を示している。

今回、厚真町における物流拠点を起点とした、CLTmat の販売またはレンタル事業に関する計画について、調査を行った。

(3) 拠点候補地

拠点については、令和 4(2022)年 8 月 29 日に、厚真町役場より厚真町幌里 382 を候補地として提案を受けた(写真 4.2-1)。候補地は写真右で、緑色でマークしたエリア(面積約 1ha)である。南西側に広がる土地(同地番)も一体的な利用が可能であり、令和 5(2023)年 2 月よりイトイグループ HD 内企業によるバイオマス事業が実施され、周囲に CLTmat を保管することも可能であることから、スタート時には土地の確保が十分にできていると考えてよい。

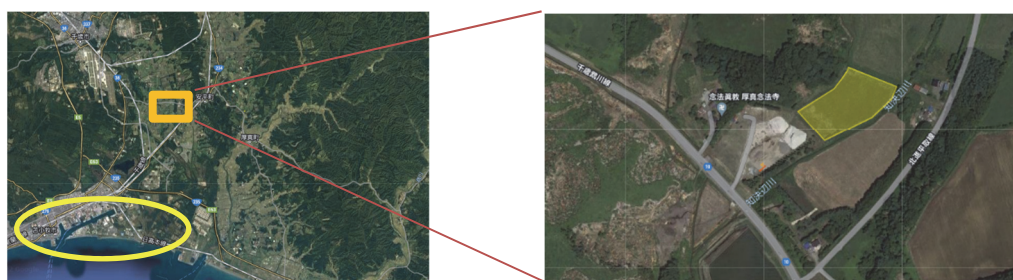


写真 4.2-1 候補地(北海道厚真町幌里 382)

写真左:黄色○が苫小牧港、□は厚真町の一部

写真右:写真左の□を拡大

(4) 運送方法

メーカーからの遠距離輸送については、トレーラーを利用する。トレーラーへの積載状況については、図 4.2-4、5 で示す。

トレーラーの荷台長さは 12m であり、3 列並べることが可能である。高さは 6 枚を 1 セットとし、リン木 15cm を 6 枚ずつに対して入れる。トレーラー荷台高さが 2.5 m であることから 3 セット(18 枚)が高さ制限の最大値となる。よって、トレーラー 1 車あたり 54 枚搭載することができる。

条件が変更する可能性としては、荷積み先・荷降ろし先のフォークリフト荷役重量スペック次第である。上記図は、荷役可能設定を 1.5 t と想定しており、これより小さなフォークリフトの場合には、1 セット 6 枚の設定が変更となる。

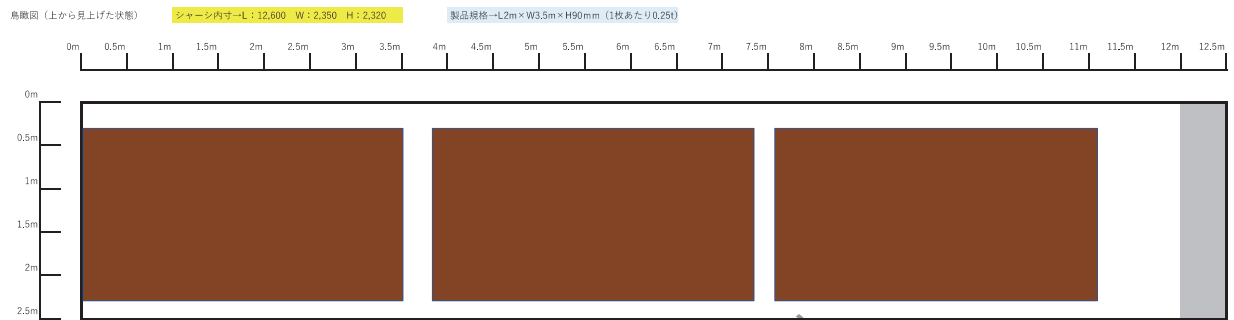


図 4.2-4 トレーラーへの搭載状況(上から見た図)

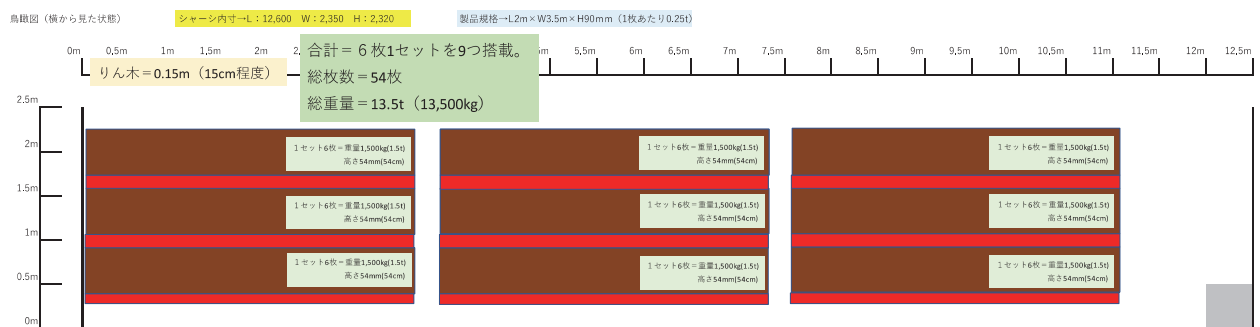


図 4.2-5 トレーラーへの搭載状況(横から見た図)

(5) 洗浄、検収基準

(a) 洗浄について

レンタルされた CLTmat は、返却時に洗浄することが必要となる。今回、実証実験において泥池(占冠村における堰堤工事の工事用道路工)で使用した CLTmat が非常に汚れており(写真 4.2-2)、高圧洗浄機による水洗いを行った。

高圧洗浄機では、泥は洗浄することができたが、ラミナに入り込んでしまった小石を取ることはできなかった。ここまでの汚れの場合には、廃棄(燃料化)することになると考えられる。



写真 4.2-2 非常に汚れが目立つ CLTmat (右は小石が入り込んでしまっている状態)

(b) 検収基準

レンタル会社は、レンタル備品ごとに検収基準を定めており、CLTmat についても検収基準の提示は必要となる。例として、カナイリース(株)の敷鉄板に関する検収基準を表 4.2-7 に示す。

また、敷鉄板は、補修するためのプレス機や手作業での補修など、検収基準に応じて修理を行っている(写真 4.2-3)。

表 4.2-7 敷鉄板の検収基準(カナイリース(株)ウェブサイト)

一般整備項目	本体に附着した泥、土等は水洗い、洗浄し除去する。
特別整備・修理項目	<ul style="list-style-type: none"> ・本体の曲がり、反りのある程度迄のもの(プレス矯正) ・他の物と溶接されたもの ・吊り込み用穴の補修
廃棄項目	<ul style="list-style-type: none"> ・本体の曲がり凹みの著しいもの ・本体の変形(ネジれ反り)の著しいもの ・本体のガス切断されたもの、割れの発生したもの



写真 4.2-3 敷鉄板の補修機械や修理の様子((株)ホンムラ ウェブサイトより抜粋)

<https://honmura.co.jp/work/steel/>

(6) 事業要件および収支計画

本調査では、現段階での事業収支計画を策定する。(a)販売事業、(b)レンタル事業の2パターンについて検討した。

(a) 販売事業

販売事業の事業要件を表 4.2-8 に整理する。

表 4.2-8 販売事業要件

項目	内容
初期費用	場所確保、準備等で10百万円
販売量	2000枚(1年)⇒5000枚(2,3年)⇒7,000枚(4年)⇒8,000枚(5年)
建屋	無し
人員体制	拠点長1名、作業員2名、事務局1名の4名体制
土地	厚真町から賃貸(25円/m ²)
販売単価	販売単価:8.75万円/m ³
仕入れ単価	仕入れ単価:7万円/m ³ (うち運賃1万円/m ³)
使用期間(製品寿命)	3年間
チップ化	8,000円/tでレンタル会社から買い取り(=2,000円/枚) 12,000円/tで需要家へ販売。(試算に算入していない)
諸経費	売上×5%

事業条件に関する各項目の説明は以下の通りである。

- ・販売量: 実際の実現可能な数量を想定
- ・建屋: 商社機能においては不要、または既存建屋を利用。
- ・人員体制: 想定される人員
- ・土地: 実際の賃料
- ・販売単価: 仕入れの 1.25 掛
- ・仕入れ単価: CLT 土木開発プロジェクトでの土木用 CLT の目標単価
- ・転用期間: 想定される製品寿命
- ・チップ化: 価格が不安定なため、試算に算入していない。
- ・諸経費: 想定されていない運賃、事務経費、租税公課などを想定

販売事業における事業収支計画を、年間事業収支計画(月単位)、および 5 年計画の 2 種類を提示する。

まず、初年度の年間事業収支計画を表 4.2-9 に示す。販売量(枚)を月の下に提示しており、1 枚あたり $0.63 \text{ m}^3(2 \text{ m} \times 3.5 \text{ m} \times 0.09 \text{ m})$ を想定した。販売量は半年後の 10 月から少しずつ増加し、最終的に 2,000 枚が販売されるシナリオとなり、以下の結果が得られた。

売上	: 110,250 千円
利益	: 5,666 千円
利益率	: 約 5 %

表 4.2-9 販売事業における初年度の年間事業収支計画

CLT厚真 損益計算書およびCF

2023年度	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	合計
販売量 (枚) ※0.63m ³ /枚		50	50	50	50	50	50	100	200	200	300	400	500
売上高 (概算)		2,756,250	2,756,250	2,756,250	2,756,250	2,756,250	2,756,250	5,512,500	11,025,000	16,537,500	22,050,000	27,562,500	110,250,000
CLT卸販売		2,756,250	2,756,250	2,756,250	2,756,250	2,756,250	2,756,250	5,512,500	11,025,000	16,537,500	22,050,000	27,562,500	110,250,000
CLT賃料													0
運転経費		2,948,813	2,948,813	2,948,813	2,948,813	3,148,813	3,148,813	5,491,625	10,177,250	15,362,875	20,048,500	24,734,125	104,584,500
原材料費+運賃		2,205,000	2,205,000	2,205,000	2,205,000	2,205,000	2,205,000	4,410,000	8,820,000	13,230,000	17,640,000	22,050,000	88,200,000
労務費		500,000	500,000	500,000	500,000	700,000	700,000	700,000	700,000	1,200,000	1,200,000	1,200,000	9,600,000
賃料		20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	240,000
燃料代		48,000	48,000	48,000	48,000	48,000	48,000	48,000	48,000	48,000	48,000	48,000	576,000
通信費		5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	60,000
自動車保険料		3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	36,000
自動車リース料		30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	360,000
諸経費 (売上の5%)		137,813	137,813	137,813	137,813	137,813	137,813	275,625	551,250	826,875	1,102,500	1,378,125	5,512,500
最終損益		-192,563	-192,563	-192,563	-192,563	-392,563	-392,563	20,875	847,750	1,174,625	2,001,500	2,828,375	5,665,500
累計損益		-192,563	-385,125	-577,688	-770,250	-1,162,813	-1,558,375	-1,534,500	-686,750	-339,000	835,625	2,837,125	5,665,500

2021年度	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	合計
税引前営業CF①	-192,563	-192,563	-192,563	-192,563	-192,563	-392,563	-392,563	20,875	847,750	1,174,625	2,001,500	2,828,375	5,665,500
消費税 (考慮せず)													0
税引後営業CF②	-192,563	-192,563	-192,563	-192,563	-192,563	-392,563	-392,563	20,875	847,750	1,174,625	2,001,500	2,828,375	5,665,500
投資CF③ (投資)													0
FCF②+③	-192,563	-192,563	-192,563	-192,563	-192,563	-392,563	-392,563	20,875	847,750	1,174,625	2,001,500	2,828,375	5,665,500
財務CF④	0	-100,000	-100,000	-100,000	-100,000	-100,000	-100,000	-100,000	-100,000	-100,000	-100,000	-100,000	-1,100,000
初期投資	-10,000,000												-10,000,000
自己資金	10,000,000												10,000,000
返済		-100,000	-100,000	-100,000	-100,000	-100,000	-100,000	-100,000	-100,000	-100,000	-100,000	-100,000	-1,100,000
現金残高 残高②+③+④	-192,563	-485,125	-777,688	-1,070,250	-1,562,813	-2,055,375	-2,134,500	-1,386,750	-1,139,000	-64,375	1,837,125	4,565,500	0

続いて、5年間(2023-2027年)の事業収支計画を表4.2-10に示す。

初年度は上述の表に示した通りであり、そこから要件どおりに販売量が5,000枚、7,000枚と増加するとともに、賃貸事業をトライアルとして実施する売上を計上している。利益率は10%程度に向上している。

表4.2-10 販売事業における5年間収支計画

CLT厚真 5年間収支計画

	2023	2024	2025	2026	2027
販売量(枚) ※0.63m ³ /枚	2000	5000	5000	7000	8000
売上高(税抜)	110,250,000	275,625,000	275,625,000	385,875,000	441,000,000
CLT卸販売	110,250,000	275,625,000	275,625,000	385,875,000	441,000,000
CLT賃料	0	0	0	0	0
運転経費	104,584,500	246,131,250	256,001,250	349,713,750	398,570,000
原材料費+運賃	88,200,000	220,500,000	220,500,000	308,700,000	352,800,000
労務費	9,600,000	9,600,000	15,000,000	15,000,000	15,000,000
賃料	240,000	240,000	500,000	500,000	500,000
燃料代	576,000	1,000,000	5,000,000	5,000,000	7,000,000
通信費	60,000	60,000	120,000	120,000	120,000
自動車保険料	36,000	150,000	300,000	300,000	300,000
自動車リース料	360,000	800,000	800,000	800,000	800,000
諸経費(売上の5%)	5,512,500	13,781,250	13,781,250	19,293,750	22,050,000
最終損益	5,665,500	29,493,750	19,623,750	36,161,250	42,430,000
累計損益	5,665,500	35,159,250	54,783,000	90,944,250	133,374,250

	2023	2024	2025	2026	2027
税引前営業CF①	5,665,500	29,493,750	19,623,750	36,161,250	42,430,000
消費税(考慮せず)					
税引後営業CF②	5,665,500	29,493,750	19,623,750	36,161,250	42,430,000
投資CF③(投資)					
FCF②+③	5,665,500	29,493,750	19,623,750	36,161,250	42,430,000
財務CF④	-1,100,000	-1,100,000	-1,100,000	-1,100,000	-1,100,000
初期投資	-10,000,000				
自己資金	10,000,000				
返済	-1,100,000	-1,100,000	-1,100,000	-1,100,000	-1,100,000
	0				
現金残高 残高+②+③+④	4,565,500	32,959,250	51,483,000	86,544,250	127,874,250

(b) レンタル事業

レンタル事業の事業要件を表 4.2-11 に示す。

表 4.2-11 レンタル事業要件

項目	内容
初期費用	場所確保、準備等で 10 百万円
レンタル量	2,000 枚→3,000 枚→5,000 枚→7,000 枚→8,000 枚
建屋	無し
人員体制	拠点長 1 名、作業員 2 名、事務局 1 名の 4 名体制
土地	厚真町から賃貸(25 円/m ²)
レンタル料単価	レンタル料単価: 80 円/枚
仕入れ単価	仕入れ単価: 7 万円/m ³ (うち運賃 1 万円/m ³)
使用期間(製品寿命)	3 年間
チップ化	8000 円/t でレンタル会社から買い取り(=2000 円/枚) 12,000 円/t で需要家へ販売(試算に算入していない)
諸経費	売上×5%

事業条件に関する各項目の説明は以下のとおりである。

- ・販売量: 実際の実現可能な数量を想定
- ・建屋: 商社機能においては不要、または既存建屋を利用。
- ・人員体制: 想定される人員
- ・土地: 実際の賃料
- ・レンタル料単価: 想定されるレンタル料は 4.2.2 のヒアリング結果をもとにブラシキと同単価
- ・仕入れ単価: CLT 土木開発プロジェクトでの土木用 CLT の目標単価
- ・転用期間: 想定される製品寿命
- ・チップ化: 価格が不安定なため、試算に算入していない。
- ・諸経費: 想定されていない運賃、事務経費、租税公課などを想定

初年度(令和5・2023年度)の事業収支計画を表4.2-12に示す。

表4.2-12 レンタル事業における初年度の年間事業収支計画

CLT厚真 損益計算書およびCF

2023年度	2023年度												合計	
	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月		
販売量(枚) ※0.63m3/枚		50	50	100	100	200	500	1000	1000	1000	2000	2000	2000	
売上高(税抜)	170,000	170,000	340,000	340,000	680,000	1,700,000	3,400,000	3,400,000	3,400,000	6,800,000	6,800,000	6,800,000	6,800,000	34,000,000
CLT卸販売														0
CLT賃料	120,000	120,000	240,000	240,000	480,000	1,200,000	2,400,000	2,400,000	2,400,000	4,800,000	4,800,000	4,800,000	4,800,000	24,000,000
整備費	50,000	50,000	100,000	100,000	200,000	500,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000	2,000,000	2,000,000	2,000,000	2,000,000	10,000,000
運転経費	2,819,500	614,500	2,828,000	623,000	5,050,000	13,921,000	22,826,000	776,000	776,000	45,246,000	1,146,000	1,146,000	1,146,000	97,772,000
原材料費+運賃	2,205,000	2,205,000	4,410,000	4,410,000	8,820,000	22,050,000	44,100,000	0	0	0	0	0	0	88,200,000
労務費	500,000	500,000	500,000	500,000	500,000	500,000	500,000	500,000	500,000	700,000	700,000	700,000	700,000	6,600,000
賃料	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	240,000
燃料代	48,000	48,000	48,000	48,000	48,000	48,000	48,000	48,000	48,000	48,000	48,000	48,000	48,000	576,000
通信費	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	60,000
自動車保険料	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	36,000
自動車リース料	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	360,000
諸経費(売上の5%)	8,500	8,500	17,000	17,000	34,000	85,000	170,000	170,000	170,000	340,000	340,000	340,000	340,000	1,700,000
最終損益	-2,649,500	-444,500	-2,488,000	-283,000	-4,370,000	-12,221,000	-19,426,000	2,624,000	2,624,000	-38,446,000	5,654,000	5,654,000	5,654,000	-63,772,000
累計損益	-2,649,500	-3,094,000	-5,582,000	-5,865,000	-10,235,000	-22,456,000	-41,882,000	-39,258,000	-36,634,000	-75,080,000	-69,426,000	-63,772,000	-63,772,000	-63,772,000
2021年度	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	9月	
税引前営業CF①	-2,649,500	-444,500	-2,488,000	-283,000	-4,370,000	-12,221,000	-19,426,000	2,624,000	2,624,000	-38,446,000	5,654,000	5,654,000	5,654,000	-63,772,000
消費税(考慮せず)														0
税引後営業CF②	-2,649,500	-444,500	-2,488,000	-283,000	-4,370,000	-12,221,000	-19,426,000	2,624,000	2,624,000	-38,446,000	5,654,000	5,654,000	5,654,000	-63,772,000
投資CF③(投資)														0
FCF②+③	-2,649,500	-444,500	-2,488,000	-283,000	-4,370,000	-12,221,000	-19,426,000	2,624,000	2,624,000	-38,446,000	5,654,000	5,654,000	5,654,000	-63,772,000
財務CF④	0	-100,000	-100,000	-100,000	-100,000	-100,000	-100,000	-100,000	-100,000	-100,000	-100,000	-100,000	-100,000	-1,100,000
初期投資	-10,000,000													-10,000,000
自己資金	10,000,000													10,000,000
返済		-100,000	-100,000	-100,000	-100,000	-100,000	-100,000	-100,000	-100,000	-100,000	-100,000	-100,000	-100,000	-1,100,000
現金残高 残高+②+③+④	-2,649,500	-3,194,000	-5,782,000	-6,165,000	-10,635,000	-22,956,000	-42,482,000	-39,958,000	-37,434,000	-75,980,000	-70,426,000	-64,872,000	-64,872,000	0

続いて、5年間(令和5-9・2023-2027年)の事業収支計画を表4.2-13に示す。

初年度は上述の表に示した通りであり、そこから要件どおりに販売量が増加する。販売事業と比較して収益性が下がるが、4年目に累積で黒字に転換する。

表4.2-13 レンタル事業における5年間収支計画

CLT厚真 5年間収支計画

	2023	2024	2025	2026	2027
販売量(枚)※0.63m3/枚	2000	3000	5000	7000	8000
売上高(税抜)	24,000,000	87,600,000	146,000,000	204,400,000	233,600,000
CLT卸販売					
CLT賃料	24,000,000	87,600,000	146,000,000	204,400,000	233,600,000
運転経費	97,772,000	66,140,000	126,040,000	133,960,000	88,910,000
原材料費+運賃	88,200,000	48,510,000	97,020,000	97,020,000	48,510,000
労務費	6,600,000	10,000,000	15,000,000	20,000,000	20,000,000
賃料	240,000	240,000	500,000	500,000	500,000
燃料代	576,000	2,000,000	5,000,000	5,000,000	7,000,000
通信費	60,000	60,000	120,000	120,000	120,000
自動車保険料	36,000	150,000	300,000	300,000	300,000
自動車リース料	360,000	800,000	800,000	800,000	800,000
諸経費(売上5%)	1,700,000	4,380,000	7,300,000	10,220,000	11,680,000
最終損益	-73,772,000	21,460,000	19,960,000	70,440,000	144,690,000
累計損益	-73,772,000	-52,312,000	-32,352,000	38,088,000	182,778,000

	2023	2024	2025	2026	2027
税引前営業CF①	-73,772,000	21,460,000	19,960,000	70,440,000	144,690,000
消費税(考慮せず)					
税引後営業CF②	-73,772,000	21,460,000	19,960,000	70,440,000	144,690,000
投資CF③(投資)					
FCF②+③	-73,772,000	21,460,000	19,960,000	70,440,000	144,690,000
財務CF④	-1,100,000	-1,100,000	-1,100,000	-1,100,000	-1,100,000
初期投資	-10,000,000				
自己資金	10,000,000				
返済	-1,100,000	-1,100,000	-1,100,000	-1,100,000	-1,100,000
	0				
現金残高 残高+②+③+④	-74,872,000	-54,512,000	-35,652,000	33,688,000	177,278,000

4.2.6 バイオマス燃料に関するヒアリング

(1) 目的

CLTmat が廃棄されるタイミングでは、CO₂ 削減、化石燃料代替および経済性向上の 3 点から、廃棄物処理するのではなく、有価物として燃料利用を想定する。そのためには、接着剤を燃焼させたとして問題がないか、経済的、社会的に課題はないか、などの基本的な情報が必要であり、ヒアリングを行った。

(2) ヒアリング結果

(a) 北海道林産試験場（接着剤の問題の有無について）

CLT 燃焼について燃焼温度が高ければ(800 度)、有害物質は発生しないので問題ない旨確認。

・水性高分子—イソシアネート系・・・炭酸カルシウム⇒カルシウムが灰分。炭素、窒素、酸素など有機化合物なので、問題ない。畑にまいても問題ない。

・レゾルシノール接着剤・・・価格は高いが、環境負荷は低めとのこと。価格が高いため、土木用として想定されにくいとのこと。

(b) 日本木質バイオマスエネルギー協会（JWBA）

・制度面

寿命を迎えた CLTmat は、FIT 制度における燃料区分が「建設資材廃棄物」と考えられ、発電所にとっては 13 円/kWh でしか売電できないことから、需要は低いまたは安価での購入が考えられる。ただし、木質バイオマス発電・証明ガイドラインの間 3-11「型枠合板」の取扱いに近いと考えられることから、「一般木質バイオマス」(売電単価 24 円/kWh)の可能性も考えられる。林野庁への確認が必要である。

参考:木質バイオマス発電・証明ガイドライン(林野庁:平成 27 年 7 月改)

問3-11. グリーン購入法に基づく特定調達品目となっている「合板型枠」(※)は、型枠としての使用後に燃料として使用された場合は、どの価格区分が適用されるのか。【H27. 7. 10追加】

※ 合板型枠とは、建物や構造物の工事において、コンクリートを目的とする形に形成させるため、コンクリート打ち込み時に合板を組んで型枠として使うもの。

グリーン購入法に基づいて、間伐材や合法性が証明された木材等を使用した合板型枠については、その旨について版面表示がなされていることから、版面表示を確認することで他の製品等との分別・管理が容易となります。

このため、特定調達品目となっている「合板型枠」については、分別管理の上で本ガイドラインに基づいた証明を行うとともに、使用していた者が廃棄物として排出したのではなく、有価で取引（地場における一般木質バイオマスの区分で使用される資材と同程度の価格であること等、客観的に見て当該取引に経済合理性があること）したことが伝票等で確認できれば、一般木質バイオマスの区分の価格が適用となります。

ただし、上記のように、木質バイオマス認証材であることが表示などでわかるようにしないとイケない。使用時に消えないようにする工夫も必要である。

・産業用ボイラーでの熱利用について

産業用ボイラーで、廃棄物サイクルに入った資材の燃料利用について、すでにかなり利用されている。産業界における脱炭素に向けて、産業向け廃材の熱利用はこれから増えていく可能性がある。産業界は、「より安く」から、自社の活動の中に「脱炭素」の要素を落とし込んでいる。金融側から、投資基準として社会性が重要視されている。グリーン材よりも価値は下がるが、CLTmat を使い、燃料利用もできるのではないかと。併せて、産業用熱ボイラーには、化石燃料高騰により木質バイオマス(建設廃材が中心)の人気が出ている。たとえば、北海道では北海道熱供給公社が札幌駅周辺の地域熱供給における燃料として、木質バイオマス(および天然ガス)を中心的なエネルギーとして 2009 年から導入している。

・業務用ボイラーについて

業務用ボイラーでも使われている事例はある。昭和時代に建てられた街場の銭湯などは廃材を燃料とした事例も多かった。また昨今も業務用ボイラーで建設資材の廃材が使われる事例も出てきている。

・チップ化について

チップは、破碎チップなので、ピンやオーバーが出やすい。ただし、破碎チップパーはタフ。とはいえ、CLT は大きく、直交しているため堅いので、本当に碎けるのかは疑問。チップパー側の負荷は実証したほうがよい。切削チップパーだと刃が負ける可能性がある。モーターから火が出たりするなど、焼ける可能性もある。

チップ化の前処理(切断、清掃など)は手間がかかるなど、難しいのではないかな。

・単価について

建廃チップの販売単価は、廃棄物の流れを通ったもの(廃棄物処理費を支払っているため、安価)については、1,000-3,000 円/t 程度が相場であり、昨今チップ相場が上がっているとはいえ、5,000 円/t までは届いていないと考えられる。今回、建廃チップに比べ、異物が入っていない分、値段は多少高く取引できるのではないだろうか。

チップ製造事業者が、CLTmat ユーザーから寿命を迎えた製品を仕入れる場合、3,000 円/t(1枚あたり 750 円)程度で仕入れ、チップ化作業したのち 5,000 円/t 程度で熱利用先に販売するのが妥当ではないかと考える。ただし、CLTmat の引き取りと、チップ運送の2回分の運賃を考えるとその 1.5-2 倍程度は考慮に入れる必要はある。よって、売価は最大 10,000 円/t となる。

これを灯油と比較した場合、以下の試算となる。乾燥したチップ 1 t の熱量は 12 GJ/t であって、10,000 円/t であれば 833 円/GJ である。灯油は、1 L あたり 36.7 GJ/L であることから、

$$833 \text{ 円/GJ} \times 36.7 \text{ GJ/L} = 30.5 \text{ 円/L}$$

現在の灯油市場単価は 100 円/L を超えており、価格競争レベルは非常に高い。

いずれにしても、CLT ユーザー→チップ製造事業者、チップ製造事業者→熱需要者の価格については、今後の検討課題である。

(3) 考察と今後の進め方

・発電所、または熱ボイラーでの利用が可能であり、特に産業用ニーズが高まることから、主に産業用にターゲットを絞るのがよいのではないかと考えられる。

・単価はそれほど高くなく、有価物といっても 3,000 円/t 程度の買取と考えられる。新品での仕入れが 175,000 円/t (70,000 円/m³ の場合) であるため、価格(経済価値)は大きく落ちてしまうが、CLTmat オーナーにとっては産廃費用はかからないとも言える。

今後、林野庁、産業用ボイラーのユーザーへのヒアリング、破碎チップパーでの実証など、進めていく予定であり、図 4.2-6 にサプライチェーンのイメージと想定される価格イメージを示す。

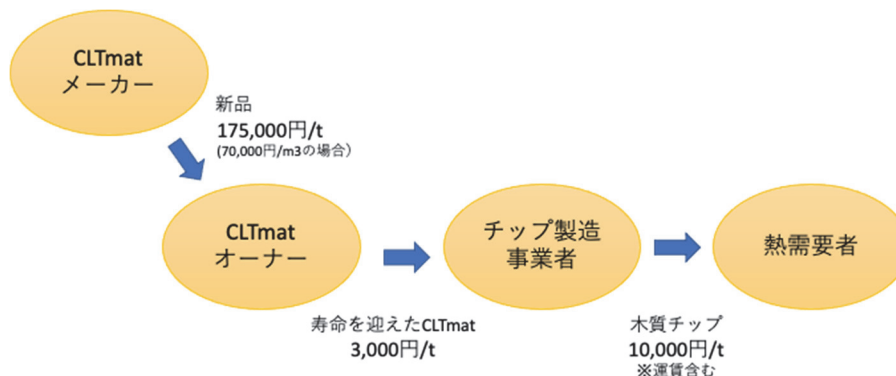


図 4.2-6 新品からチップ化され熱需要者までのサプライチェーンと価格の想定

4.2.7 to do リスト、タイムスケジュール、想定される課題

(1) to do リスト

(a) 供給サイド

・土地確保

事業開始当初は、北海道厚真町を本拠点(胆振地域への展開)、および札幌拠点を想定し、必要面積・重機関係や保管状態を確定させる。

・事業主体の確立

事業実施に関する事業主体について、出資者の出資比率や人員体制(役割の整理)について確立する。当面は、イトイグループ HD 内企業を中心となることを想定している。

・検収基準確立

敷鉄板と同様に、検収基準を確立する。まずは仮説として基準を作成し、運用に合わせて改変を繰り返す必要がある。また、清掃方法や修繕方法(そもそもどのような破損があるかはまだまだわからない)についても基準やマニュアルの設置が必要である。

・商品ラインナップと供給量の確保

本年度に実証実験を行っている 2 m×3.5 m×0.09 m の CLTmat のラインナップだけでなく、北米のようなクレーンマットやリグマットコアなどの開発を行い、顧客にとっての選択肢を広げるような努力は必要と考える。合わせて、発注量に応えられる供給量の確保は、メーカーとの事前調整の中で見通していく。

・ファイナンス

イニシャルコストについては、保管、輸送、メンテナンスなども考慮したプランニングを行い確定させる。また、事業開始後も当面は追加の投資が必要になると考える。こうした投資に対するファイナンスの確保は重要である。イニシャルコストの整理から開始する必要がある。

(b) 需要サイド

・公共工事設計採用

公共工事における設計に採用されることによって、需要が確保されていくと考えられる。設計採用のためには、経済性、安全性、品質、環境性、規格など多くの論点において、敷鉄板との比較の中での優位性と劣後性を明確にしていく必要がある。そうした情報については、NETIS(New Technology Information System(新技術情報提供システム):国土交通省が整備した効率的に新技術の閲覧・検討ができるデータベースシステム)への掲載の中で求められる情報であり、NETIS 登録されることが非常に重要である。

・民間工事

敷鉄板は民間工事でも利用されている。主に送電網や再生可能エネルギー開発の工事、農業、大規模発電所や変電所などがその用途事例で挙げられる。開発事業者への営業活動や連携が必要となってくる。

・情報提供

情報提供をどのような手法で行うか、継続していくのか、を準備する必要がある。パブリシティ(広報)、SNS 戦略、広告戦略(紙媒体、ウェブ媒体など)などが想定される。

・販売チャネルと顧客コミュニケーション

販売(リース含む)するための発注方法や発注場所、発注体制の確保が必要となる。同時に、相談窓口やクレーム対応

などの準備も必要となる。

(2) タイムスケジュールと想定される課題

販売開始のタイミングとしては 2023 年春～夏頃を想定している。

供給体制については、事業主体の決定、土地確保を行い、人員体制を構築しながら供給を始める。検収基準については敷鉄板の例を参考に定めるが、清掃や修繕の準備は必要であると考え。商品ラインナップは、随時増やしていく。

需要については、民間工事での採用はスピーディに実証実験も含めて想定しつつ、公共工事採用については様々な用途、規模、あるいは発注者について取り組みを進め、2023 年度内での設計採用を予定している。情報提供は販売開始前(2023 年前半)のプレスリリース、取材などに対応しながら、ウェブサイトや SNS 体制を構築する。2023 年後半以降、民間工事などでの導入が進み、第4章に挙げた PMF フェーズに入った場合に備え、発注希望者による注文をスムーズなユーザーインターフェースによって達成していく必要がある。

(3) 想定される課題

想定される課題としては、以下が挙げられる。

①破損・滅失の過多

たとえば、年間 10%以内の破損・滅失を一旦の目標としたとして、それ以上が 1 回目の使用で起こった場合には、対策が必要となる。費用弁償なども含めた基準設置は敷鉄板やプラシキでも設定されており、必要となるであろう。また、保険活用も検討する必要がある。

②注文に対する供給能力の欠如

市場の大きさを考えれば、注文が多くなりすぎることも想定される。リリースを行ったのち、注文に対応できなければ、ビジネス商材であるために(プレミアムな商品ではなく)顧客は離れる可能性がある。供給体制の確保は必至の条件である。

③注文数が伸び悩む

②とは逆に、仕入れに対してレンタルの注文数が伸び悩む可能性がある。CLTmat は、耐久性/耐朽性に期限があるため在庫リスクがある。当初は伸び悩む可能性があり、そこからの販売をどのように伸ばしていくかは鍵となる。

以上のほかにも、想定されない問題が発生する可能性は十分にある。エラーに対する対応を迅速に行い、ビジネスとして事業確立を持続的に行うことで、事業の成長へとつながり、ひいてはバリュープロポジションが確立されていくと考える。

第 5 章

総括

5.1 事業成果概要

5.1.1 CLT の土木利用の環境評価

(1) プラットフォーム

CLT を用いたプラットフォーム(以下、CLT 工法)の実証試験によって得られたデータに基づいて、ライフサイクル GHG 排出量を算出し、現地で鉄筋コンクリートを施工する RC 床版工法(型枠工法)と比較した。機能単位はプラットフォーム 1m² 当たりとした。CLT を用いたプラットフォームにおいては、固定金具(ボルトまたはラグスクリュー)ごとに、結露防止のための方法が 2 種類設定されている。さらに、ボルト固定における座ぐり部については、浸水防止方法として木栓、モルタル、変性シリコンコーキング、何も埋めない(無処理)の計 4 パターンが検証されている。

以上を組み合わせ、下記の①～⑥の全 6 パターンについて分析した。

- ① ボルト固定、基礎パッキンなし + 座ぐり部無処理
- ② ボルト固定、基礎パッキンなし + 座ぐり部木栓
- ③ ボルト固定、基礎パッキン + 座ぐり部モルタル
- ④ ボルト固定、基礎パッキン + 座ぐり部変性シリコンコーキング
- ⑤ ラグスクリュー固定、セメント凸凹プレート
- ⑥ ラグスクリュー固定、ジグザグプレート

各パターンにおけるプラットフォーム面積 1m² 当たりの GHG 排出量の算定結果を図 5.1-1 に示す。

CLT 工法①(一般的なプラットフォーム施工方法である穴あき PC 板工法と同じ固定方法)の GHG 排出量は 99.5 kg-CO₂eq/m² となった。他の固定方法では最大 107.6 kg-CO₂eq/m²(CLT 工法④)と約 8%の差となり、結露防止を目的とした支持金具、あるいは座ぐり部処理方法の違いによる影響は軽微となった。プロセス別では、CLT の製造及びアスファルト混合物の製造などの製造段階の GHG 排出量が最も大きくなった。一方で、CLT の製造場所である岡山県真庭市と実証試験場所である広島県三次市が比較的近距离であることから、輸送段階の GHG 排出量は小さい結果となった。施工段階の GHG 排出量は小さく、CLT の設置及びアスファルト舗装に伴う重機の燃料消費による影響は小さい結果となった。

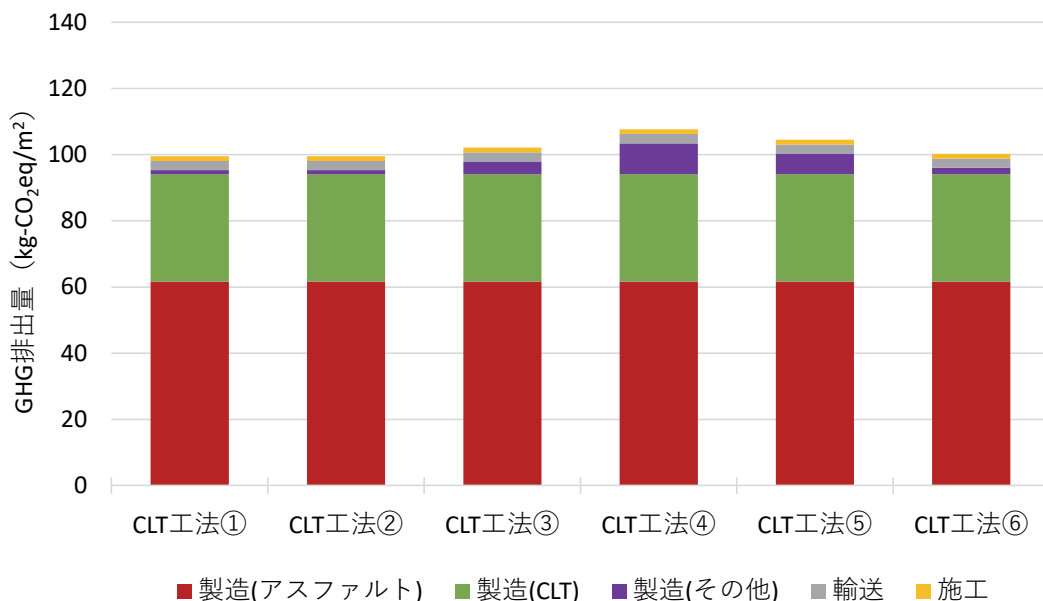


図 5.1-1 プラットフォームの GHG 排出量算定結果 (CLT 固定方法による違い)

CLT 工法①、及び RC 床版工法におけるプラットフォーム面積 1 m² 当たりの GHG 排出量の算定結果を、図 5.1-2 に示す。CLT 工法①の GHG 排出量が 99.5 kg-CO₂eq/m² であるのに対し、RC 床版工法は 126.3 kg-CO₂eq/m² となり、21 %の差となった。

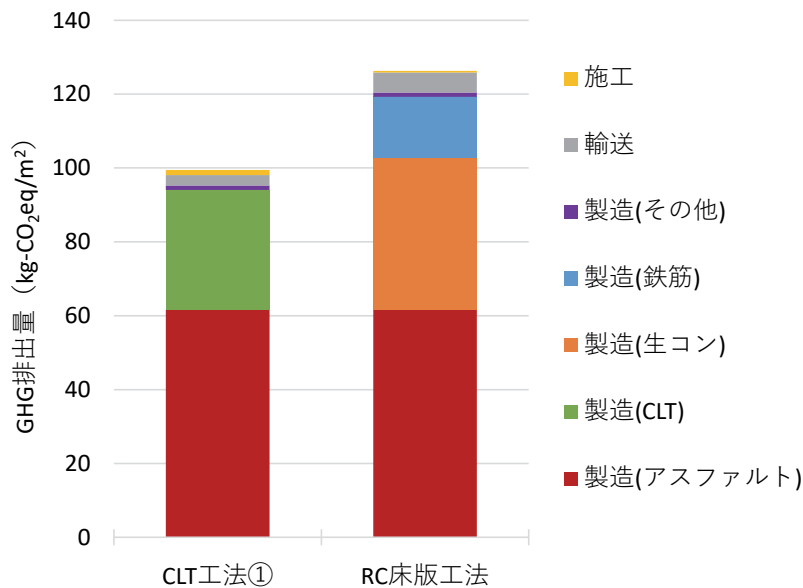


図 5.1-2 プラットフォームの GHG 排出量算定結果 (既存工法との比較)

(2) CLT 敷板

CLT 敷板の実証試験によって得られたデータに基づいて、ライフサイクル GHG 排出量を算出した。機能単位は CLT 敷板の面積 (m²) 当たりとした。比較対象は敷鉄板のみを使用した工事 (以下、比較対象工事) とした。算定対象とした工事および比較対象工事の敷板使用枚数・面積を表 5.1-1 に示す。

表 5.1-1 算定対象とした工事および比較対象工事の敷板使用枚数・面積

現場	種類	算定対象工事		比較対象工事	
		枚数	面積(m ²)	枚数	面積(m ²)
①土別市多寄町現場	CLT	54 枚	372.3	0 枚	—
	敷鉄板	29 枚	256.5	71 枚	639.0
	合計	83 枚	628.8	71 枚	639.0
②和寒町現場	CLT	36 枚	248.2	0 枚	—
	敷鉄板	0 枚	—	28 枚	252.0
	合計	36 枚	248.2	28 枚	252.0
③トマム治山工事現場	CLT	21 枚	144.8	0 枚	—
	敷鉄板	14 枚	126.0	31 枚	279.0
	合計	35 枚	270.8	31 枚	279.0

算定対象工事のGHG排出量と、比較対象工事のGHG排出量を図5.1-3に示す。敷鉄板の一部または全部をCLT敷板に置き換えた場合のGHG排出量は101.4 kg-CO₂eq/m²となり、敷鉄板のみ使用した場合の215.4 kg-CO₂eq/m²に比べて、52.9%削減される結果となった。

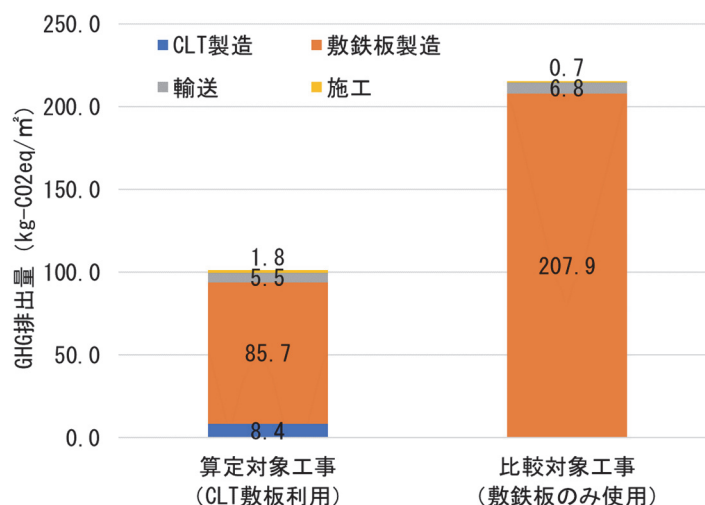


図 5.1-3 CLT 敷板と敷鉄板の GHG 排出量算定結果

次に、敷板の繰り返し利用回数によるGHG排出量への影響を検証するため、CLT敷板のみを利用した工事と、敷鉄板のみを使用した工事を想定して、GHG排出量を比較した。CLT敷板の繰り返し利用回数ごとに、それぞれ敷鉄板を何回繰り返し使用した場合に、敷鉄板のGHG排出量がCLT敷板のGHG排出量を下回るのかについて試算した。

CLT敷板と敷鉄板の繰り返し利用回数ごとのGHG排出量の比較を、図5.1-4に示す。CLT敷板を利用した場合のGHG排出量は、1回のみ利用した場合は28.0 kg-CO₂eq/m²であり、敷鉄板は16回繰り返し使用した際にCLT敷板のGHG排出量を下回る。一方で、CLT敷板の繰り返し利用回数が3回になると、GHG排出量は11.0 kg-CO₂eq/m²となり、敷鉄板は47回繰り返し使用しなければCLT敷板のGHG排出量を下回らない結果となった。

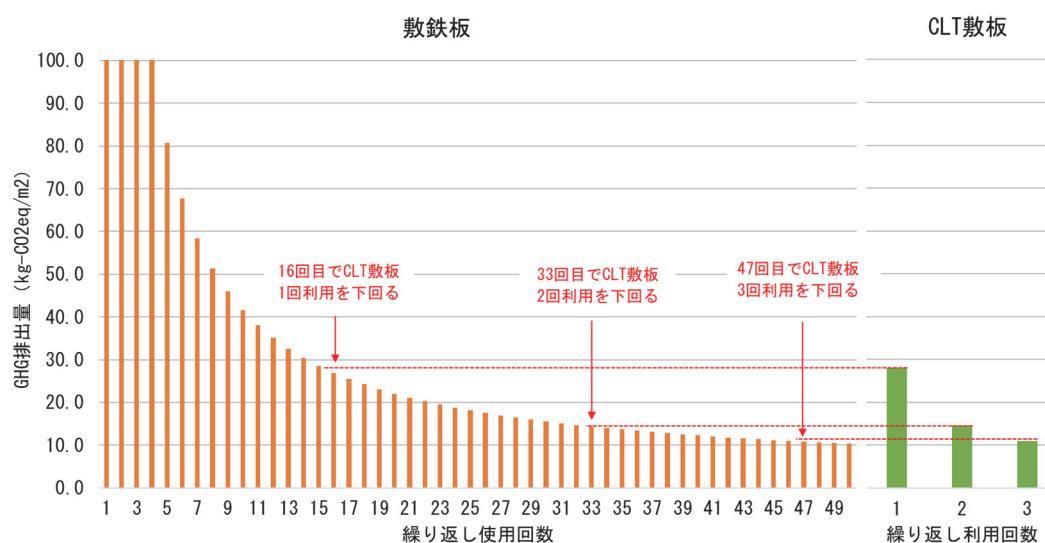


図 5.1-4 CLT 敷板と敷鉄板の繰り返し利用回数ごとの GHG 排出量の比較

(3) CLT 防雪柵

小樽市に試験設置された CLT 防雪柵で得られたデータに基づいて、ライフサイクル GHG 排出量を算出した。機能単位は 1 スパン(4 m)とした。算定範囲は CLT 防雪柵の材料製造のみとし、輸送や施工については対象としていない。

CLT 防雪柵と鋼製防雪柵の製造に係る GHG 排出量を図 5.1-5 に示す。GHG 排出量は、1 スパン当たり、CLT 防雪柵が 507.2 kg-CO₂eq、鋼製防雪柵が 672.0 kg-CO₂eq であり、CLT 防雪柵の GHG 排出量が 24.5 %少ない結果となった。CLT 防雪柵は防雪板を鋼材より GHG 排出量の少ない CLT や木材に置き換えているため、その分 GHG 排出量が低下した。

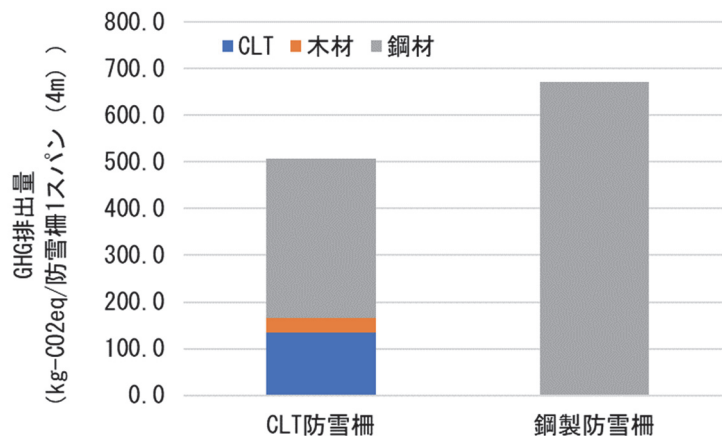


図 5.1-5 CLT 防雪柵と鋼製防雪柵の GHG 排出量

(4) 土木用 CLT

開発中の土木用の CLT を対象として、GHG 排出量を算出した。機能単位は土木用 CLT マザーボード 1 m³とし、丸太製造から CLT マザーボードの製造までを算定対象とした。

具体的には、虫食いや抜け節等により JAS 規格の品質基準に適合しない材料(以下、「土木用ラミナ」という)のみを用いた条件(試験条件 1)、ラミナの仕上げ切削工程を省略した条件(試験条件 2)、複数の樹種が混じる土木用ラミナを用いた条件(試験条件 3)において、GHG 排出量の算定を行った。また、上記の 3 条件を組み合わせた仕様を机上で検討し、土木用 CLT の製造における GHG 排出量を試算した。

各試験条件の工程毎に、土木用 CLT と建築用 CLT の GHG 排出量の差分割合で示した結果を図 5.1-6 に示す。歩留の改善により、すべての試験条件において土木用 CLT の GHG 排出量は、建築用 CLT のそれより削減される結果となった。3 つの試験条件の中では、仕上げ切削を省略した仕様(試験条件 2)における GHG 排出量の差分割合が大きくなった。3 つの試験条件のうち、試験条件 1 及び 3 では丸太からラミナを製材する際の歩留まりが向上するため、丸太生産に係る GHG 排出量はその分削減される結果となった。試験条件 2 では、乾燥ラミナから CLT マザーボードを製造する際の歩留が改善することで、丸太生産から乾燥までの各工程において GHG 排出量が削減される結果となった。

また、試験条件 1～3 を MIX させた仕様における試算結果では、丸太生産の GHG 排出量の差分割合が最も大きくなった。

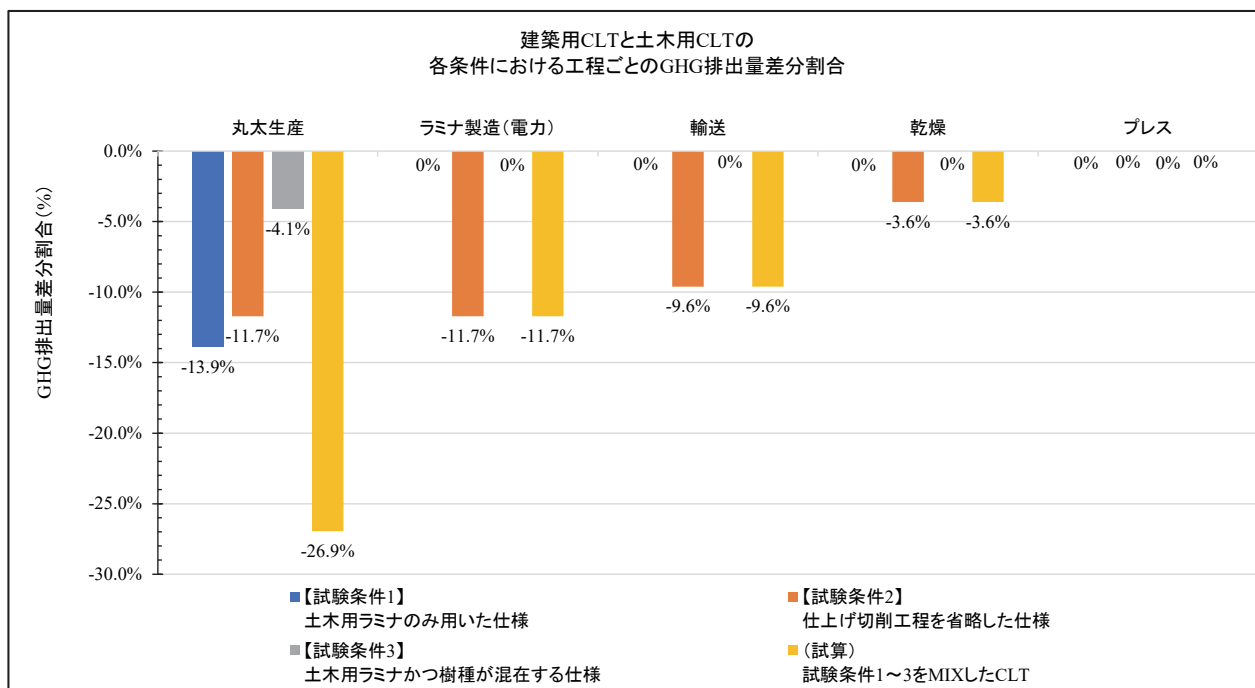


図 5.1-6 GHG 排出量算定結果

5.1.2 CLT の土木利用ポテンシャルの基礎調査

CLT を土木分野で利用する技術を開発した場合に、どの程度のポテンシャルを有するのかを把握することを目的として、プラットフォーム・敷板・防雪柵/雪崩予防柵の各分野について、それらの市場規模とともに、木材利用の実績を調査した(表 5.1-2)。

統計資料が存在しないデータについては、メーカーや関連団体へのヒアリング調査を行った。具体的には、プラットフォームについては、国土交通省の「鉄道統計年報」等をベースとして推計した。敷板については、(一社)軽仮設リース業協会による「軽仮設材の保有量に関する実態調査」をベースとするとともに、近年需要が拡大している樹脂製品に関しては、ヒアリング調査で情報を補足した。防雪柵・雪崩予防柵については、統計資料が無いため、防雪柵メーカー・雪崩防止柵メーカーにヒアリング調査を行って推計した。

プラットフォームのストック総数を調査した結果、全体で約 2500 万 m² となり、アスファルト、コンクリートが、それぞれ約 40%、セラミックタイルが約 20% を占めた。敷板の年間出荷量を調査した結果、全体で約 560 万 m² となり、その 90% 近くを敷鉄板が占め、残りが樹脂敷板となった。もともと、樹脂敷板は敷鉄板と比較して軽量なことから、今後シェアが増加する可能性がある。防雪柵・雪崩予防柵の年間発注量を調査した結果、全体で 35000 m となり、その大半が鋼製となった。いずれの分野においても、木材の利用は、仮設の施設での利用など、ごく限定的なものにとどまっていた。

表 5.1-2 CLT の土木利用ポテンシャルの基礎調査結果

	プラットフォーム	敷板	防雪柵	雪崩予防柵
	m ²	m ²	m	m
アスファルト	10,200,000			
コンクリート	10,200,000			700
セラミックタイル	5,100,000			
鉄(鋼板)		5,000,000	21,000	13,600
樹脂		625,000		

(プラットフォームはストック総数、敷板は年間出荷量、防雪柵・雪崩予防柵は年間発注量を推計)

5.1.3 CLT の土木利用の経済評価

(1) CLT 土木利用のコスト比較

CLT を地盤中に埋設することによって地盤を補強する技術を対象として、コスト比較を行った。秋田県大潟村(旧八郎潟)の軟弱地盤にて実施された、この技術の実証試験では①井桁、②井桁(固定)、③面状の3つのケースで行われた。井桁のCLT配置イメージを図5.1-7に示す。比較対象として、中層混合処理工法、敷設(ジオテキスタイル)工法、マットレス工法を取り上げた。

CLT単価が現在の建築用CLT単価の1/2になったと想定したケースについて、中層混合処理工法の値を100とした相対値を図5.1-8に示す。積算単価は国土交通省土木工事積算基準により算出した。評価対象は、床掘り費、施工費、材料費、埋戻し費、盛土費とした。床掘り費、埋戻し費、盛土費には、在工費を含んでいる。なお、工事費における諸経費や、材料の運搬費は含めていない。

敷設(ジオテキスタイル)工法が最も安くなり、次いでマットレス工法、中層混合処理工法の順となった。CLTを用いた場合、CLT単価が現状より安価となり、さらに井桁状に設置して使用量を減らした場合に、中層混合処理工法と同程度のコストとなることが分かった。

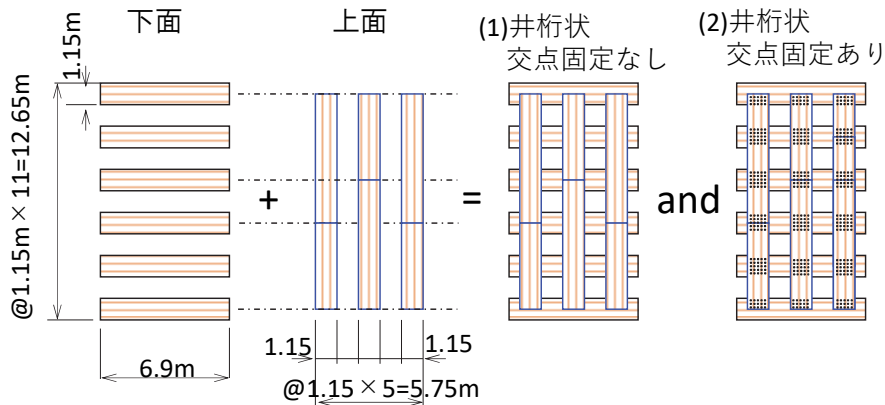


図 5.1-7 CLT の配置イメージ(井桁、井桁・固定)

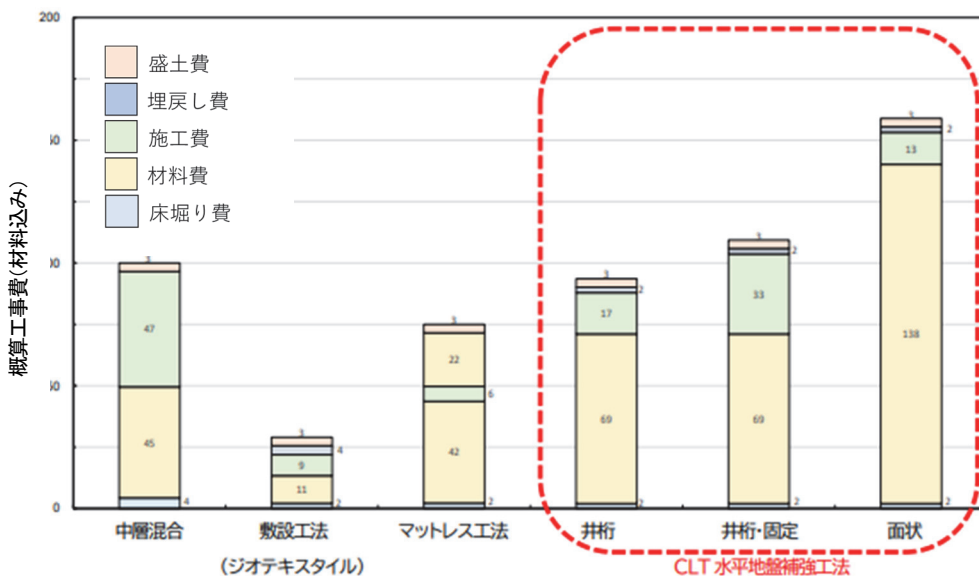


図 5.1-8 コスト比較結果(CLT 単価が 1/2 と想定)

(2) CLT 土木利用のビジネスモデルの検討

北海道で CLT 敷板を用いた事業を展開する際の事業収支を推計した。マザーボードを北海道内で製造するのではなく、本州以西の CLT メーカーから仕入れ、道内では販売またはレンタル事業を行うことを想定した。

拠点エリアとして、厚真町を選択した。選択理由として、①本州との物流に非常に適した道内主要港湾である苫小牧港近辺にあること、②敷板需要が多い札幌圏に自動車ですぐに1時間程度と、需要地に近いこと、③まとまった土地を確保しやすかった、などが挙げられる。また、販売単価を8.75万円/m³、レンタル料単価を80円/枚として推計した。

厚真町における物流拠点を起点として、CLT 敷板の販売事業を実施した際の事業収支について、推計結果を図5.1-9に示す。

取引量が1年目の2000枚から2・3年目5000枚、4年目7000枚、5年目8000枚と増加した場合、1年目の利益率は5%となり、5年目には10%に向上する結果となった。同様に、レンタル事業を実施した際の事業収支の計結果を図5.1-10に示す。取引量が1年目の2000枚から2年目3000枚、3年目5000枚、4年目7000枚、5年目8000枚と増加した場合、初期投資額が大きいことで、3年目までは累積で赤字となるが、4年目に累積で黒字転換する結果となった。

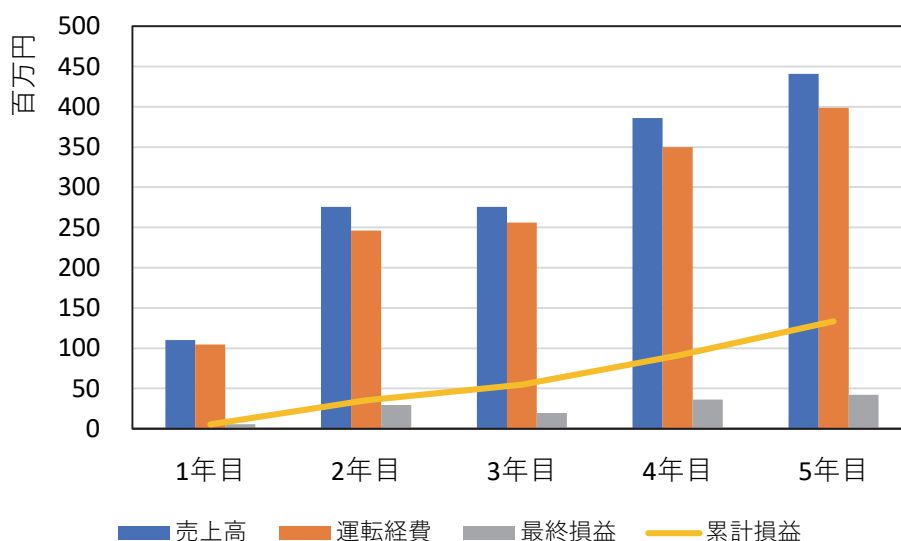


図 5.1-9 販売事業の収支の推計

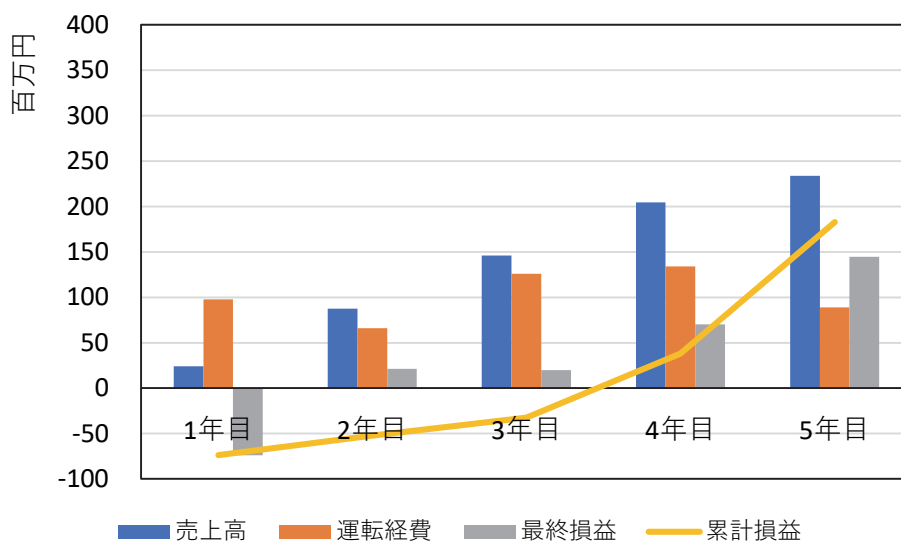


図 5.1-10 「レンタル事業の収支の推計

5.2 今後の展望

本年度は、環境評価、ならびに市場性をはかるためのポテンシャルに関する基礎調査と経済評価を行った。環境評価の対象は、現在、開発を進めている土木用の CLT、ならびに CLT の土木利用技術(プラットフォーム、敷板、防雪柵)とした。また、これらについての市場規模を推計し、CLT 利用のポテンシャルを把握した。

経済評価としては、水平地盤補強技術への CLT の利用を対象として、従来工法とのコスト比較を行った。さらに、CLT 敷板を対象としたビジネスモデルの検討を進めた。

以上の成果を踏まえ、今後の研究課題として、以下を挙げる。

①環境評価におけるライフサイクル GHG 排出量の評価対象(CLT の土木利用技術)、および算定範囲を拡大する。

本年度の評価対象とした3つの CLT 土木利用技術は、CLT を用いたプラットフォーム、敷板、防雪柵の3技術であった。評価対象については、今後の CLT の土木利用技術の開発の進展に合わせ、評価対象を拡げていくことが求められる。

また、算定範囲についても、本年度は技術開発における実証試験でデータが得られた範囲までであり、例えばチップ化して燃料利用する工程等についての算定は行えなかったため、今後、算定範囲を拡げ、対象となる技術のライフサイクルに渡った算定を行う。

②土木用 CLT の性能と環境負荷の関係を評価する。

本年度の土木用 CLT の GHG 排出量の算定は、製造上の歩留まりの改善のみに着目し、建築用の CLT に対する削減効果を評価した。

今後は、土木用 CLT で要求される強度性能や接着性能等を整理した上で、機能単位における算定をすることを考えている。

また、土木用 CLT の製造で成し得る歩留まりの改善は、木材利用という広い視点での環境評価につながる。こうした広い視点に基づき、最終的には土木用 CLT に要求される材料性能と、環境負荷の関係を整理することを想定している。

③実証試験の成果等から、土木利用時の耐用年数をライフサイクル GHG の評価に反映する。

CLT 土木利用技術の開発において、さらに実証試験等を進めることにより得られる多くのデータに基づき、土木利用での CLT の耐用年数を推定し、その耐用年数をライフサイクル GHG の評価に反映する。耐用年数を踏まえた評価を行うことで、評価結果がより精緻なものとなる。

④CLT の繰り返し利用、および廃棄後のリサイクル利用の可能性を検討する。

上記の①で、CLT のチップ化、燃料利用等も算定範囲とした環境評価を行うことを述べた。

また、敷板や防雪柵などは、技術開発の視点として、リサイクル利用の成立を掲げている。

従って、今後は環境評価、あるいは経済評価の視点での研究成果も踏まえた CLT の繰り返し利用、および廃棄後のリサイクル利用の可能性を検討する。

令和3(2021)年3月に策定された CLT の更なる利用拡大に向けた新ロードマップでは、「CLT の活用拡大」がうたわれている。本事業が、以上の課題を踏まえて、CLT 利用の環境面および経済面における優位性を明らかにすることによって、CLT の土木利用が促進され、新ロードマップの実現の一助となると考えている。

また、これらのデータは土木利用のみならず、CLT 活用のさらなる拡大に寄与できるものとなることも期待される。

さらに、CLT のみならず木質材料の技術開発を進める上で、重要な視点である環境評価、経済評価の手法を確立し、社会に提供することにより、今後の木質材料の技術開発において、重要な評価を適正に実施できることになり、社会に大きな成果をもたらすことができると考えている。

古代より伝承された「築土構木」の精神を引き継ぎ、現代のニーズや CLT などの近代の技術が応用されるためには、継続した取り組みが極めて重要である。これからも環境評価、経済評価への取り組みを継続し、その成果を論文執筆や広報活動などにより、社会へ還元してゆきたいと考えている。一連の調査研究活動から、より信頼性の高い結果が社会

に周知され、わが国の豊富な森林資源を活用した、21 世紀にふさわしい環境配慮型の新たな土木技術の第一歩になることを期待している。