

令和 5 年度 花粉の少ない森林への転換促進緊急総合対策のうち
スギ材の需要拡大対策のうち花粉症対策木材の活用に向けた技術開発事業

土木分野における CLT の生産技術・利用技術 の実用化および普及に向けた社会実証

事業報告書

令和 7(2025)年 2 月

一般社団法人日本 CLT 協会

目 次

1. 事業成果の概要	1-1
1.1 土木分野における CLT 耐久性能の検証	1-2
1.1.1 各環境下での劣化状況の確認	1-2
1.2 土木用 CLT における規格の検討	1-6
1.2.1 土木用 CLT の規格方針策定	1-6
1.2.2 土木用 CLT 規格に適用する規定項目の検討（アンケート調査の実施）	1-7
1.2.3 土木用 CLT 規格の構成	1-7
1.2.4 土木用 CLT 規格についての検討	1-8
1.3 土木分野における CLT の利用技術の実用化検討	1-10
1.3.1 敷板としての利用	1-10
1.3.2 プラットフォーム等における床板としての利用	1-12
1.3.3 縦使いの柵（防雪柵）としての利用	1-13
1.3.4 地盤補強としての利用	1-14
1.4 土木分野における CLT の普及に向けた社会実装	1-15
1.4.1 CLT の土木利用における経済波及効果の分析（防雪柵モデル）	1-15
1.4.2 CLT の土木利用における課題の抽出	1-16
 2. 事業内容	 2-1
2.1 事業概要	2-2
2.2 事業の背景と目的	2-2
2.3 本年度に実施する項目	2-2
2.4 実施体制	2-4
2.5 実施工程	2-7

3. 土木用を想定した CLT の耐久性検証（基礎試験）	3-1
3.1 基礎試験概要（背景・目的・基本方針）	3-2
3.1.1 背景と目的	3-2
3.1.2 本年度の基本方針	3-2
3.2 試験方法.....	3-3
3.2.1 試験内容	3-3
3.2.2 実施場所	3-3
3.2.3 供試体の仕様.....	3-19
3.2.4 試験数量	3-19
3.3 試験結果.....	3-21
3.3.1 劣化発生状況.....	3-21
3.3.2 縦圧縮試験結果（キュービック型供試体）	3-31
3.3.3 ブロックせん断試験結果（キュービック型供試体）	3-35
3.4 まとめ	3-36
4. 土木用 CLT における規格の検討 土木用 CLT の生産技術の実用化に向けて.....	4-1
4.1 土木用 CLT の規格検討概要	4-2
4.1.1 検討の背景	4-2
4.1.2 検討の目的	4-2
4.2 土木用 CLT 規格の方針策定	4-2
4.2.1 規格の方針	4-2
4.2.2 骨格	4-2
4.3 規定項目の検討.....	4-3
4.3.1 アンケート調査	4-3
4.3.2 マトリクス整理	4-7
4.3.3 使用環境の考え方	4-8
4.4 協会基準の検討.....	4-9
4.4.1 策定までのフロー検討	4-9

4.4.2 JAS 規格外ラミナの強度性能確認試験	4-11
4.5 今後の課題	4-12
5. 土木分野における CLT の利用技術の実用化検討	5-1
5.1CLT 敷板の実用化検討	5-2
5.1.1 敷板としての利用に関する技術的検討.....	5-2
5.1.2 CLT 敷板の普及に向けた流通・調達段階の検討.....	5-6
5.2CLT プラットフォーム床板の実用化検討	5-19
5.2.1 プラットフォーム床板としての性能確認のための実証実験.....	5-19
5.2.2 プラットフォーム床板の暴露試験.....	5-27
5.2.3 塗装における限度見本の作成	5-30
5.3 縦使いの柵（防雪柵）の実用化検討.....	5-31
5.3.1 コスト削減ならびに地域還元を視野に入れた地元産 CLT パネルの検討	5-31
5.3.2 コスト削減のための無処理 CLT パネルの検討	5-32
5.3.3 リサイクル先の明確化	5-33
5.3.4 現地フィールド試験.....	5-37
5.4 地盤補強としての利用.....	5-40
6. 土木分野における CLT の普及に向けた社会実証	6-1
6.1CLT の土木利用における経済波及効果の分析（防雪柵モデル）	6-2
6.1.1 分析の対象	6-2
6.1.2 分析の方法	6-2
6.1.3 分析の結果	6-4
6.2 土木分野における CLT の普及に向けた広報活動.....	6-6
6.2.1 CLT の土木利用に係る広報活動	6-6
6.2.2 CLT の土木利用に係る意識調査結果の分析	6-7
6.2.3 土木分野での CLT の普及に向けての課題.....	6-12

7. 課題と展望	7-1
7.1 本年度の成果を踏まえた今後の課題	7-2
7.1.1 基礎試験	7-2
7.1.2 土木用 CLT の規格	7-2
7.1.3 利用技術	7-2
7.2 CLT の土木利用の社会実装を果たすための展開	7-2

巻末資料 1 基礎試験劣化状況（旭川市、三次市、都城市、海水試験、淡水試験）

巻末資料 2 道路の災害時等における応急仮工事等での CLT 利用調査 報告書

1 事業成果の概要

1.1 土木分野における CLT の耐久性能の検証

土木分野における CLT の利用方法について屋外・地中・水中の 3 条件を想定し、各条件下に暴露した CLT の材質変化を実際にモニタリングし、その耐久性能を検証する。

具体的には、地盤中・海水中・淡水中環境に設置した 2 種類の CLT 供試体(写真 1.1-1)について、耐久性能を検証するための基礎データを取得している(暴露 3 年目)。供試体は、スギ CLT Mx60・5 層 5 プライとし、接着剤はレゾルシノール(RF)、水性高分子イソシアネート系接着剤(API)の 2 仕様とした。



写真 1.1-1 耐久性能評価用供試体

左:キュービック型 供試体
150 mm×150 mm×150 mm
右:ボード型 供試体
500 mm×1500 mm×150 mm
500 mm×900 mm×150 mm(淡水環境のみ)

1.1.1 各環境下での劣化状況の確認

地盤(亜寒帯・温帯・亜熱帯)・海水・淡水の各環境から、設置後約 3 年を経過した供試体(キュービック・ボード)を取出し、割れや腐朽等の劣化状況の観察と強度試験を実施した。各環境別の存置期間を表 1.1-1 に示す。

表 1.1-1 供試体存置期間 ※令和 6(2024)年 12 月時点

環 境	地 盤			海 水	淡 水
場 所	亜寒帯 (旭川市)	温帯 (三次市)	亜熱帯 (都城市)	港湾空港研究所 (横須賀市)	飛島技術研究所 (野田市)
設 置	2021 年 11 月	2021 年 12 月	2021 年 12 月	2021 年 12 月	2022 年 1 月
取り出し (3 年目)	2024 年 9 月	2024 年 9 月	2024 年 8 月	2024 年 10 月	2024 年 8 月

【試験方法】

図 1.1-1 に各供試体の検証フローを示す。各試験体について、取り出した直後に軽く表面の汚れを落として劣化状況を観察し、続いて洗浄後に再度、観察・撮影を行った。キュービック型試験体については、洗浄後すぐに質量測定を行い、その後目標含水率を 60 % 以上として含水率調整(飽和化)を行ったのち圧縮試験及びブロックせん断試験を実施した。さらに強度試験完了後、乾燥して質量計測を行った。

強度試験として、圧縮試験(2 体)及びブロックせん断試験(1 体の供試体から、集成材の日本農林規格に基づくブロックせん断試験(幅 25 mm×高さ 30 mm (溝切深さ 2.5 mm×溝幅 2 mm) ×長さ 150 mm) 4 体を採取)を実施した。圧縮試験では、縦圧縮強度及び縦圧縮弾性係数、ブロックせん断試験では、接着面のせん断強さをそれぞれ測定した。



図 1.1-1 各供試体の検証フロー

地盤(亜寒帯・温帯・亜熱帯)・海水・淡水環境の各環境から、設置後約 3 年を経過した供試体(キュービック・ボード)を取出し、検証した結果を以下に示す。

(1) 劣化状況

地盤・海水・淡水の各環境における劣化状況の例を 写真 1.1-2～1.1-6 に示す。

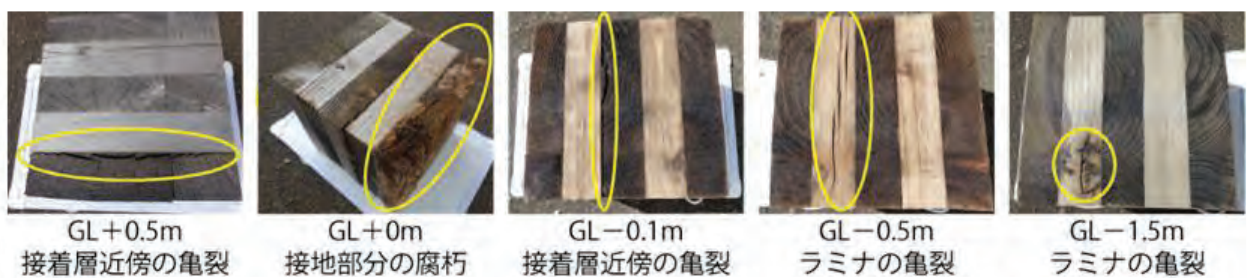


写真 1.1-2 地盤環境・亜寒帯(旭川) キュービック供試体の劣化状況



写真 1.1-3 地盤環境・温帯(三次) キュービック供試体の劣化状況



写真 1.1-4 地盤環境・亜熱帯(都城) キュービック供試体の劣化状況

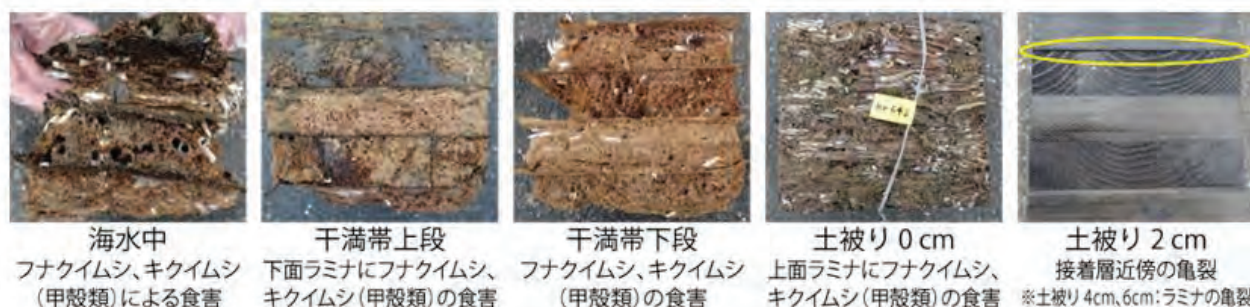


写真 1.1-5 海水環境(横須賀) キュービック供試体の劣化状況



写真 1.1-6 淡水環境(野田) キュービック供試体の劣化状況

地盤環境の試験体については、地域によらず、2年目と比較してラミナの亀裂及び接着層近傍における亀裂発生が観察される試験体数の割合が増加した。亜寒帯(旭川)では腐朽・虫害の発生は少なく、温帯(三次市)では腐朽がやや増加してきており、亜熱帯(都城)では腐朽・虫害の同時発生が認められる他、虫害の発生数がやや増加した。海水環境の試験体については、土被りが2cm以上確保できない場合の海虫害が増加している一方、2cm以上確保すると海虫害の発生を抑えられることがわかった。淡水中の試験体については、接着剤の種類によらず、ラミナの亀裂及び接着剥離が観察され、腐朽・虫害は観察されなかった。

(2) 圧縮試験結果

圧縮試験の結果として、圧縮強度と圧縮ヤング係数との関係について、暴露前(初期値)及び1～3年後の結果を図1.1-2に示す。

全体として、暴露期間が長くなるほど圧縮強度、圧縮ヤング係数ともに低下する傾向が認められたが、一部2年目と同等の強度性能を示すものもあり、下げ止まる可能性も考えられる。

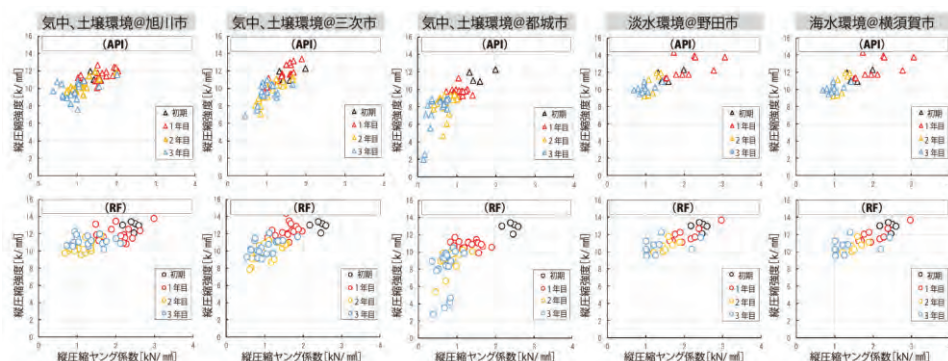


図 1.1-2 縦圧縮強度と圧縮ヤング係数との関係(暴露期間による変化)

上段: API (△)、下段: RF (○)、△・○: 初期、△・○: 1年目、△・○: 2年目、△・○: 3年目

(3) ブロックせん断試験結果

ブロックせん断試験は、地盤環境(亜寒帯、温帯、亜熱帯)、淡水環境の供試体から切り出した試験体で行った。地盤環境では都城市の GL-0.1 m、-0.5 m における接着せん断強さの低下を除き、概ね経年による接着せん断強さの低下は認められなかった。淡水環境でも経年による接着せん断強さの低下は認められないものの、逆に向上しているケースも見られるため、引き続き経過観察を行う。

1.2 土木用 CLT における規格の検討

令和 3～5 年度に実施した CLT の土木利用技術開発により、土木分野で求められる性能や品質は用途により様々であり、従来の建築用 CLT 向けの規格である「直交集成板の日本農林規格」(以下 JAS)の規定項目の中に必要ではない項目が含まれる可能性が示された。例えば、建築用 CLT では規格上認められなかった欠点を含むラミナ(B 材ラミナ、C 材ラミナ)(写真 1.2-1)の利用や、湿潤な使用環境に適した高含水率製品、曲げやせん断の応力負担を要さない製品など、CLT の低廉化が期待できる一方で、土木用 CLT として備えるべき最低限の性能や品質を規定しなければ製品の品質や安全性が損なわれる恐れもあることから、土木用 CLT の規格の体系を検討する。



図 1.2-1 JAS におけるラミナ品質基準に適合しないラミナの例

1.2.1 土木用 CLT の規格方針策定

JAS には、ラミナの品質や強度区分、接着剤の種類などが規定されている。土木用 CLT についても同様の規定を設けるべきであるが、用途や使用環境が建築分野に比べて幅が広いと、全ての用途に対してきめ細かな規定を設けることは難しい。そこで、構造物の高品質な CLT が求められる場合には JAS 規格品を用いることを推奨し、これを最上位として、工事用敷板等の仮設物のように低品質な CLT で十分な用途を意識した土木用 CLT の規格を目指すこととした。

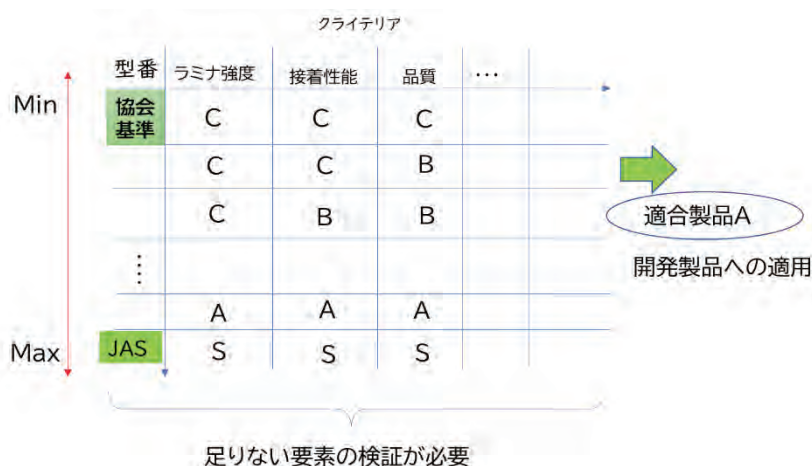


図 1.2-2 土木用 CLT の基準マトリクス

土木分野は用途や使用環境が様々であるため、整備する規格は性能規定とし、土木用 CLT としての性能が保たれていれば、ラミナの樹種や接着剤の種類は原則問わない。土木用 CLT の性能評価は、従来の JAS や他の木質材料の性能評価手法に則り、ラミナの材料性能と接着性能を確認する手法が妥当と考えられるが、JAS 規格外の欠点を含むラミナを許容する場合、ラミナの抜き取り検査では評価が困難であるため、ラミナの品質についても新たな規定が必要と考えられる。ただし、この規定についても「機械等級区分で M30A の値以上」というような単純な内容であるべきと考えられる。

1.2.2 土木用 CLT 規格に適用する規定項目の検討(アンケート調査の実施)

土木用 CLT 規格における JAS の各規程項目の適用可否を判断するために、事業者や有識者、CLT メーカー等へのアンケート調査を行った。その結果、用途によって必要となる性能が異なるため、JAS 規格に当てはめることはできず、製品の強度や精度に係る項目についての最低限の性能規格は検討すべきである、という意見が多数を占めた。

また、アンケート結果から、B 材、C 材等 JAS 不適合ラミナの強度等についてデータが不足している点や各規定項目の基準数値を検討する必要がある点などの課題も明らかになった。

＜必要な項目という意見が多かった項目＞

- 4.1 a) 寸法－寸法の許容差
- 4.2.2.3 ラミナの品質－長さ方向の接合の方法
- 4.5.3 製品－反り及びねじれ
- 4.5.7 製品－ホルムアルデヒド放散量

この結果を受けて、JAS から必要な項目を引用しつつ、ISO 規格に沿った土木用 CLT の規格案を作成した。また、B 材、C 材等 JAS 不適合ラミナの強度等でのデータ不足や基準数値検討等の課題も明らかになった。

1.2.3 土木用 CLT 規格の構成

土木用 CLT 規格は「性能規定」が適しているという方針が定まり、既存の規格から必要な項目を引用し、基準値等についての見直しを行うこととなった。規格の骨格を検討するにあたり、図 1.2-2 に示した要求性能が最も低い等級を協会基準として、土木製品に適用する際は、要求される性能を組み合わせた土木用 CLT を製作する、というフローが提案された。

規格外ラミナの強度性能の下限值や接着性能などについては、B 材ラミナを用いて製造した CLT の強度試験を実施することとし、並行して JAS や ISO を参考に、日本 CLT 協会規格(案)として、図 1.2-3 のような目次案を作成した。

土木利用を目的とした CLT 規格	
目 次	
1 適用範囲.....	1
2 引用規格.....	1
3 用語及び定義	2
4 材料.....	2
4.1 ラミナ	2
4.2 接着.....	4
5 製品.....	2
5.1 構成	2
6 製造方法.....	5
7 表示.....	7
8 運搬・貯蔵・出荷	7
附属書 A（参考）	8
附属書 B（参考）技術上重要な改正に関する新旧対照表	11

図 1.2-3 土木 CLT 規格 目次案

1.2.4 土木用 CLT 規格についての検討

(1)使用環境の考え方

JASに規定されている使用環境はA～Cの3段階に設定されているが、屋外利用されるものは一律「使用環境A」（木材含水率が 20 %以上になる場合や紫外線や雨風にさらされる場合を対象とした区分）に該当する。しかし、この使用環境は、JAS では建築利用を前提とするため、外装や水場で用いる想定での耐水性や耐候性を求めている。したがって、土木分野における接地利用や水中利用される場合は一切考慮されておらず、使用環境 A で土木分野すべてに対応することには疑義が生ずる。そこで、考え得る土木用途に対して、新たな使用環境区分や、そのために整備すべき事項について検討し、木材腐朽リスクを考慮した新たな使用環境区分について、図 1.2-4 に示す構成を提案した。



図 1.2-4 木材腐朽リスクを考慮した新たな使用環境区分の検討

木材腐朽は気温や降水量等の「気候」条件、設置環境における降水や土壌水、河川や湖沼などから供給される「水分」条件、さらにこれらの各条件に晒される時間的な長さである「期間」条件が大きく影響すると考えられる。例えば屋根のある鉄道駅構内における非接地構造物の場合、気候や利用期間に関わらず腐朽リスクは非常に小さく、逆に亜熱帯地域の接地環境において数年間利用するような場合には腐朽リスクは極めて高い。図中に濃色で示した「亜寒帯・高地」気候で「接地」環境で「仮設(短期)」利用である工事用の敷板の場合には、接地環境によるリスクはあるものの短期利用のため 腐朽リスクは低く、防腐薬剤注入のような保存処理は必須とは言えない。

平成 25 年(2007 年)に制定された「ISO21887 木材及び木質製品の耐久性－使用環境区分」では、水分条件に基づいて表 1.2-1 に示すような 5 段階で区分しているが、ISO 規格は気候条件や期間条件について一切考慮されていない。土木用 CLT 規格に盛り込む「使用環境」については、これらの条件も加味したうえで「使用環境 A1」「使用環境 A2」...「使用環境 A5」のように 2~5 段階程度の区分にまとめる必要がある。

表 1.2-1 ISO の使用環境区分

ユースクラス	使用状態
1	完全に雨や水から守られた状態
2	雨からは守られているが、たまに湿る状態
3	雨には当たるが、地面には接していない状態
4	地面や淡水に接している状態
5	海水に常に又はしばしば接する状態

引用) 桃原郁夫：木材腐朽のメカニズムとその防止, 木材保存 Vol.42－3, pp.132-137, 2016.

(2) JAS 規格外ラミナの出材状況調査と規格外 CLT の強度性能

これまでの調査等により、丸太から採取したラミナのうち、JAS 規格に適合しないラミナの出現率は約 20%ということがわかっている。不適合の内容としては、曲がり・反りが 80 %、高含水率が 10 %、その他(割れ、欠け、腐れ、入り皮、虫食い)が 10%とされている。土木用 CLT 規格では、これらの JAS 規格外ラミナを活用した CLT について明確に位置付ける必要があり、強度等の性能値も示すことが求められる。

そこで本年度は、JAS 規格外ラミナを用いた CLT の強度性能を確認するための強度試験を実施した。規格外ラミナとして、側面の丸みが大きく積層面の接着面積が極端に少ない材料を除き、材幅に対して接着面積の 2 分の 1 以上を保持しているラミナとその他の欠点(強度不足、曲がり・反り、高含水率、割れ、欠け、虫食い、腐れ等)を持つラミナを用いた CLT を製造し、実大曲げ強度試験を行い、強度性能の下限値を検討した。

しかし、現状では規格外ラミナの下限值として示せる十分なデータの蓄積が不足しており、今年度の成果のみでは規格のエビデンスとして提示することが難しいため、今後も継続的なデータ蓄積が必要である。

1.3 土木分野における CLT の利用技術の実用化検討

土木分野における CLT の利用技術として、敷板、プラットフォーム床板、防雪柵、地盤補強の設計・施工基準等を検討した。さらに社会実装のために必要な課題を抽出し、要素試験等により課題解決を図った。

1.3.1 敷板としての利用

CLT 敷板の利用拡大を目指して、下記の 3 項目について検討した。

- 繰返し使用時の耐久性
- CLT 敷板のリース事業を想定した CLT 敷板の管理方法
- CLT 敷板が普及するための流通(商流+物流)・調達段階での課題の抽出・整理

(1) 繰返し使用時の耐久性確認のための性能試験

1) 表面の摩耗損傷状況の確認試験(繰返し走行試験)

CLT の耐久性を定量化することを目的として、CLT 敷板の上を重機が繰返し走行した後の摩耗状況を測定した。試験イメージを図 1.3-1 に、試験の結果を図 1.3-2 に示す。周回数とともに敷板の欠損深さが大きくなる傾向が認められた。また、摩耗よりも小石等のめり込みによる損傷が目立った。

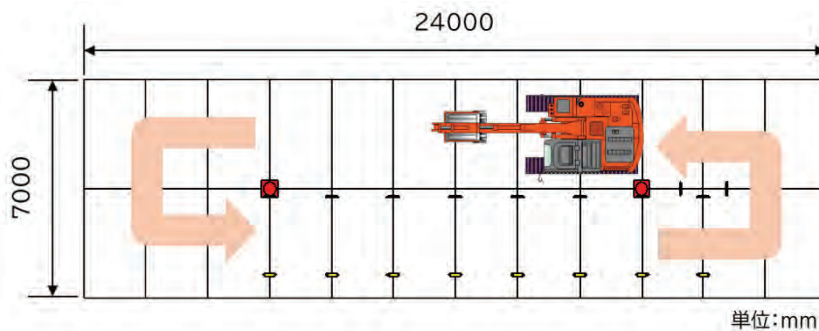


図 1.3-1 繰返し走行試験のイメージ

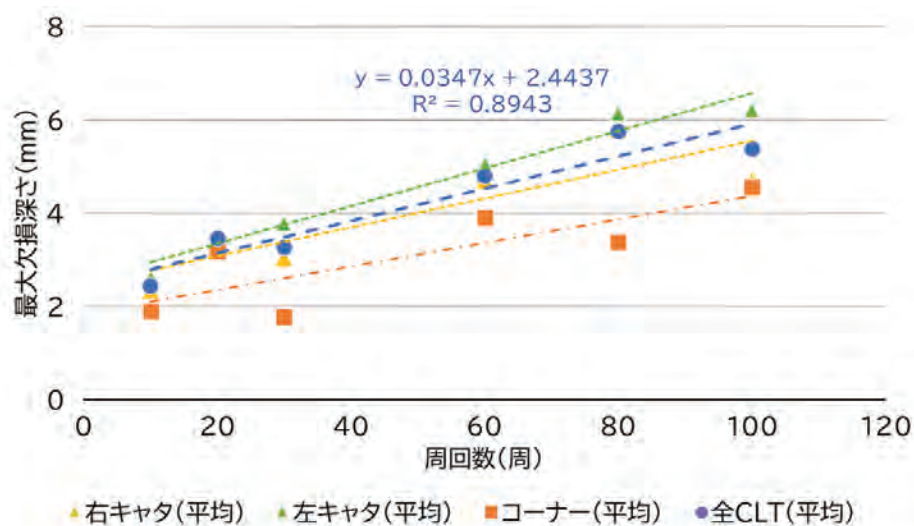


図 1.3-2 周回数ごとの CLT 敷板の最大欠損深さ

2) 暴露試験(ピロディンによる腐朽程度の測定)

設置から約1年が経過した CLT 敷板を対象に、腐朽試験(図 1.3-3)を行った。その結果、1年では腐朽していないことが分かった。ピロディンを用いた測定結果が浅くなったのは、含水率の変化が原因となった可能性がある。

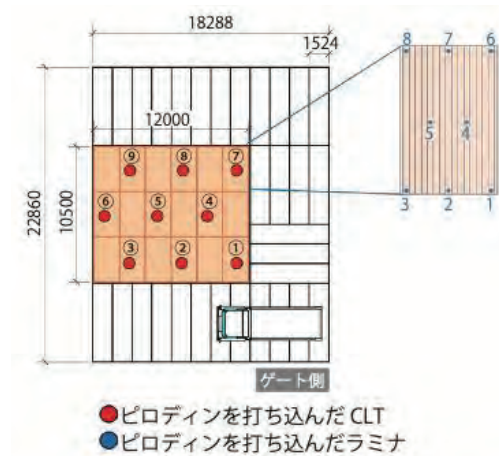


図 1.3-3 暴露試験（ピロディンによる劣化度測定）の測定場所

(2) 管理方法の検討

過去に、IC タグを利用した管理方法を検討したが、使用環境が厳しい現場ではタグが剥がれるなどの事案が発生した。そのため、CLT 敷板に穴をあけて、コンクリートにも利用されている金属タグを接着剤で固定する方法を試みた (写真 1.3-1)。

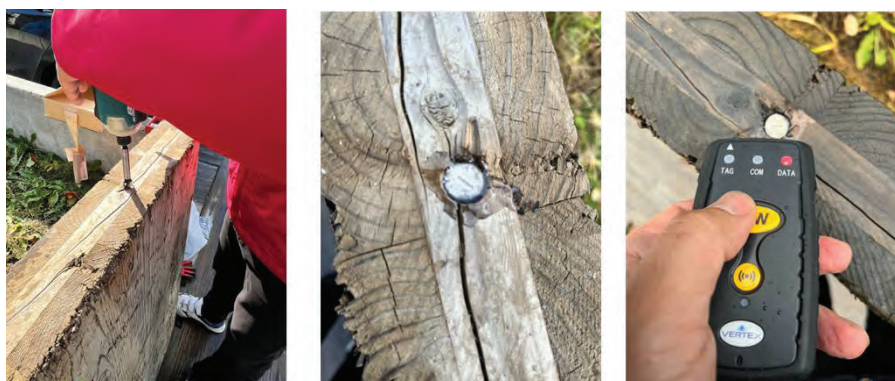


写真 1.3-1 金属タグを用いた敷板の管理

(3) 利用者へのヒアリング

CLT の流通時のメリットとして、環境性能、騒音、滑りにくさなどが挙げられる。カーボンニュートラル対策になることが強みとなる。

敷板の利用者としては、入札の点数を稼げることが重要であり、NETIS に登録された技術の利用やカーボンニュートラル対策になることの加点が魅力となる。行政の立場としては、公共事業の積算に盛り込むには、価格が設定されていることが重要になる。

1.3.2 プラットフォーム等における床板としての利用

プラットフォームへの CLT 利用を促進するため、塗装割れ対策の効果、および CLT の樹種や塗装等の違いによる収縮量の差を確認するため、床版として設置した状態での暴露試験を行った。(図 1.3-4、図 1.3-5)
暴露試験において設定した条件は、以下の 4 項目であり、現在、経過を観察中である。

- ① 樹種の違い(スギ・ヒノキ)
- ② 下面塗装の有無
- ③ 防水層へのシートの有無
- ④ 上面への合板貼付の有無

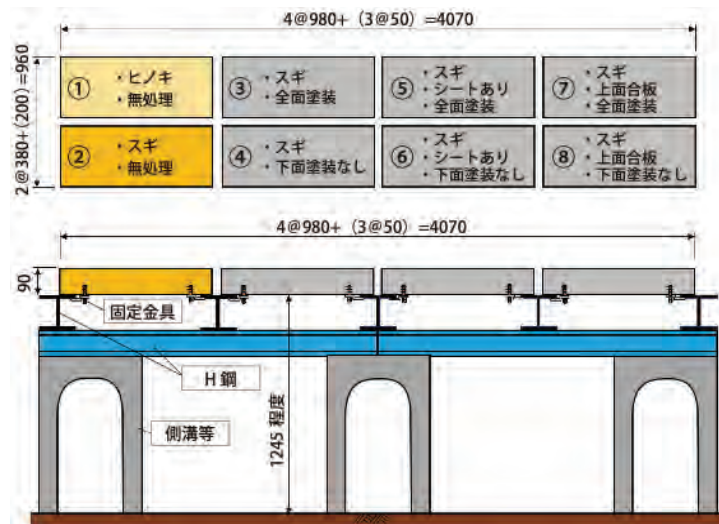


図 1.3-4 CLT プラットフォームの暴露試験の概要

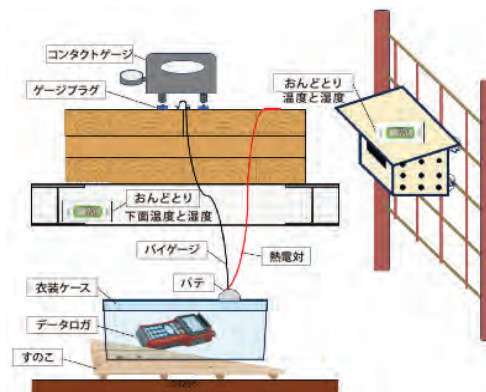


図 1.3-5 CLT プラットフォームの暴露試験における測定機器

また、床板の更新の目安とするために、塗装限度を示すサンプルを作成した（写真 1.3-2）。



写真 1.3-2 塗装の限度見本（左：摩耗、中：切傷、右：突き傷）

1.3.3 縦使いの柵(防雪柵)としての利用

CLT 防雪柵の利用拡大を目指して、下記の 3 項目について検討した。

- 防雪柵の主要な設置場所である北海道内で道産カラマツ CLT を道内で加工して、防雪柵に利用
- コスト削減を目的に、表面処理材から無処理材に変更した際の性能の変化
- 防雪柵として利用した CLT 板のリサイクル用途として、野生動物の忌避マットとしての利用

(1)北海道内で加工した CLT 板の防雪柵への設置

北海道内の林業活性化および CLT 輸送コストの削減を目的に、北海道内で 60 mmCLT の製造を試みたが、北海道内の設備は 90 mm 仕様のため、量産化に時間を要することが分かった。そこで手作業によって 60 mmCLT を製造したが、長さは 3600 mm が限度であった。そのため、既存の防雪柵に設置する際に支柱からはみだし部が両側で 200 mm 生じる結果となった。見た目がスマートでないだけでなく、取り付けのために CLT への加工が必要となることでコストの増大につながった(写真 1.3-3)。



写真 1.3-3 北海道内で加工した CLT を用いた防雪柵

(2)表面処理の有無による効果の検証

ポリウレタン系の透明樹脂で被覆した CLT 防雪柵と、無処理の CLT 防雪柵の劣化状況を比較した結果、変色はあるが、割れや腐朽の違いはなかった。道路管理者から、グレーの方が支柱や道路舗装の色と調和しているとの意見もあり、コストの削減にもつながることから、普及に向けて重要な対策になりうることが分かった(写真 1.3-4)。



写真 1.3-4 表面が無処理の CLT を用いた防雪柵
(上半分が表面処理あり、下半分が無処理)

(3)防雪柵に利用した CLT 板のリサイクル先の検討

防雪柵として利用した CLT 板のリサイクル使用として、野生動物の忌避マットとして用いることを検討した。そのため、防雪柵として用いていた CLT をマット状に加工した後、表面の塗料を除去した。その後、カップサイシンおよびガーリックを忌避剤として利用した。忌避剤を混ぜた塗料を 2 液混合型スプレーガンで吹き付けることを試みたところ(写真 1.3-5)、硬化速度が速いためにノズルが詰まった。そのため希釈材を入れて軟化させて吹き付けることで、忌避剤を混ぜた塗料を塗布することに成功した。塗布後の経過を観察したところ、剥離等の問題は見られなかった。



写真 1.3-5 CLT 材への忌避塗料の塗布

1.3.4 地盤補強としての利用

CLT を活用した地盤補強技術の位置づけを明確にするために、軟弱地盤上の道路盛土などの工事への CLT の適用性について調査した。

具体的には、軟弱地盤上の仮設道路に関する関連法規として、関東地方整備局の土木工事共通仕様書、農林水産省農村振興局整備部設計課 土木工事共通仕様書、林野庁 治山工事標準、東日本高速道路 土木工事共通仕様書について調査した。さらに、既存対策工法として、サンドマット工法、シート・ネット(ジオテキスタイル)工法、表層混合処理工法について調査した。

CLT を活用した地盤補強技術の強みとして、木材利用の促進につながり炭素固定効果が期待できる点が挙げられる。そこで、国土交通省、農林水産省、林野庁、東日本高速道路などの共通仕様書を調査したが、都市(まち)の木造化推進法に関する記述や、気候変動対策に関する記述はなかった。なお、CLT は撤去の面で有利なため、仮設工事が導入対象として有望である。

1.4 土木分野における CLT の普及に向けた社会実装

土木分野における CLT の普及を促進するためには、CLT 利用が経済や環境に与える効果を明らかにして、国民の理解を得ることが必要である。そこで、CLT 製防雪柵を対象として経済波及効果を分析するとともに、意識調査結果を基に CLT の土木利用における課題を抽出する。

1.4.1 CLT の土木利用における経済波及効果の分析（防雪柵モデル）

北海道を対象として、道内で CLT 製防雪柵を製造・加工した際の経済波及効果を分析し、鋼製防雪柵、製材製防雪柵と比較した。評価の基本単位を、長さ 4m の防雪柵を 15 個並べた総長 60m の防雪柵とし、「平成 27 年北海道産業連関表(105 部門)」を用いて分析した。経済波及効果の対象は、直接効果、第一次間接効果、第二次間接効果、及びそれらを合計した総合効果とした。現状として、製材は道内の製材所で加工するとみなした。また、CLT は道産カラマツを岡山県に輸送し、岡山県内の CLT 加工工場で加工し、再び北海道に輸送するとみなした。将来シナリオとして、道内で CLT を加工するとみなし、現状と比較した。

現状の防雪柵製造に伴う地域経済波及効果の分析結果を表 1.4-1 に示す。総合効果の生産誘発額を最終需要増加額で除した波及効果倍率を比較すると、製材製が最も大きく、次いで CLT 製、最後に鋼製となった。

CLT を道内で加工したと仮定した場合の分析結果を表 1.4-2 に示す。CLT 製防雪柵部門の波及効果倍率は 2.00 倍と大きく増加した。第一次間接効果の生産誘発額が大きい部門は、合板・集成材、林業、道路輸送、商業、その他の木製品部門の順となり、特に林業部門の第一次生産誘発額が大幅に増加する結果となった。

これらの結果から、北海道内での CLT 加工が可能になることで、CLT 製防雪柵製造に伴う道内への経済波及効果が大きくなることを定量的に示すことが出来た。

表 1.4-1 防雪柵製造に伴う地域経済波及効果

	鋼製	製材製	CLT 製
最終需要増加額(百万円)	4.55	6.67	7.22
総合効果(百万円)	6.63	12.10	10.71
波及効果倍率(倍)	1.46	1.81	1.48

表 1.4-2 CLT 道内加工シナリオにおける地域経済波及効果

	鋼製	製材製	CLT 製
最終需要増加額(百万円)	4.55	6.67	7.22
総合効果(百万円)	6.63	12.23	14.48
波及効果倍率(倍)	1.46	1.83	2.00

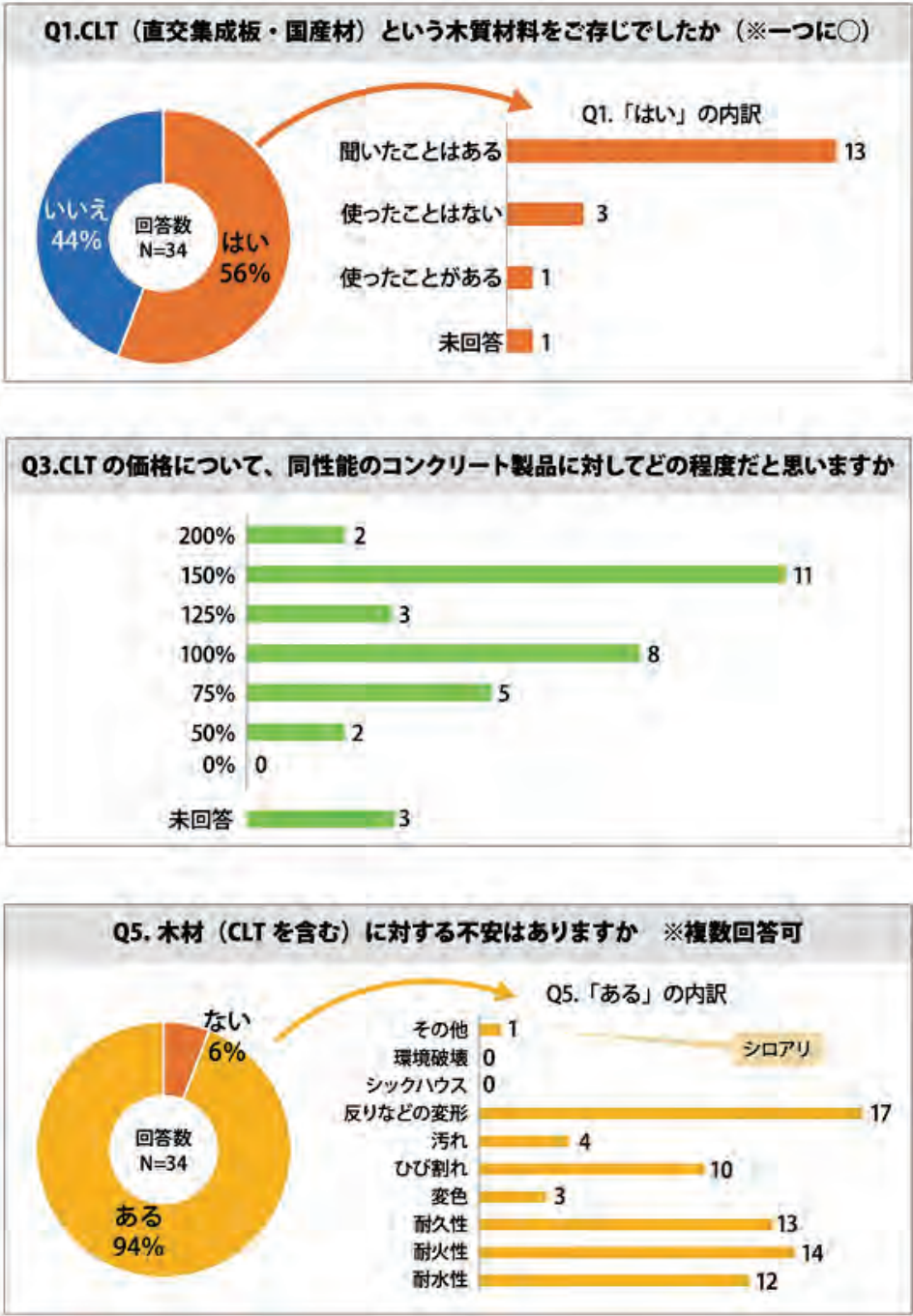
1.4.2 CLT の土木利用に係る課題の抽出

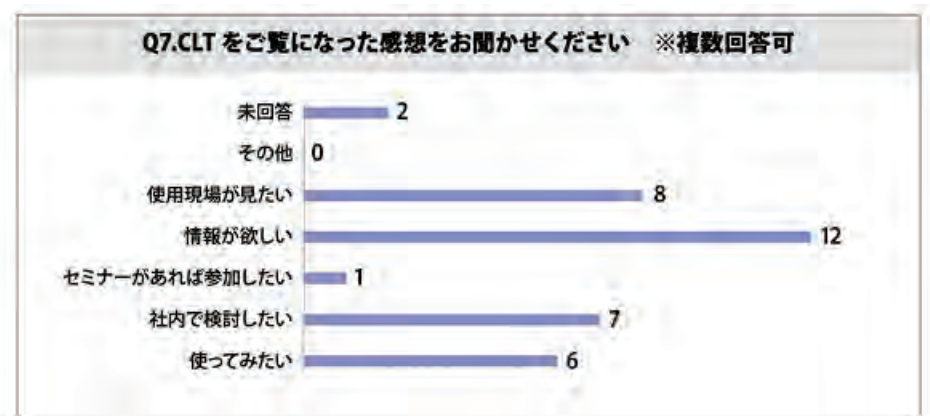
土木用CLTの利用拡大を目標に、次の2つの展示会で展示ブースの来場者を対象にアンケート調査を実施した。

- 「メンテナンス・レジリエンス TOKYO2024」(アンケート回答者数 15 名)
- 「第7回北海道都市開発・建設総合展 2024」(アンケート回答者数 19 名)

アンケート調査結果の一部を表 1.4-3 に示す。

表 1.4-3 アンケート調査結果





アンケート調査より以下の点が確認できた。

- 回答者の約半数以上が CLT を知っていた
- CLT を知っている人の大半は「聞いたことがある」程度であった
- 価格面で CLT は他材料に対して不利ではない
- CLT を含む木材に対して、耐久性などに不安を感じる結果を得た
- CLT に関する情報を今以上に発信する必要がある

アンケート調査の結果から判断すると、現状で CLT の認知度が高いとはいえない。したがって、今後は今以上に普及活動を行う必要がある。また、使用に際してその耐久性に不安を感じる回答や、使用現場の見学や情報配信の要望が多かったことから、使用方法をはじめ、耐久性に関する情報も適切に伝える必要がある。

2 事業内容

2.1 事業概要

本事業の概要を以下に示す。

事業名称 : 令和 5 年度 花粉の少ない森林への転換促進緊急総合対策のうち
スギ材の需要拡大対策のうち花粉症対策木材の活用に向けた技術開発事業
「土木分野における CLT の生産技術・利用技術の実用化および 普及に向けた社会実証」
発注主体 : 木構造振興株式会社
事業実施期間 : 令和 6(2024)年 5 月から令和 7(2025)年 2 月 20 日

2.2 事業の背景と目的

わが国の森林は人工林を中心に利用期を迎えており、その豊富な森林資源を活用していくことは、環境問題、あるいは国土強靱化の視点、またわが国の林業の育成と保護など、様々な観点から強く求められている状況にある。

森林資源を木質材料として建築や土木の分野で活用していくことは、こうした背景からも強く求められており、新たな木質資源として、国産材 CLT を活用した木材需要の創出にも大きな期待が寄せられている。

こうした中、CLT の幅広く積極的な活用に向けて、平成 28(2016)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。関係省庁連絡会議は、平成 26(2014)年 11 月に林野庁と国土交通省が取りまとめた「CLT の普及に向けたロードマップ」の見直しをはかり、平成 29(2017)年 1 月に、「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～」を公表した。新ロードマップでは、令和 6(2024)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推進」が盛り込まれた。

本事業は、これらの背景を受けて、新ロードマップの目指す姿の実現に向けて立ち上げたものである。具体的には、土木分野に適応する新たな CLT の材料開発、ならびに CLT の新たな土木利用技術の開発・普及に着手し、CLT の利用の可能性を土木分野へ広げることが目的としている。

また、CLT の利用拡大により、木材需要の創出のみにとどまらず、環境改善効果への寄与、土木分野からの国土強靱化による安全安心社会への貢献なども視野に入れている。

2.3 本年度に実施する項目

本事業は、土木分野での利活用想定した CLT の生産技術、利用技術について、既存の研究成果を総括し、早期の社会実装を目的として、以下についての知見、実績を構築する。

- ①土木分野での使用を想定した CLT の耐久性実証データを取得して、「土木分野で利活用する場合の CLT の使用方法」を明確にする。
- ②土木用 CLT の規格・基準のあり方を検討し、「土木用 CLT」の規格を策定するための叩き台となる規格案を作成する。
- ③上記「土木用 CLT」規格案を作成するために必要な性能試験、性能評価方法を検討する。
- ④技術開発に着手している土木技術への CLT の利活用について、実装のための検証、設計・施工用の基礎データを取得する。
- ⑤土木分野での CLT の利活用について、多くの関係者に研究成果を開示し、早期の実証を実現するための PR 活動とする。

本事業で取り扱う開発テーマ別に、本年度の事業計画を表 2.3-1 に示す。

表 2.3-1 令和 6 年度の事業計画(目標設定)

①基礎試験

段階	時期	達成目標
1	令和 6 年 5 月~令和 7 年 2 月	・基礎試験の継続実施
2	令和 6 年 5 月~令和 7 年 2 月	・各環境下での耐久性実証データの整理分析
3	令和 6 年 10 月~令和 7 年 2 月	・CLT の土木分野での利活用における耐久性に関する学術的な検証 ・継続実施すべき基礎試験内容の整理 (次年度以降への課題抽出)

②土木用 CLT 規格検討

段階	時期	達成目標
1	令和 6 年 5 月~令和 6 年 7 月	・土木用 CLT の規格・基準のあり方の整理 ・既往研究成果としての CLT 土木利用製品の材料要求性能の整理
2	令和 6 年 7 月~令和 6 年 9 月	・土木用 CLT の規格・基準の素案検討
3	令和 6 年 9 月~令和 7 年 2 月	・土木用 CLT の規格・基準の制定に関する策定手順の検討 ・継続実施すべき整備内容の整理 (次年度以降への課題抽出)

③製品普及検討 小委員会

段階	時期	達成目標
1	令和 6 年 5 月~令和 6 年 6 月	・既往研究成果を総括し、早期に社会実装が期待される(優先して市場導入すべき)対象技術を抽出
2	令和 6 年 6 月~令和 6 年 8 月	・社会実装に向けた各製品技術の課題解決 〈各技術について検討すべき主な課題〉 ・構造安全性基準の検討 ・上記基準と既存の基準・規制との調整 ・耐久性の検証と維持管理基準の策定 ※基礎試験と連携 ・設計・施工技術の標準化の検討 ・技術の経済・環境評価
3	令和 6 年 8 月~令和 7 年 1 月	・検証過程で必要な実験や試験の計画・遂行 ・事業者主体による実証実験を計画・遂行 (社会実装を想定し、より実際の使用状況に近づけつつ、安全性を十分に確保できる試験条件を設定) ・設計・施工の実現性の検証ならびに各種データの蓄積や課題の検証 ・上記実証実験による技術評価と技術資料の作成
4	令和 6 年 9 月~令和 7 年 2 月	・市場展開を想定して、事業説明会や意見交換会、講習会の開催等により、幅広いステークホルダーへ情報発信(社会実装の準備体制を構築) ・多様なステークホルダーでの共創を実現するため、本事業をマッチングプラットフォームとして位置づけるための組織づくり

2.4 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、さらに各技術部門におけるわが国の第一人者に技術顧問を委任した。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、開発テーマ別の小委員会を設定した。

また、連携 WG を各小委員会に横断的に設置し、各小委員会の成果等を積極的に広く社会に発信することに特化した活動を展開した(図 2.4-1)。

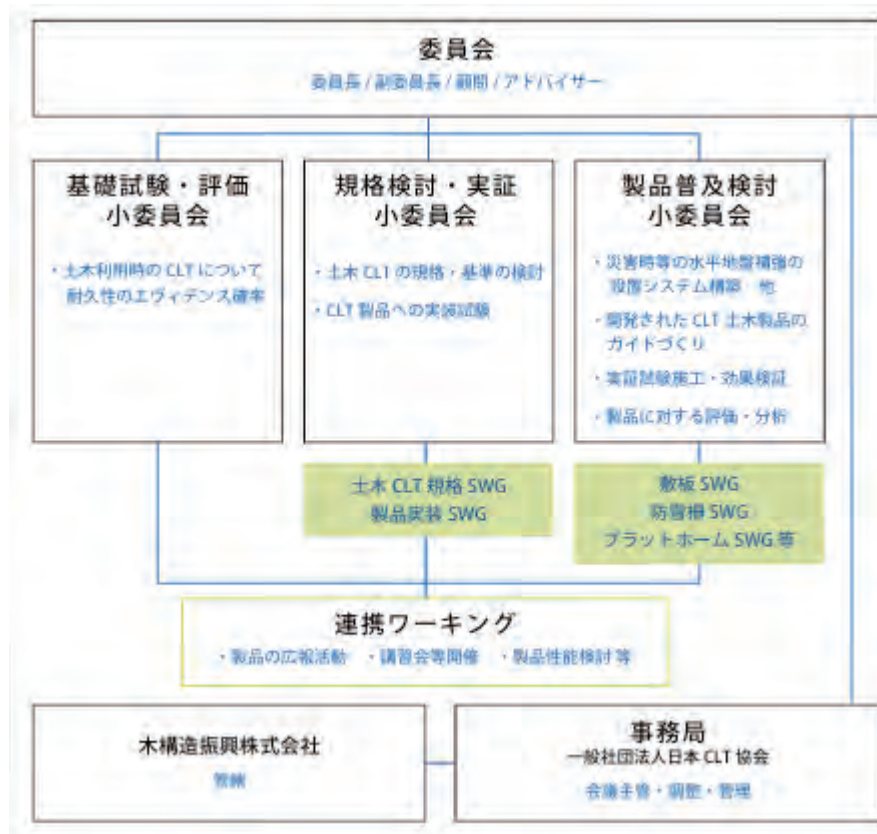


図 2.4-1 令和 6 年度体制図

■委員会（※敬称略・順不同）

委員長	原 忠（高知大学）
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）
顧問	有馬 孝禮（東京大学 名誉教授）
顧問	服部 順昭（東京農工大学 名誉教授）
顧問	濱田 政則（早稲田大学 名誉教授）
委員	青木 謙治（東京大学大学院）
委員	村野 昭人（東洋大学）
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）
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）
委員	吉田 雅穂（独立行政法人 国立高等専門学校機構 福井工業高等専門学校）
委員	池田 穰（株式会社安藤・間）
アドバイザー	綿引 誠（住友林業株式会社）
アドバイザー	西岡 英俊（中央大学）
アドバイザー	尾崎 健一郎（株式会社熊谷組）
アドバイザー	足立 有史（株式会社安藤・間）

■基礎試験・評価 小委員会（※敬称略・順不同）

小委員長	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）
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）
委員	山田 昌郎（国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所 港湾空港技術研究所）
委員	村田 拓海（飛鳥建設株式会社）
オブザーバー	椎葉 淳（宮崎県木材利用技術センター）
オブザーバー	田中 洋（宮崎県木材利用技術センター）
オブザーバー	山本 健（広島県立総合技術研究所林業技術センター）
オブザーバー	中村 弘昭（株式会社ネクサス）
コンサルタント	戸田 淳二（株式会社中央設計）

■規格検討・実証 小委員会（※敬称略・順不同）

小委員長	青木 謙治（東京大学大学院）
幹事	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）
委員	野田 龍（秋田県立大学 木材高度加工研究所）
委員	道場 隆（岡山県農林水産総合センター森林研究所）
委員	谷口 翼（銘建工業株式会社）
委員	山口 秋生（日本木材防腐工業組合）
委員	原 忠（高知大学）
連携主査	木村 礼夫（株式会社ジェイアール総研エンジニアリング）
オブザーバー	佐々木 貴信（北海道大学）

■製品普及検討 小委員会（※敬称略・順不同）

小委員長	村野 昭人（東洋大学）
委員	石川 佳生（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）
委員	前川 洋平（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）
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）
委員	井筒 耕平（株式会社イトイグループホールディングス）
委員	今廣 佐和子（株式会社 sonraku）
委員	藤井 敬三（西尾レントオール株式会社）
委員	柴尾 幸弘（理研興業株式会社）
委員	杉本 英俊（ベルテクス株式会社）
委員	大菅 崇之（株式会社ベルテクスコーポレーション）
委員	吉田 幸祐（株式会社アイゾールテクニカ）
委員	谷口 翼（銘建工業株式会社）
委員	加用 千裕（東京農工大学）
委員	池田 穰（株式会社安藤・間）
連携主査	木村 礼夫（株式会社ジェイアール総研エンジニアリング）
コンサルタント	沼田 淳紀（ソイルウッド）
オブザーバー	大林 宏也（東京農業大学）

■連携ワーキング（※敬称略・順不同）

主査	木村 礼夫（株式会社ジェイアール総研エンジニアリング）
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）
委員	前川 洋平（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）
委員	杉本 英俊（ベルテクス株式会社）
委員	大菅 崇之（株式会社ベルテクスコーポレーション）
委員	谷口 翼（銘建工業株式会社）
委員	吉田 幸祐（株式会社アイゾールテクニカ）

■行政（※敬称略・順不同）

武藤 信之（林野庁 林政部木材産業課木材製品技術室 室長）
福島 純（林野庁 林政部木材産業課木材製品技術室 建築用木材班 課長補佐）
上田 萌香（林野庁 林政部木材産業課木材製品技術室 建築用木材班 企画調整係長）
増井 僚（林野庁 林政部木材産業課木材製品技術室 建築用木材班 建築用担当専門職）

■事務局（※敬称略・順不同）

平原 章雄（木構造振興株式会社）
原田 浩司（木構造振興株式会社）
坂部 芳平（一般社団法人日本 CLT 協会）
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〈合同会社建設木材工学研究所〉）
狩野 れいな（一般社団法人日本 CLT 協会土木技術開発室〈合同会社建設木材工学研究所〉）

2.5 実施工程

令和6(2024)年5月より本年度の事業の準備を進め、6月17日に第1回委員会を開催し、事業を開始した。

3つの小委員会では委員会の指導のもと、各テーマに基づく調査研究を進め、具体的な開発テーマに基づく検討を進めた。また連携WGでは、広報活動やアンケート調査などを展開した。

令和6年度(2024年度)の工程の詳細を以下に記す。

令和6(2024)年・令和7(2025)年

- ・5月9日 基礎試験淡水試験 事前打合せ
- ・5月10日 委員長 事前打合せ
- ・5月17日 製品普及検討 事前打合せ
- ・5月27日 防雪柵 事前打合せ
- ・5月28日 基礎試験 淡水試験場 事前打合せ
- ・5月29日 連携WG 事前打合せ
- ・6月3日 第1回土木規格検討・実証小委員会を開催
- ・6月5日 第1回土木製品普及小委員会を開催
- ・6月11日 土木基礎試験小委員会開催
- ・6月17日 第1回土木本委員会 開催
- ・7月4日 製品普及検討小委員会打ち合わせ
- ・7月11日 敷板SWGを開催
- ・7月24日～26日 メンテナンス・レジリエンス TOKYO 2024 展出展 アンケート実施
- ・7月30日 敷板SWGを開催
- ・8月13日 第1回連携WG 開催
- ・8月22日 基礎試験 都城市試験体取り出し
- ・8月28日 基礎試験 淡水試験体取り出し
- ・8月29日 プラットホーム SWG 開催
- ・9月2日～6日 土木学会 研究討論会
- ・9月5日 基礎試験 三好試験体掘出し
- ・9月9日 防雪柵経済波及効果研究 中間報告
- ・9月9日 規格 SWG 打合せ
- ・9月10日 第2回土木本委員会準備会議を開催
- ・9月10日 土木規格検討・実証小委員会を開催
- ・9月12日 基礎試験 旭川試験体掘り出し
- ・9月17日 第2回製品普及検討小委員会を開催
- ・9月24日 第2回土木本委員会を開催
- ・10月3日 基礎試験海水試験体採取
- ・10月9日 10日 北海道都市開発・建設総合展 2024 出展
- ・10月16日 17日 福岡県奈多駅 CLT プラットホーム塗装補修視察
- ・10月25日 26日 サイエンスアゴラ 2024 土木学会木材工学委員会出展 一部 CLT 展示
- ・11月5日 北海道赤平市内の林道 CLT 床版現地視察
- ・11月6日 北海道士別市 CLT 敷板表面摩耗試験視察
- ・11月12日 第2回基礎試験・評価小委員会を開催
- ・11月18日 防雪柵 SWG 打合せ
- ・11月21日 製品普及検討小委員会 打合せ
- ・12月9日 経済波及効果 SWG 打合せ

- ・12月13日 敷板 SWG レンタル会社ヒアリング
- ・12月13日 第3回土木規格検討・実証小委員会を開催
- ・12月16日 敷板 SWG トラフィカビリティシステム ヒアリング
- ・12月16日 第3回製品普及検討小委員会を開催
- ・1月8日 土木学会ヒアリング
- ・1月15日～17日 プラットホーム曝露試験(福井県鯖江市)
- ・1月21日 第3回土木本委員会を開催
- ・2月上旬 基礎試験・評価小委員会打合せ

3 土木用を想定した CLT の 耐久性検証（基礎試験）

3.1 基礎試験概要(背景・目的・基本方針)

3.1.1 背景と目的

CLT の耐久性については、建築分野での使用を想定し、地上(屋内・屋外)における設置に関する知見が多く得られている。一方、土木分野では、地上(気中)に置かれる場合に加え、地盤中、海水、淡水の環境に置かれることも想定されるが、これらについての知見は得られていない。

こうした背景を受けて、建築分野では今まで得られてこなかった地盤、海水、淡水環境における耐久性に関する知見を得るため、土木利用を想定した CLT の耐久性に関する基礎データを取得することを目的として毎年、確認試験を行う。

耐久性に関するデータを得るためには、それなりの暴露期間を必要とすることから、令和3年(2021年)より5年間の設置を目標として、異なる環境下に2種のCLT 供試体(写真3.1-1、3.1-2)を設置して、毎年所定の数を取り出し、強度試験、観察等により耐久性を検証する。供試体を各環境に設置する前に実施した基準試験により、材料としての初期性能を既に確認しており、各年に確認した結果を、初期性能と比較して、劣化状況を確認する。



写真 3.1-1 キュービック型 供試体
150 mm × 150 mm × 150 mm



写真 3.1-2 ボード型 供試体
500 mm × 1500 mm × 150 mm

500 mm × 900 mm × 150 mm

3.1.2 本年度の基本方針

本年度は、地盤中・海水中・淡水中環境に設置後約3年経過した供試体(キュービック・ボード型)を取り出し、以下の項目を実施した。各環境別の存置期間を表3.1-1に示す。供試体は、スギ CLTMx60・5 層5プライ(接着剤:レゾルシノール樹脂系接着剤(RF)、水性高分子イソシアネート系接着剤(API))である。

- ・劣化状況の確認
- ・湿潤重量と飽和重量、乾燥重量の測定(キュービック試験体のみ)
- ・縦圧縮試験とブロックせん断試験(キュービック試験体のみ)

表 3.1-1 供試体存置期間(約3年)

環 境	地 盤			海 水	淡 水
場 所	林産試験場 (旭川市) 亜寒帯	広島県林業技術センター (三次市) 温帯	宮崎県木材利用技術センター (都城市) 亜熱帯	港湾空港研究所 (横須賀市)	飛島技術研究所 (野田市)
設 置	2021 年 11 月 13 日	2021 年 12 月 3 日	2021 年 12 月 24 日	2021 年 12 月 24 日	2022 年 1 月 14 日
取り出し	2024 年 9 月 12 日	2024 年 9 月 5 日	2024 年 8 月 22 日	2024 年 10 月 3 日	2024 年 8 月 28 日

3.2 試験方法

3.2.1 試験内容

図 3.2-1 に各供試体の検証フローを示す。各試験体について、取り出した直後に軽く表面の汚れを落として劣化状況を観察し、続いて洗浄後に再度、木部の割れ、接着層近傍の割れ、腐朽、虫害などの劣化状況確認と写真撮影を行った。キュービック型試験体については、洗浄後すぐに湿潤重量測定を行った後、フラットベッドイメージスキャナー(A4 サイズ・600 dpi 以上の解像度)を用いて供試体 6 面をスキャンした。色の経年変化を確認するため、撮影時には、コダックカラーインデックス(多色)とスケールと供試体番号を同時に撮影した。その後目標含水率を 60 % 以上として含水率調整(飽和化)を行ったのち飽和重量の測定、圧縮試験及びブロックせん断試験を実施した。さらに強度試験完了後、乾燥させ乾燥重量の測定を行った。強度試験は、試験体の設置条件ごとにキュービックを圧縮試験用に 2 体、ブロックせん断試験用に 1 体、振り分け実施した。なおブロックせん断試験用 1 体のキュービックからは、集成材の日本農林規格に基づくブロックせん断試験体として幅 25 mm×高さ 30 mm(溝切深さ 2.5 mm×溝幅 2 mm)×長さ 150 mm を 4 体採取して実施した。圧縮試験では、縦圧縮強度及び縦圧縮弾性係数、ブロックせん断試験では、接着面のせん断強さをそれぞれ測定した。

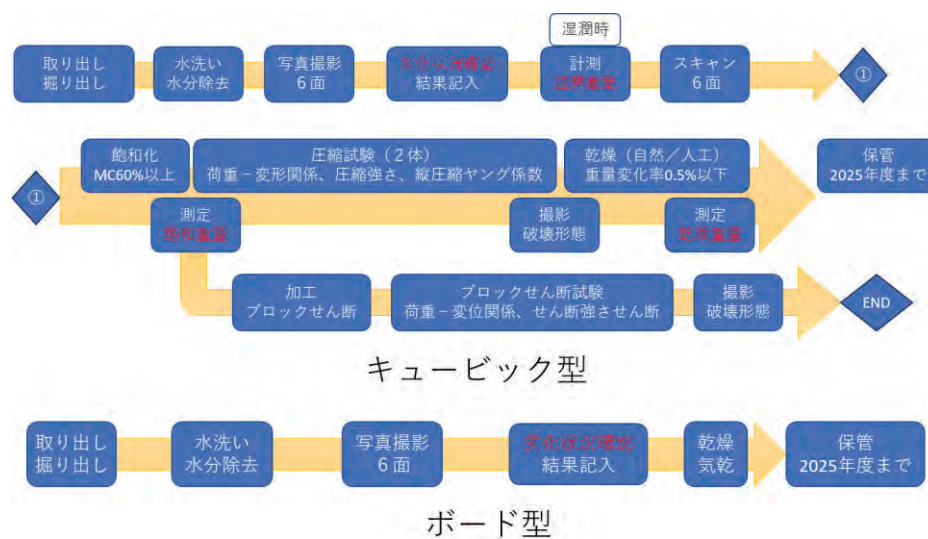


図 3.2-1 各試験体の検証フロー

3.2.2 実施場所

(1)各環境の所在地

供試体を設置した場所を以下に示す。また、各場所にて実施した試験内容を表 3.2-2 に示す。

1)地盤環境

- ①亜寒帯地域 北海道旭川市 北海道立総合研究機構 森林研究本部 林産試験場(以下 林産試験場)
- ②温帯地域 広島県三次市 広島県総合技術研究所 林業技術センター
(以下 広島県林業技術センター)
- ③亜熱帯地域 宮崎県都城市 宮崎県木材利用技術センター

2)海水環境

神奈川県横須賀市 国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所 港湾空港技術研究所
(以下 港湾空港技術研究所)

3)淡水環境

千葉県野田市 飛島建設株式会社 技術研究所 (以下 飛島建設技術研究所)

表 3.2-1 実施場所と試験内容

実施場所	基準試験※	地盤環境	海水環境	淡水環境
北海道旭川市 (林産試験場)	○	○		
広島県三次市 (広島県林業技術センター)		○		
宮崎県都城市 (宮崎県木材利用技術センター)		○		
神奈川県横須賀市 (港湾空港技術研究所)			○	
千葉県野田市 (飛鳥建設技術研究所)				○

※基準試験：令和3(2021)年度に林産試験場で実施した供試体の初期性能の確認試験
(各環境に存置する前に試験を実施)

(2)各試験地点における供試体設置状況

1)地盤環境

①林産試験場 供試体設置状況

供試体配置を写真 3.2-1 に示す。

配置状況を図 3.2-1 に示し、本年度の観察対象とした供試体の位置を赤枠で示す。



写真 3.2-1 林産試験場 供試体配置

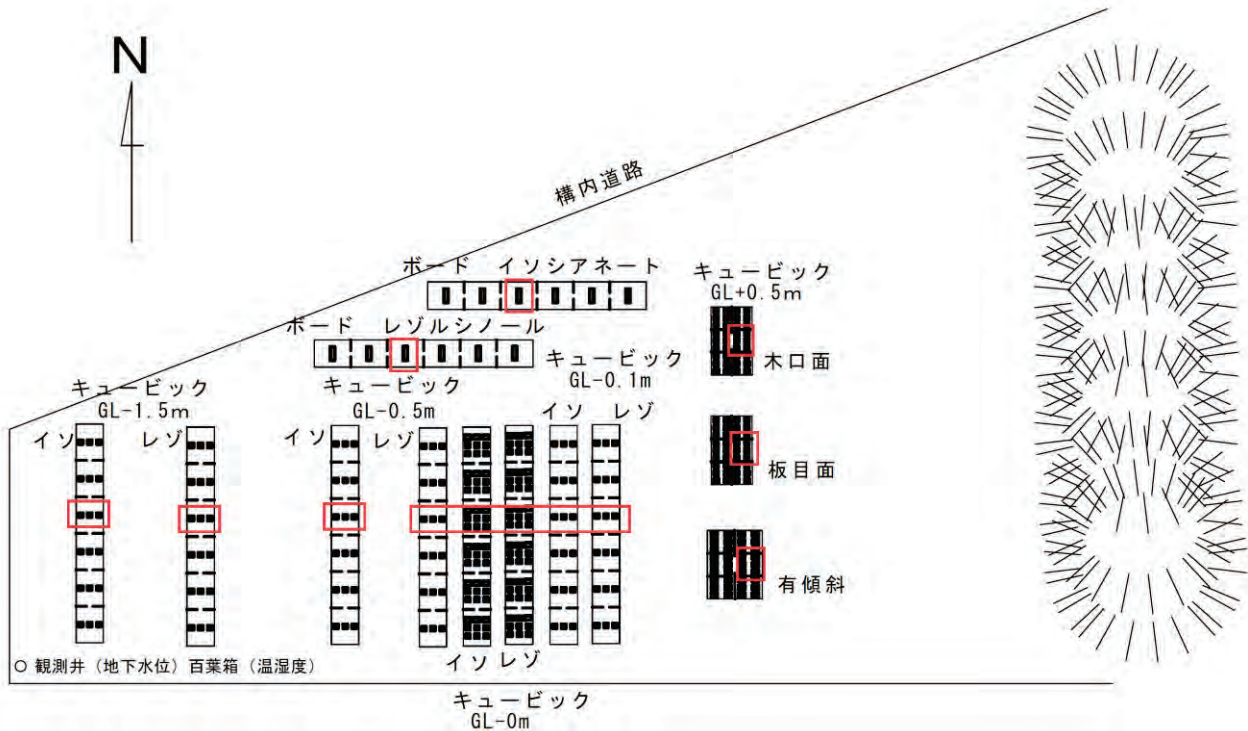


図 3.2-2 林産試験場 配置状況

②広島県林業技術センター 供試体設置状況

供試体配置を写真 3.2-2 に示す。

配置状況を図 3.2-3 に示し、本年度の観察対象とした供試体の位置を赤枠で示す。



写真 3.2-2 広島県林業技術センター供試体設置

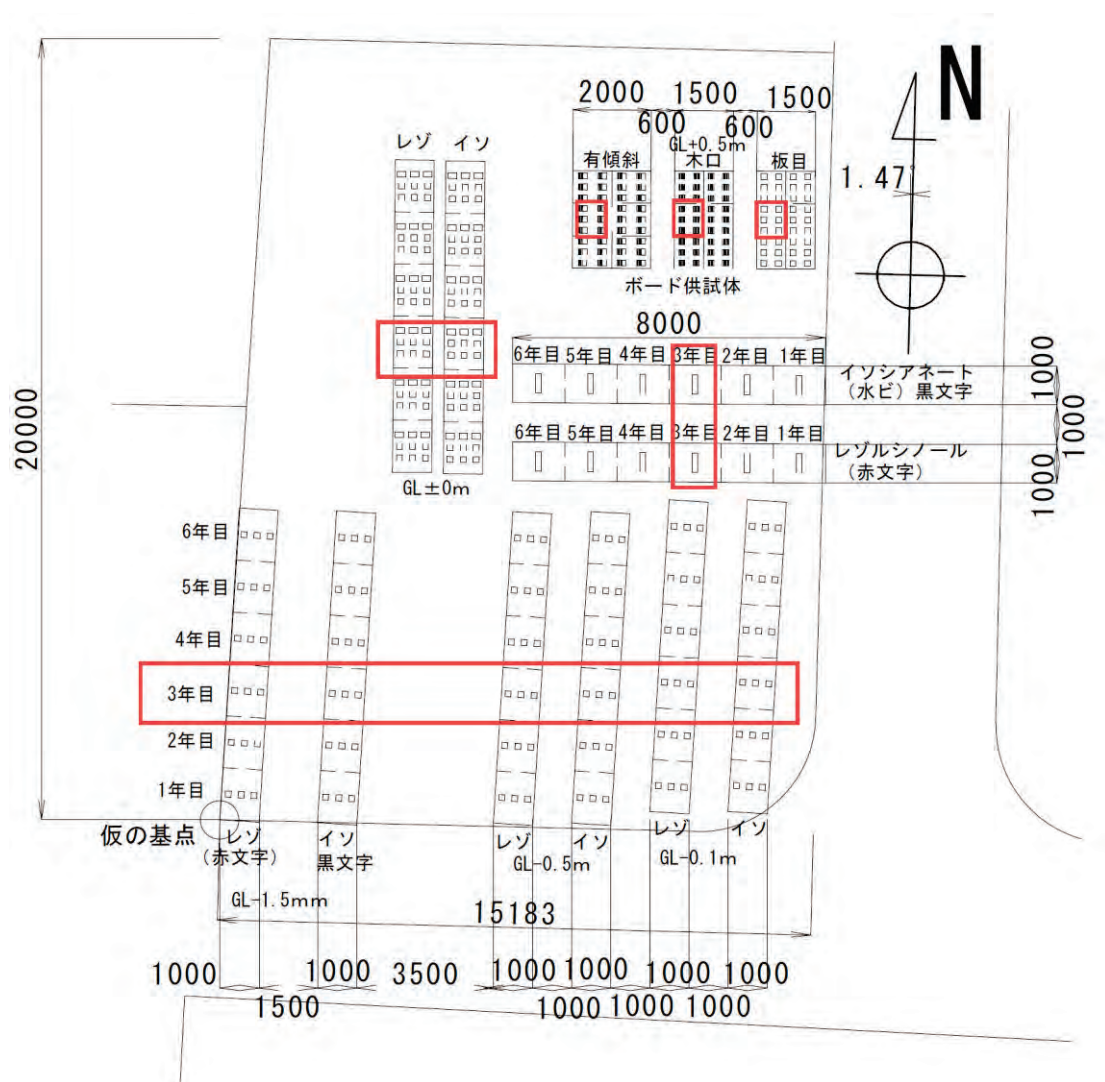


図 3.2-2 広島県林業技術センター 配置状況

③宮崎県木材利用技術センター 供試体設置状況

供試体配置を写真 3.2-3 に示す。配置状況を図 3.2-3 に示し、本年度の観察対象とした供試体の位置を赤枠で示す。

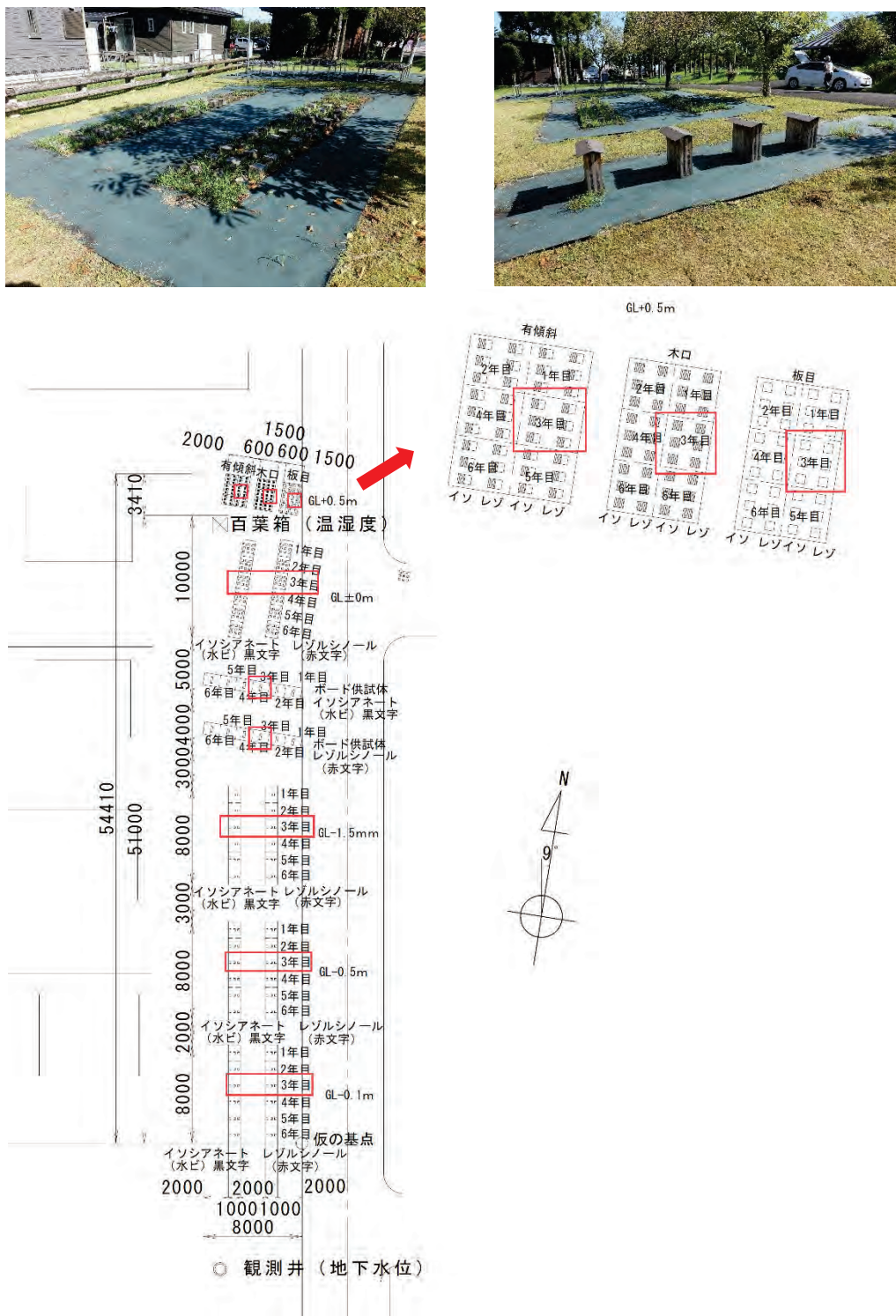


写真 3.2-3 図 3.2-3 宮崎県木材利用技術センター 配置状況

各地盤環境に共通した供試体設置方法を図 3.2-4～9 に示す。

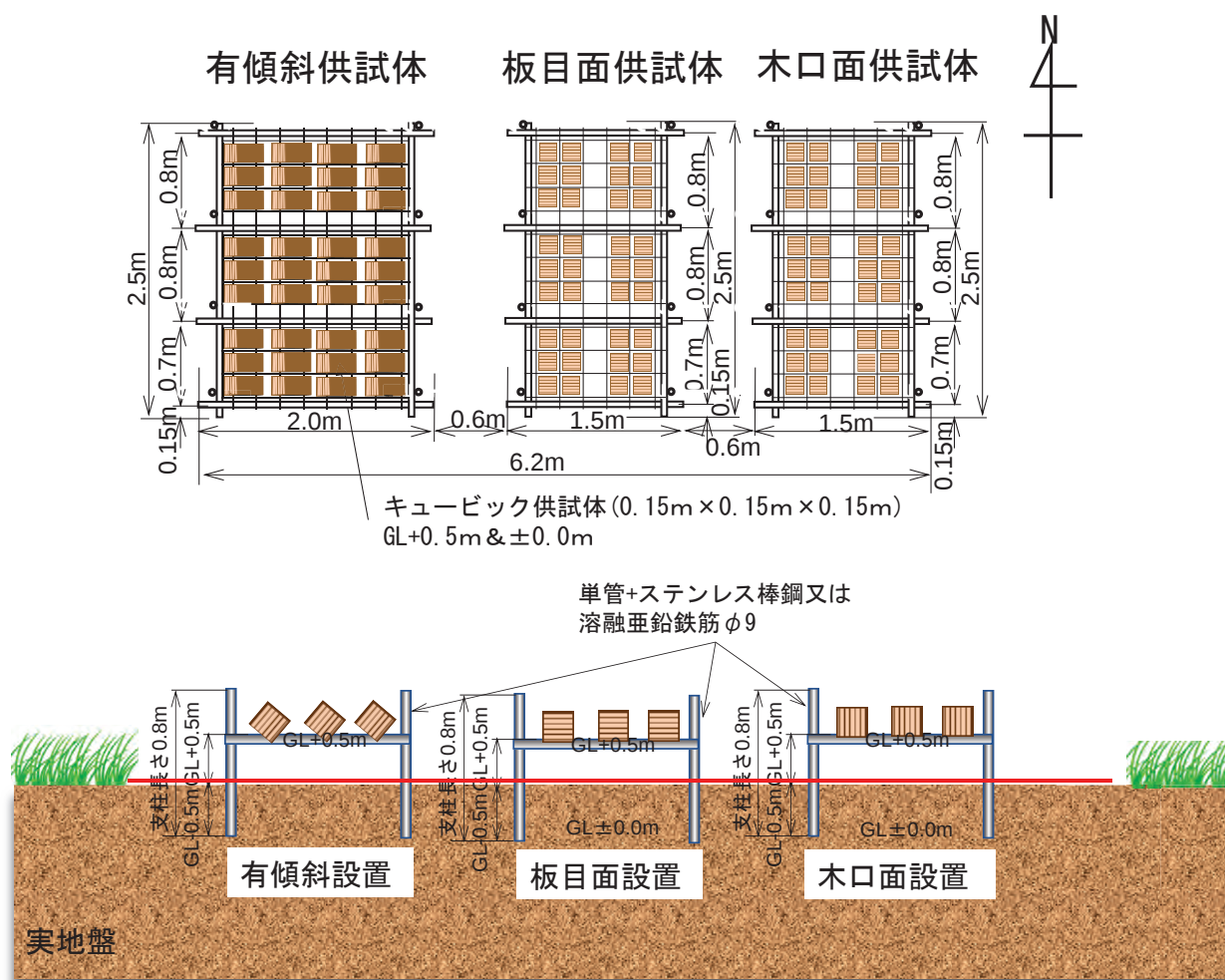


図 3.2-4 キュービック型供試体 GL+0.5m設置概念図

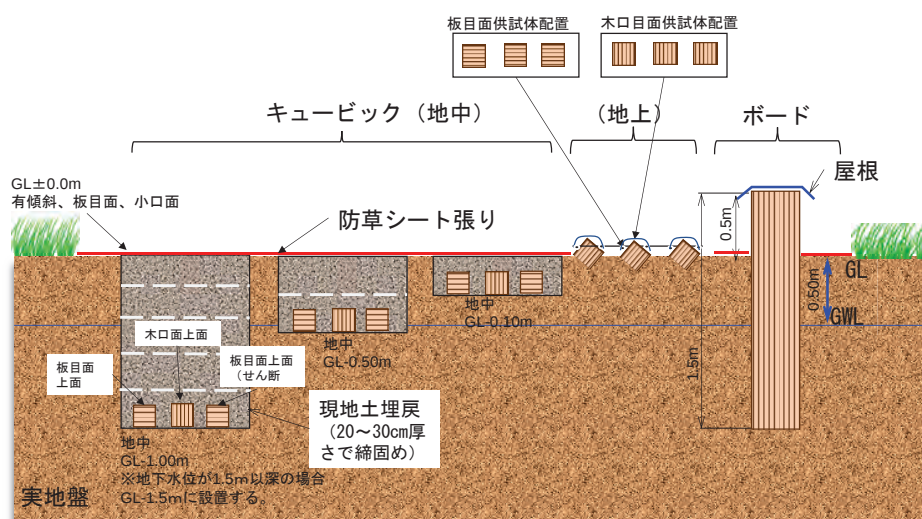


図 3.2-5 ボード型供試体 地表・地中設置概念図

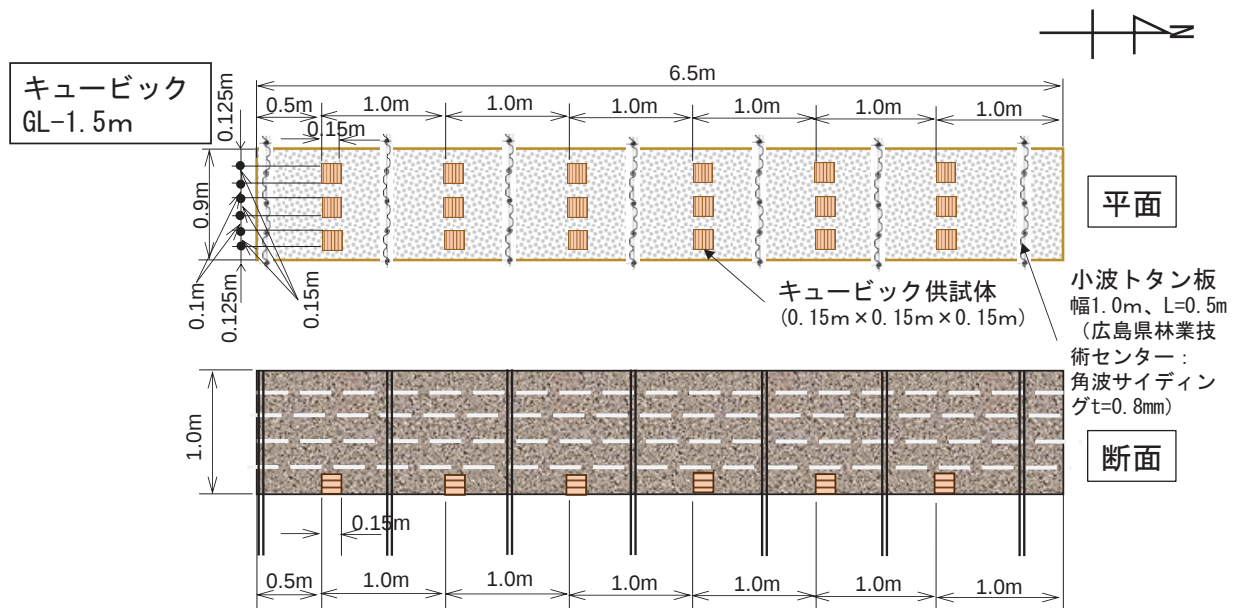


図 3.2-6 キュービック型供試体 GL-1.5 m 設置概念図

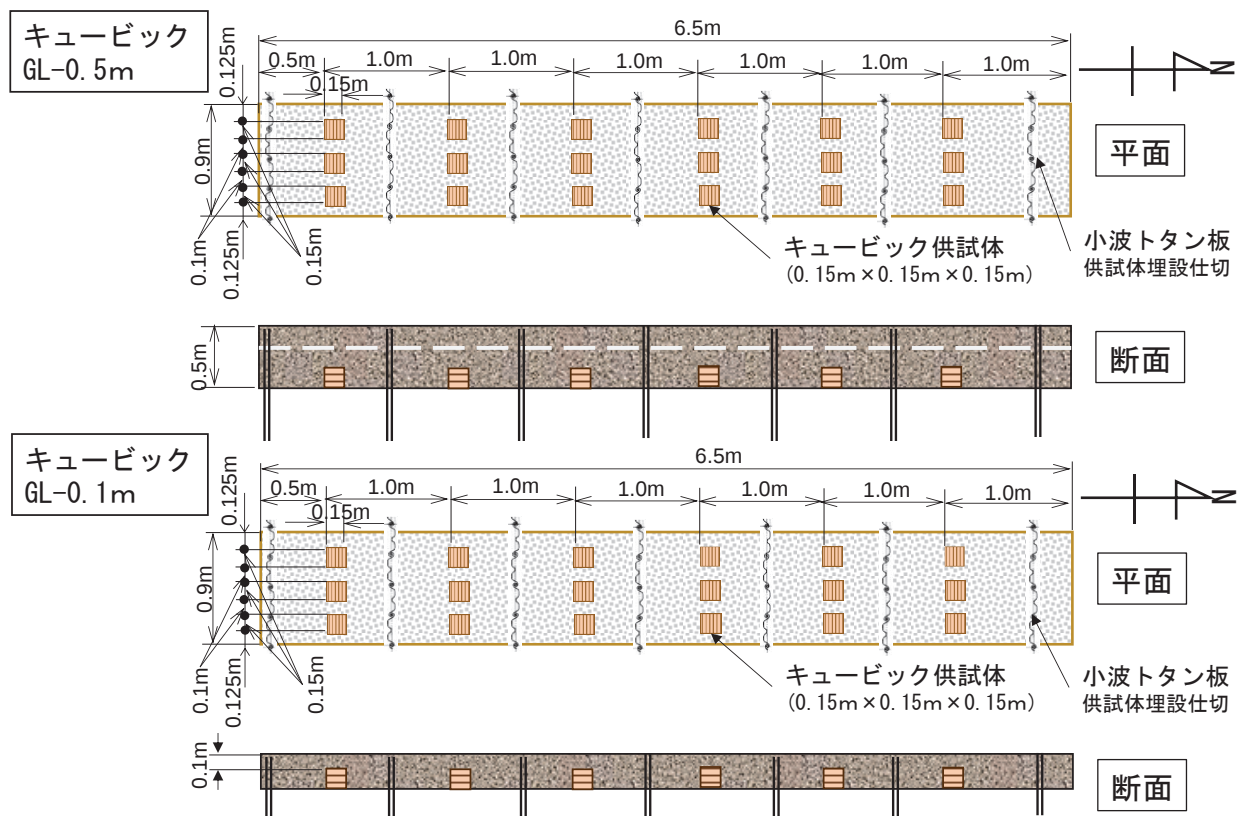


図 3.2-7 キュービック型供試体 GL-0.5 m・GL-0.1 m(土被り厚) 設置概念図

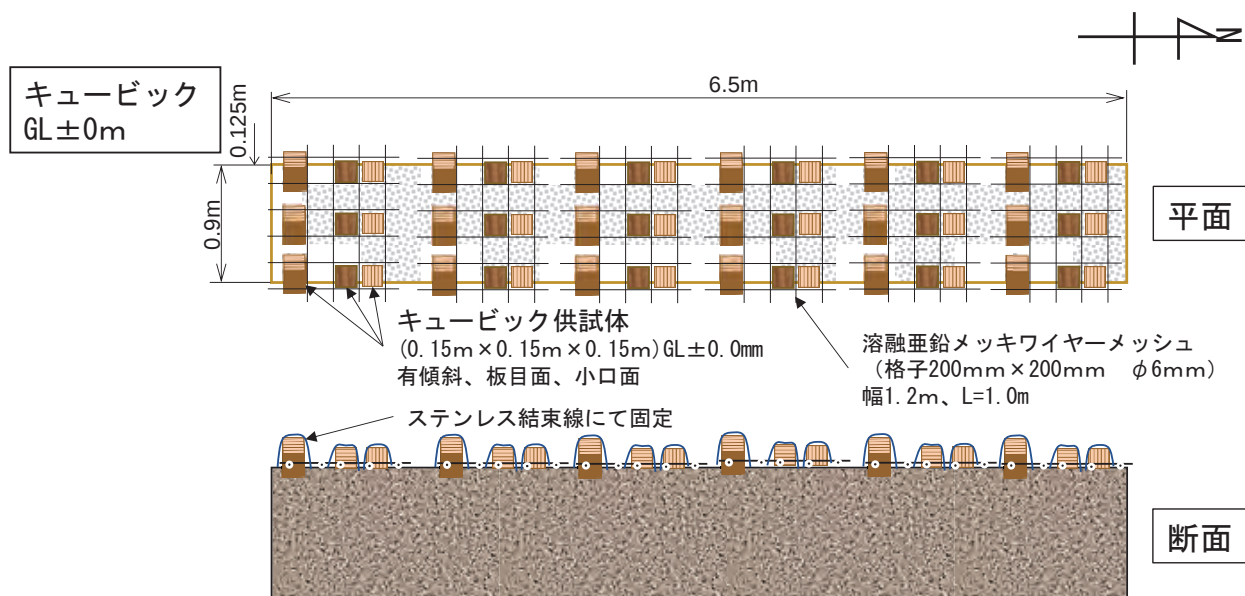


図 3.2-8 キュービック型供試体 GL±0 m 設置概念図

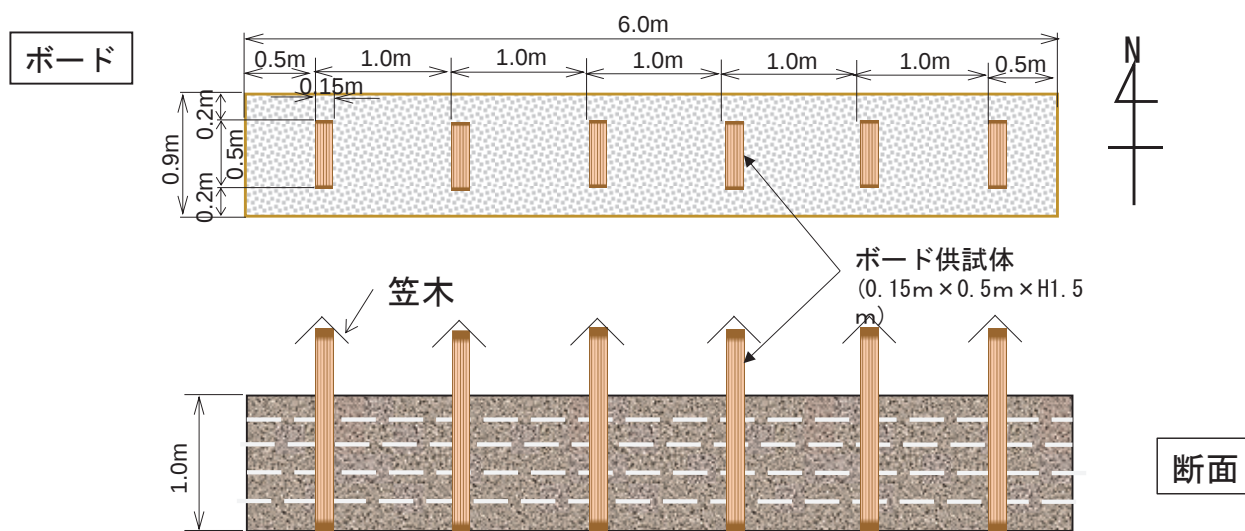


図 3.2-9 ボード型供試体 地表・地中設置概念図(横断面)

2) 海水環境

海洋環境の試験施設である港湾空港技術研究所の長期暴露試験の施設概要について、図 3.2-10 に断面図、干満サイクルを示す。また、供試体の配置を図 3.2-11 に、設置状況を写真 3.2-4 に示す。本施設では、久里浜湾の海水を取水・排水し、潮の干満・飛沫を再現(2回/日)し、「海中」、「干満帯」、「飛沫帯」等の海水環境を再現することにより、海水への暴露状態の観察を行うことができる。



図 3.2-10 港湾空港技術研究所 長期暴露施設概要

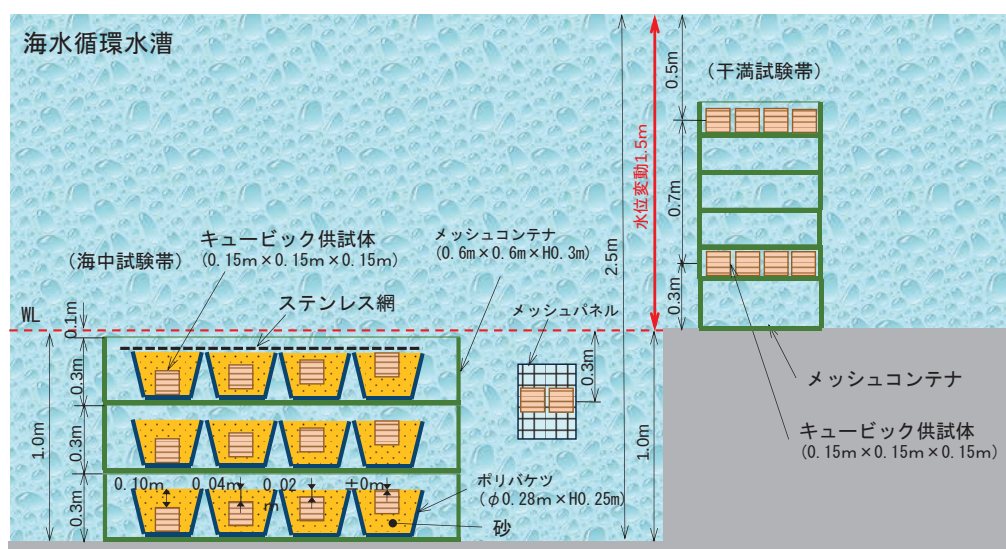


図 3.2-11 海水環境 供試体配置概要図

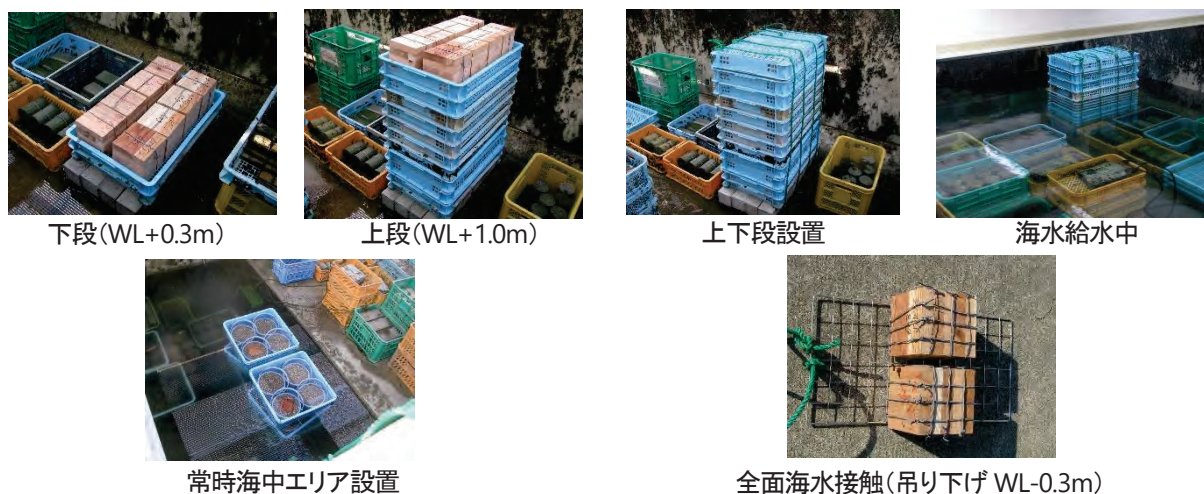


写真 3.2-4 海水環境供試体 設置状況

3) 淡水環境

淡水環境の試験施設である飛島建設技術研究所の施設概要について、淡水試験配置図と本年度の観察対象供試体(赤枠)を図 3.2-12 に示す。また、設置状況を写真 3.2-5 に、配置概要を図 3.2-13～14 に示す。



写真 3.2-5 淡水環境供試体配置状況

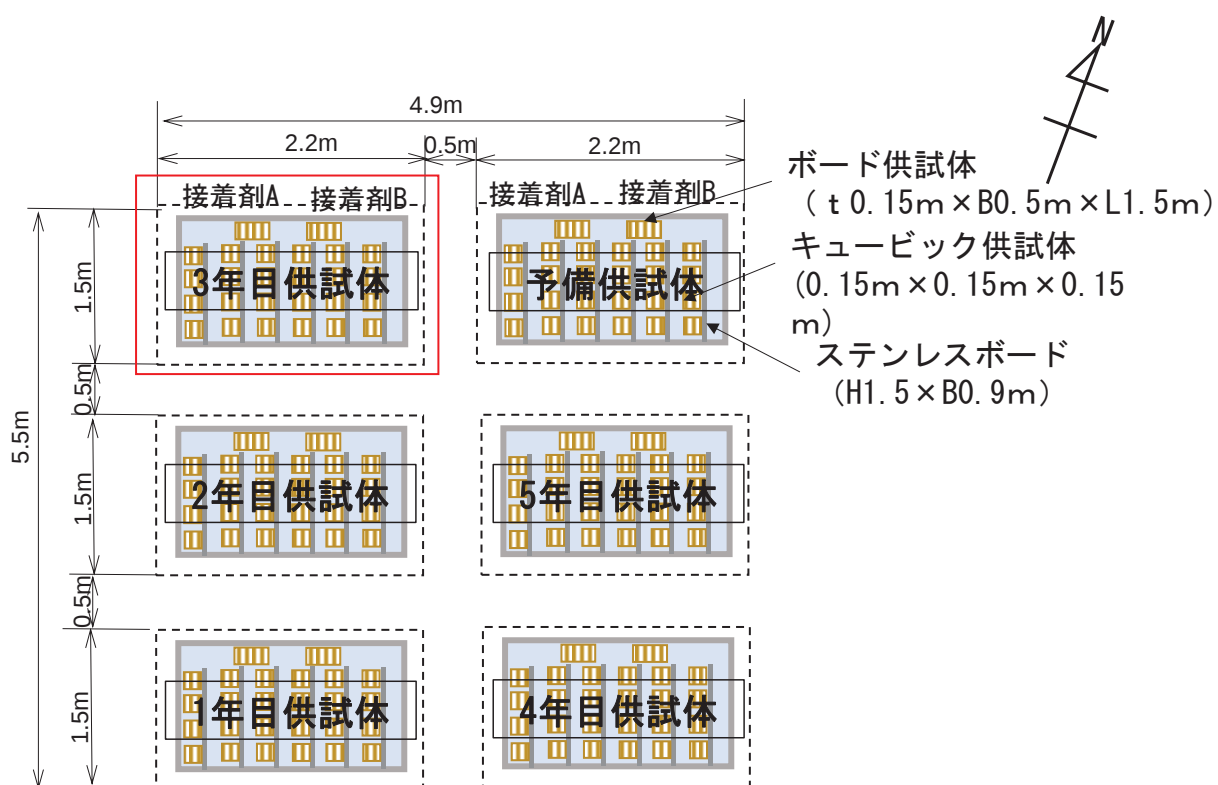


図 3.2-12 淡水環境 供試体配置図

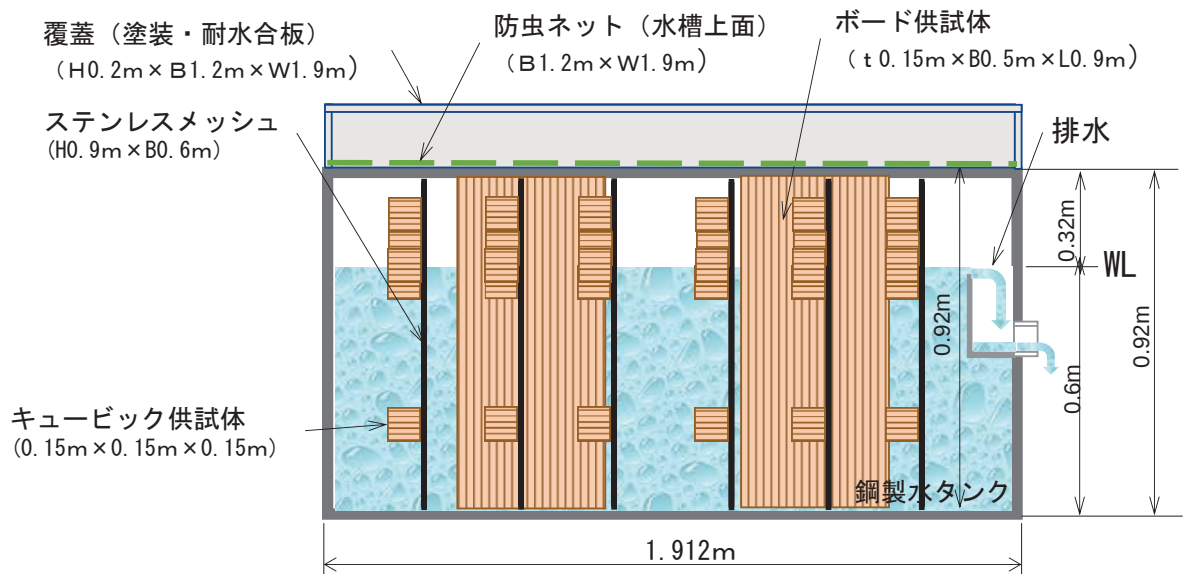


図 3.2-13 淡水試験 供試体設置イメージ(縦断面図)

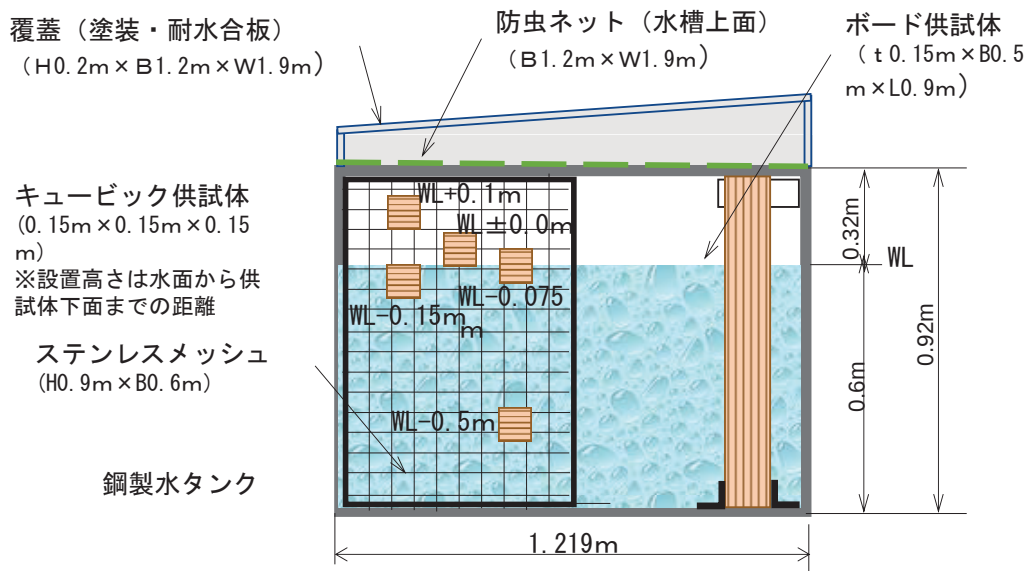


図 3.2-14 淡水環境供試体設置 概要図

(3)各試験地点における環境条件

1)地盤環境

①旭川市 林産試験場

林産試験場で計測した外気温度・相対湿度と地下水位を図 3.2-15～16 に、北海道旭川市の気象庁観測データを図 3.2-17 に示す。

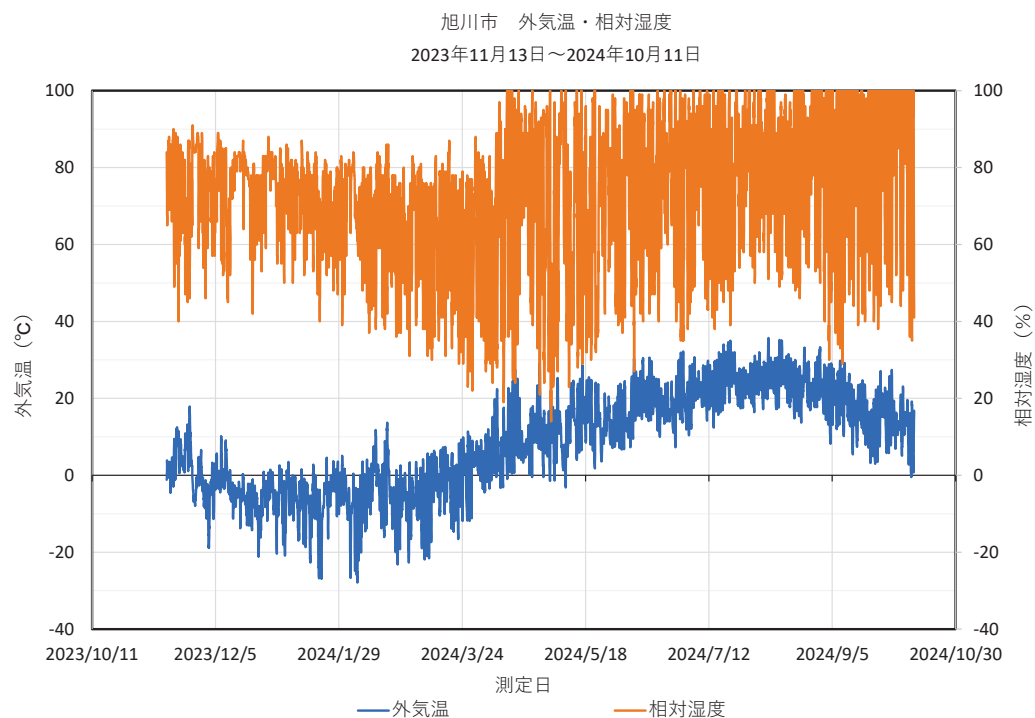


図 3.2-15 旭川市 林産試験場 外気温・相対湿度



図 3.2-16 旭川市 林産試験場 地下水位

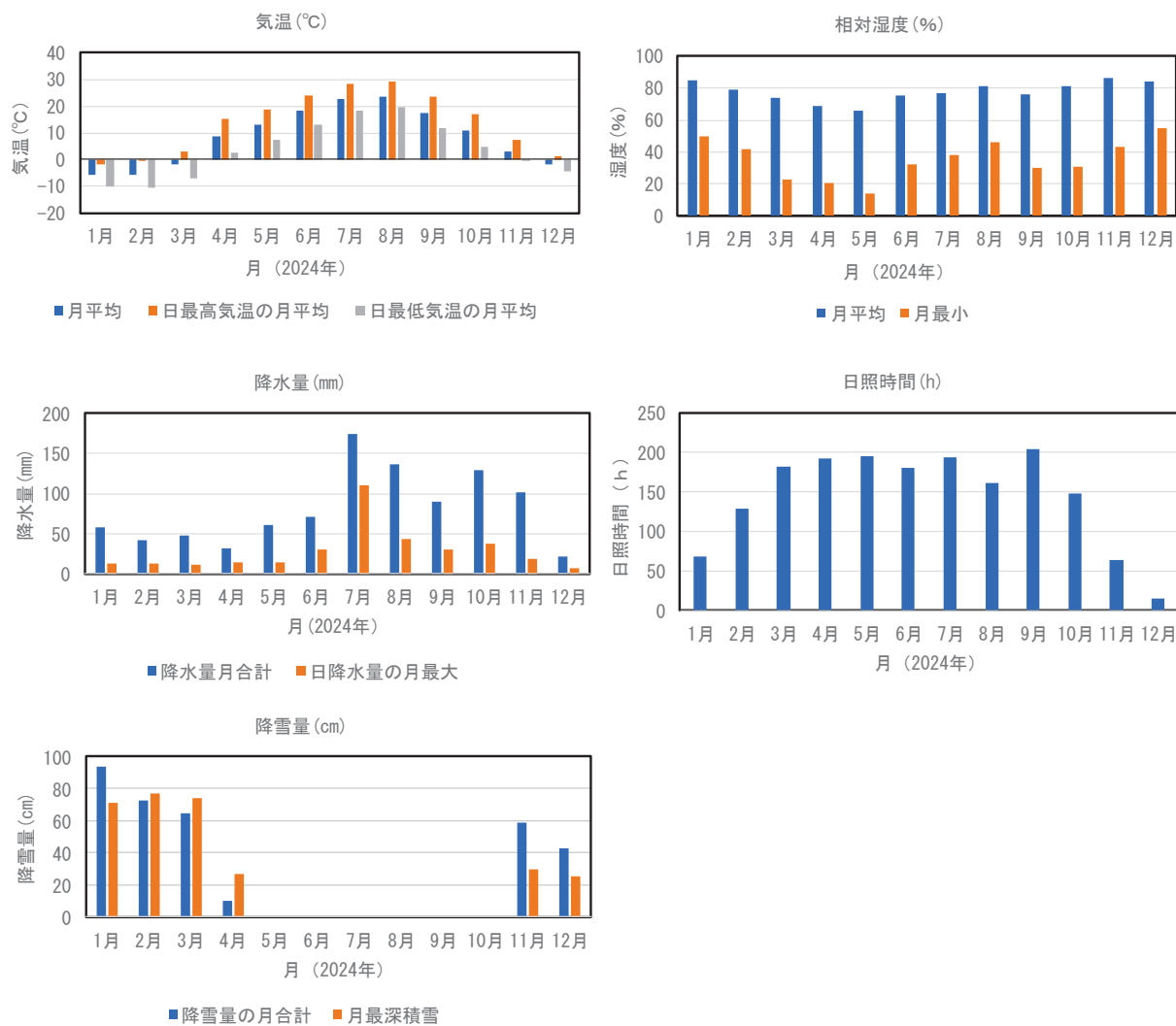


図 3.2-17 旭川市 気象庁データ

②三次市 広島県林業技術センター

広島県林業技術センターで計測した外気温・相対湿度を図 3.2-18 に、広島県三次市の気象庁観測データを図 3.2-19 に示す。地下水位は、地下水深度が深く、水位計が大気圧を測定しているため、データとして採用せず欠測とする。現地における降雪の有無に関わらず降雪データがない場合は、降雪に関するグラフを割愛した。

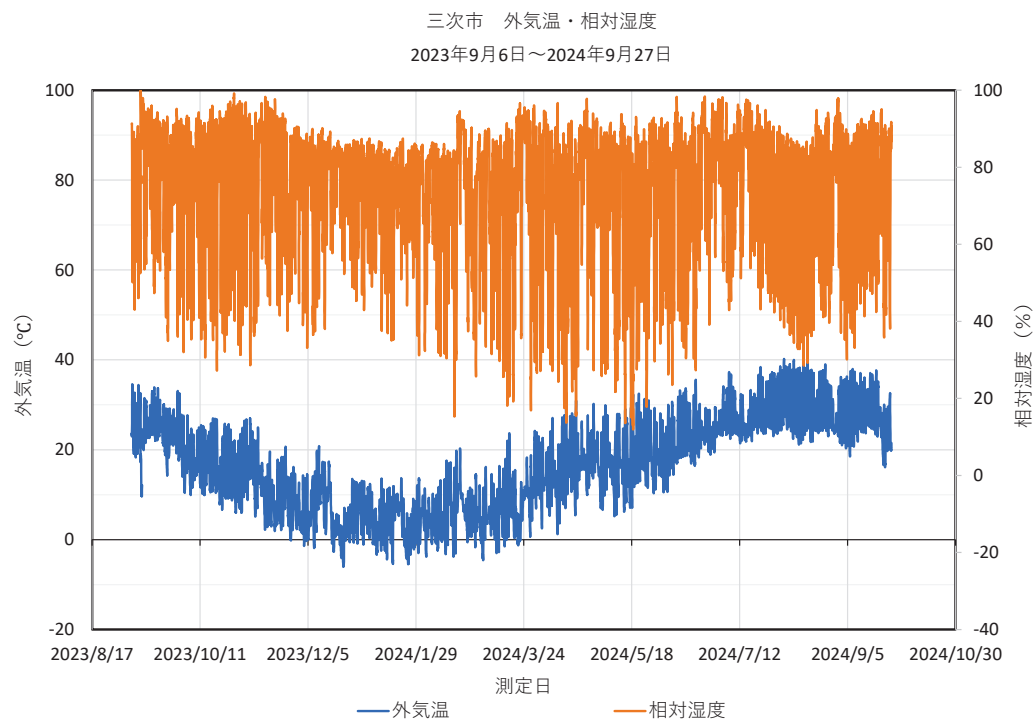


図 3.2-18 三次市 広島県林業技術センター 外気温・相対湿度

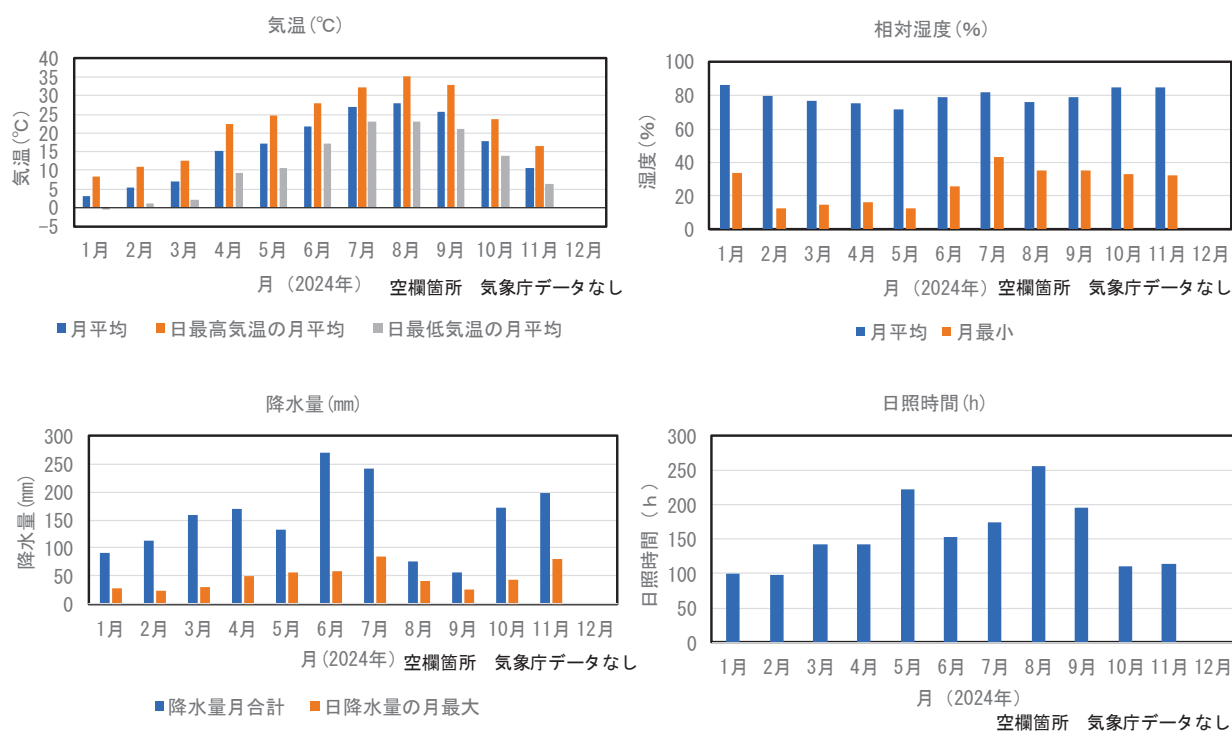


図 3.2-19 三次市 気象庁データ

③都城市 宮崎県木材利用技術センター

宮崎県木材利用技術センターの外気温・相対湿度を図 3.2-20、地下水位を図 3.2-21 に、宮崎県都城市の気象庁観測データを図 3.2-22 に示す。地下水位の上昇は降雨量の影響による。現地における降雪の有無に関わらず降雪データがない場合は、降雪に関するグラフを割愛した。

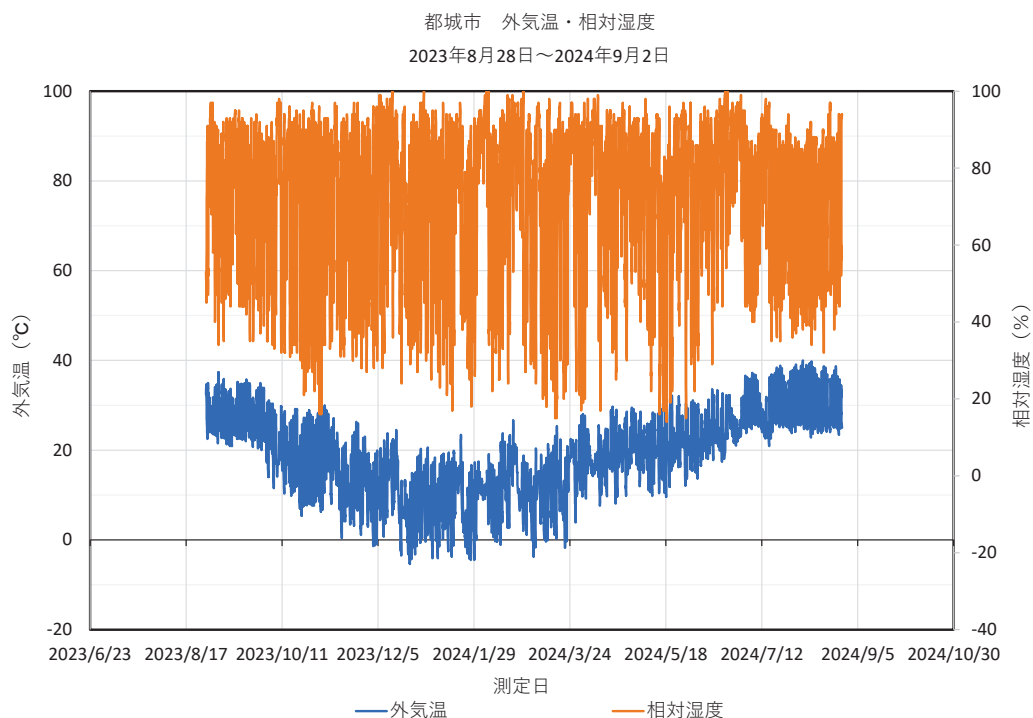


図 3.2-20 都城市 宮崎県木材利用技術センター 外気温・相対湿度

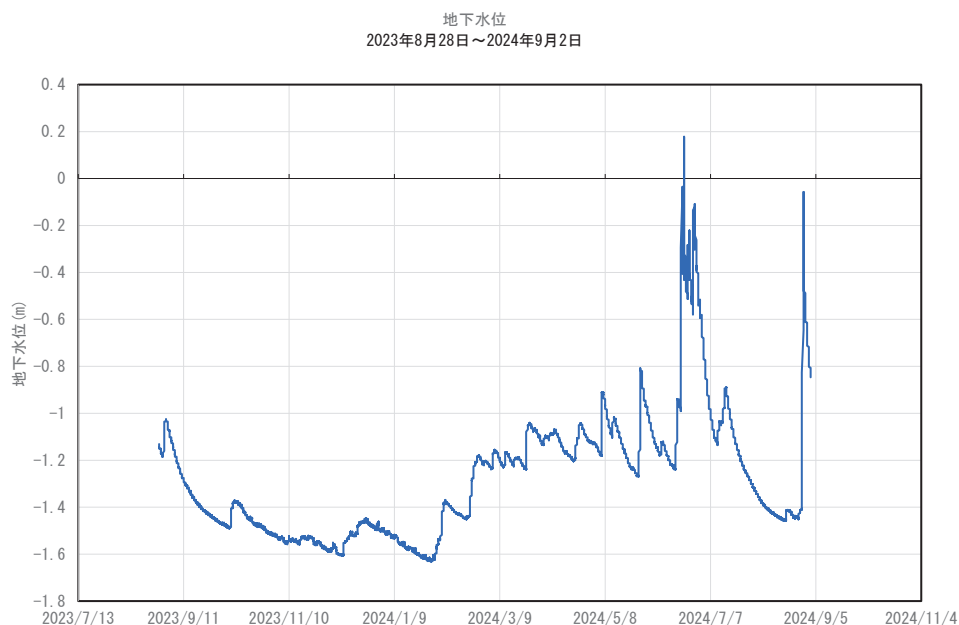


図 3.2-21 都城市 宮崎県木材利用技術センター 地下水位

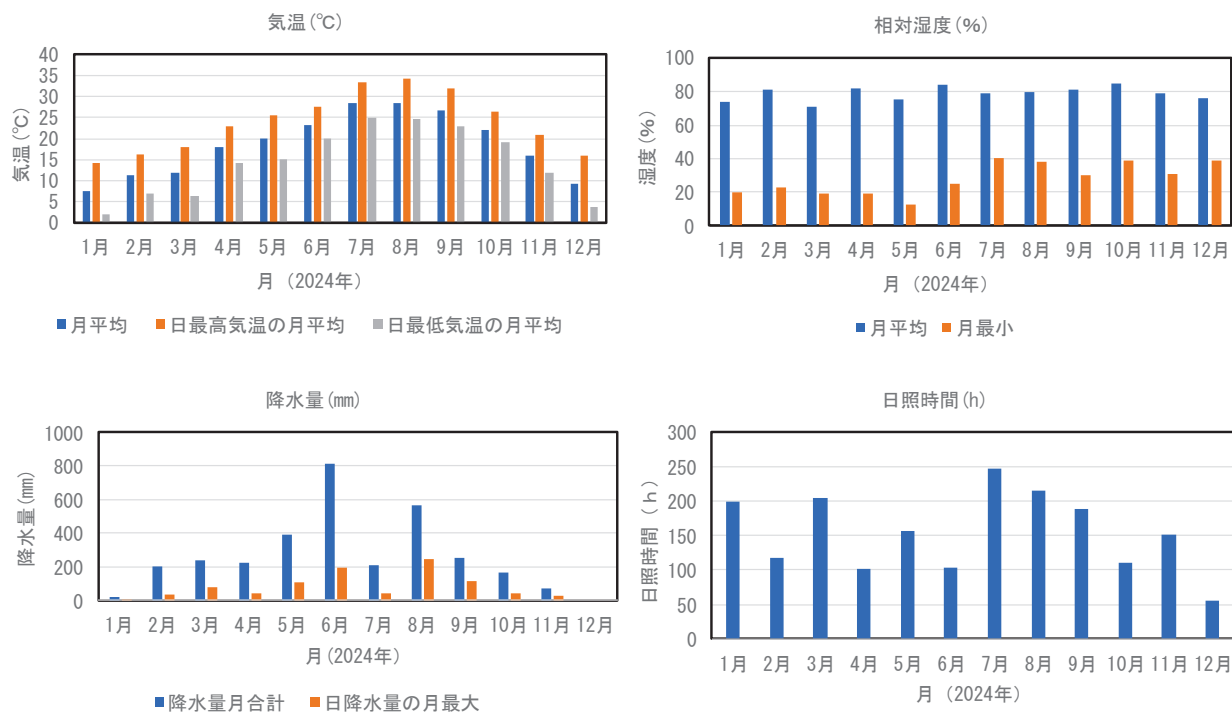


図 3.2-22 都城市 気象庁データ

2) 海水環境

神奈川県横須賀市の気象庁観測データがないため、近隣の三浦市の気象庁観測データを図 3.2-23 に示す。現地における降雪の有無に関わらず降雪データがない場合は、降雪に関するグラフを割愛した。

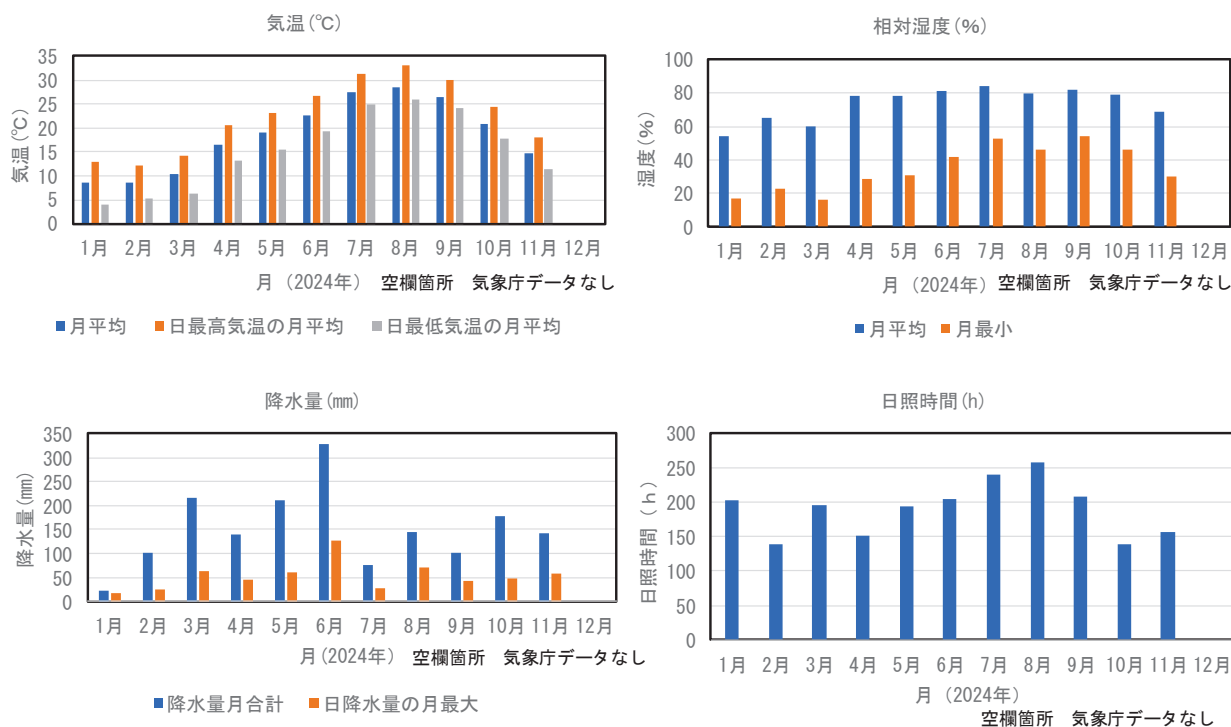


図 3.2-23 三浦市 気象庁データ

3) 淡水環境

千葉県野田市の気象庁観測データがないため、近隣の越谷市の気象庁観測データを図 3.2-24 に示す。現地における降雪の有無に関わらず降雪データがない場合は、降雪に関するグラフを割愛した。

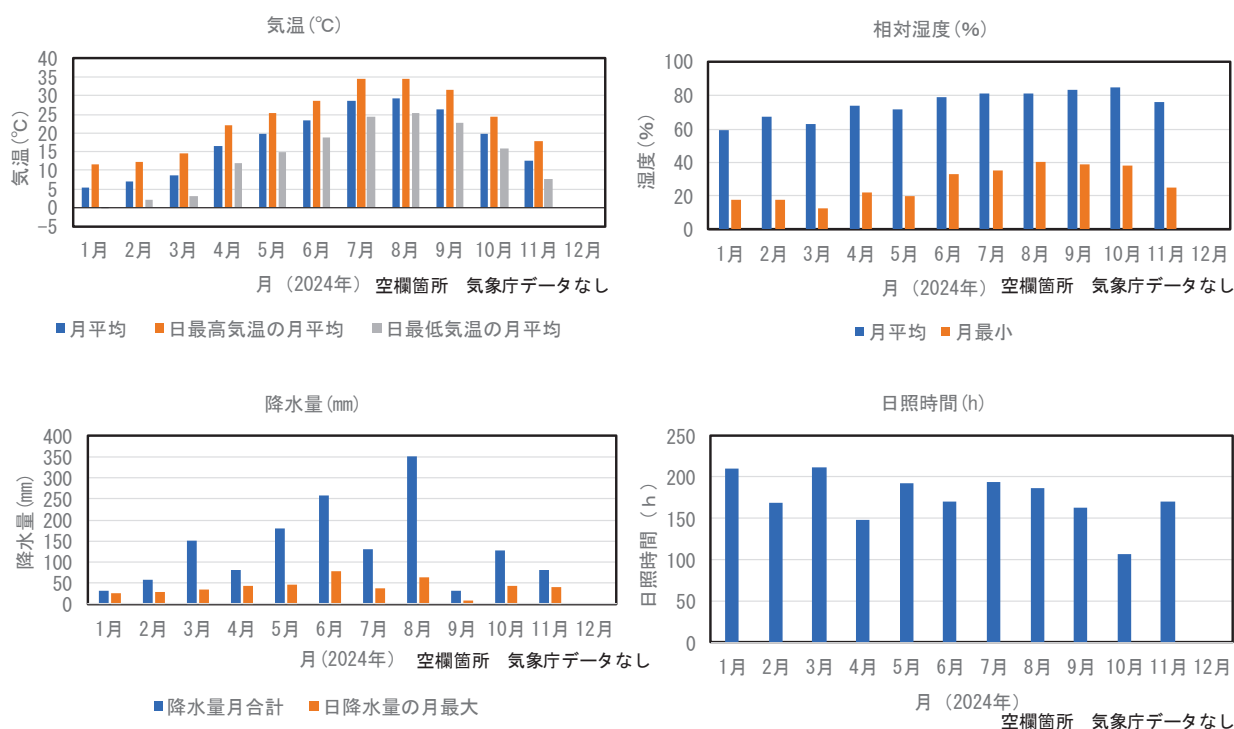


図 3.2-24 越谷市 気象庁データ

3.2.3 供試体の仕様

供試体の仕様を以下に示す。

- キュービック型 :150 mm×150 mm×1500 mm
- ボード型 :500 mm×1500 mm(淡水試験では 900 mm)×150 mm
- CLT の仕様 :Mx60-5-5、スギ、5 層 5 プライ
- 使用接着剤 :レゾルシノール樹脂系接着剤、水性高分子イソシアネート系接着剤

3.2.4 試験数量

各試験の実施数を表 3.2-2～6 に示す。

表 3.2-2 令和 3(2021)年度実施 基準試験(初期性能確認)の試験数量

接着剤	供試体	試験方法	供試体数
水性高分子イソシアネート系	キュービック	圧縮試験	5
	キュービック(ブロック切出し)	せん断試験	3
	合計		8
レゾルシノール樹脂	キュービック	圧縮試験	5
	キュービック(ブロック切出し)	せん断試験	3
	合計		8

表 3.2-3 令和 4(2022)年度実施 試験数量

接着剤	供試体	地盤環境			海水 環境	淡水 環境	合計
		亜寒帯	温帯	亜熱帯			
水性高分子イソシアネート系	キュービック	162	162	162	23	90	609
	横目ボード	6	6	6	0	6	24
レゾルシノール樹脂	キュービック	162	162	162	23	90	609
	横目ボード	6	6	6	0	6	24

表 3.2-4 地盤環境 設置位置別 試験数量

接着剤	供試体	設置位置	供試体数
水性高分子イソシアネート系	キュービック	GL+0.5m(有傾斜)	18
		GL+0.5m(平置き/木口)	18
		GL+0.5m(平置き/板目)	18
		GL±0m	18
		GL±0m(平置き/木口)	18
		GL±0m(平置き/板目)	18
		GL-0.1m	18
		GL-0.5m(地下水位面付近)	18
		GL-1.5m(地下水位以深)	18
	合計		162
レゾルシノール樹脂	横目ボード		6
	キュービック	GL+0.5m(有傾斜)	18
		GL+0.5m(平置き/木口)	18
		GL+0.5m(平置き/板目)	18
		GL±0m	18
		GL±0m(平置き/木口)	18
		GL±0m(平置き/板目)	18
		GL-0.1m	18
		GL-0.5m(地下水位面付近)	18
		GL-1.5m(地下水位以深)	18
	合計		162
	横目ボード		6

※ 各条件について年度ごとに
キュービック試験体 3 体、
ボード試験体 1 体を試験に供する。

表 3.2-5 海水環境 設置位置別 試験数量

接着剤	供試体	設置位置	供試体数
水性高分子イソシアネート系	キュービック	GL±0m（海水中の土中）	3
		GL-0.02m（海水中の土中）	3
		GL-0.04m（海水中の土中）	3
		GL-0.06m（海水中の土中）	3
		HWL-1.2m（干満帯）	4
		HWL-0.5m（干満帯）	4
		全面海水接触	3
	合計		23
レゾルシノール樹脂	キュービック	GL±0m（海水中の土中）	3
		GL-0.02m（海水中の土中）	3
		GL-0.04m（海水中の土中）	3
		GL-0.06m（海水中の土中）	3
		HWL-1.2m（干満帯）	4
		HWL-0.5m（干満帯）	4
		全面海水接触	3
	合計		23

※ 各条件について年度ごとに、
キュービック試験体 1 体を
試験に供する。

表 3.2-6 淡水環境 設置位置別 試験数量

接着剤	供試体	設置位置	供試体数
水性高分子イソシアネート系	キュービック	WL+0.1m	18
		WL±0m	18
		WL-0.075m	18
		WL-0.15m	18
		WL-0.5m	18
	合計		90
	横目ボード		6
レゾルシノール樹脂※	キュービック	WL+0.1m	18
		WL±0m	18
		WL-0.075m	18
		WL-0.15m	18
		WL-0.5m	18
	合計		90
	横目ボード		6

※ 各条件について年度ごとに、
キュービック試験体 3 体、
ボード試験体 1 体を試験に供する。

※予備としてさらに 3 体の供試体を用意

3.3 試験結果

3.3.1 劣化発生状況(詳細は付録参照)

(1)地盤環境

1)旭川市 林産試験場

キュービック型は、主に木部の亀裂、接着層近傍の亀裂、幅はぎ部分に隙間が発生しており、一部木部の変色や土に接していた部分で腐朽が見られた。

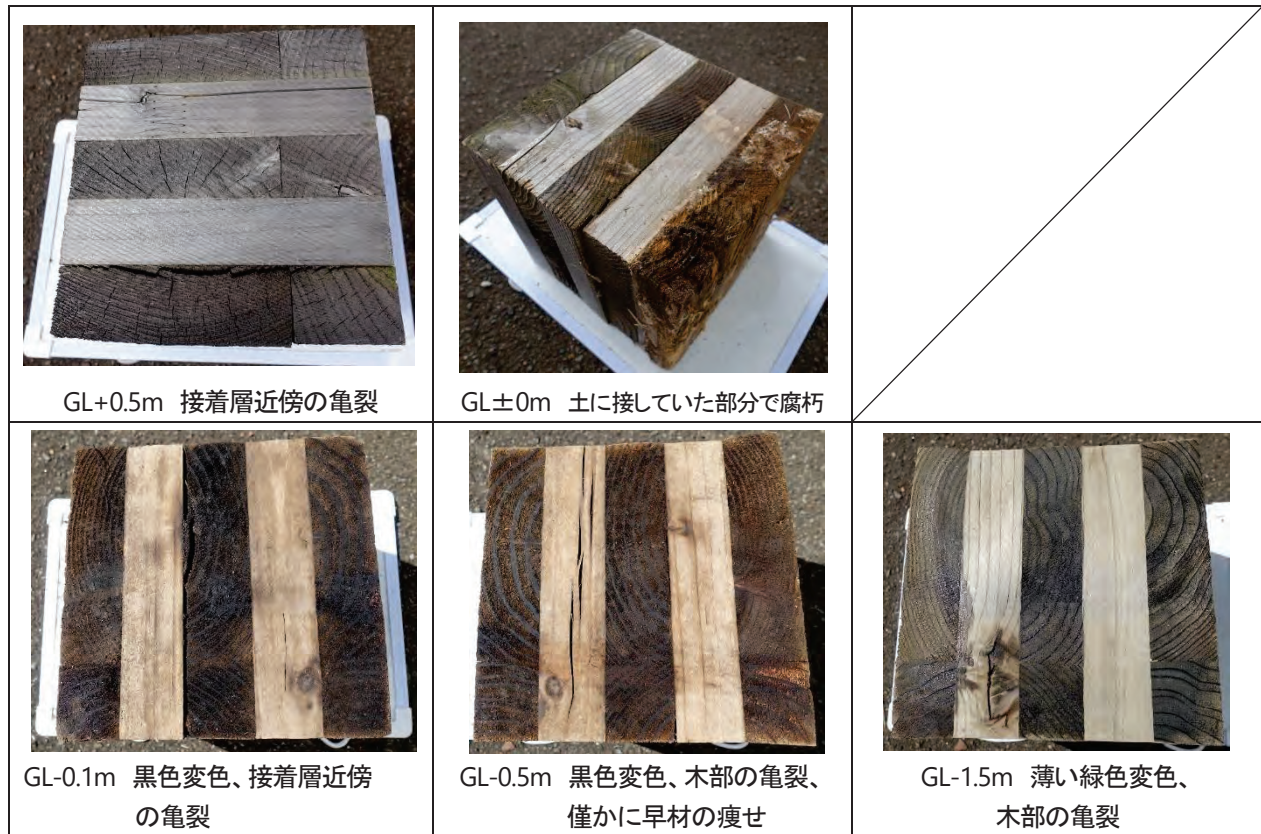


写真 3.3-1 キュービック型劣化概況

ボード型は、地際部分で表面に白色の付着物があるものの大きな劣化は見られない。地際近くのボード側面のラミナ木口の早材部分で僅かに痩せが見られ底面は黒色に変色、接着層近傍に亀裂が発生していた。これら以外の部分で埋設方向による劣化傾向の違いは見られなかった。



写真 3.3-2 ボード型劣化概況

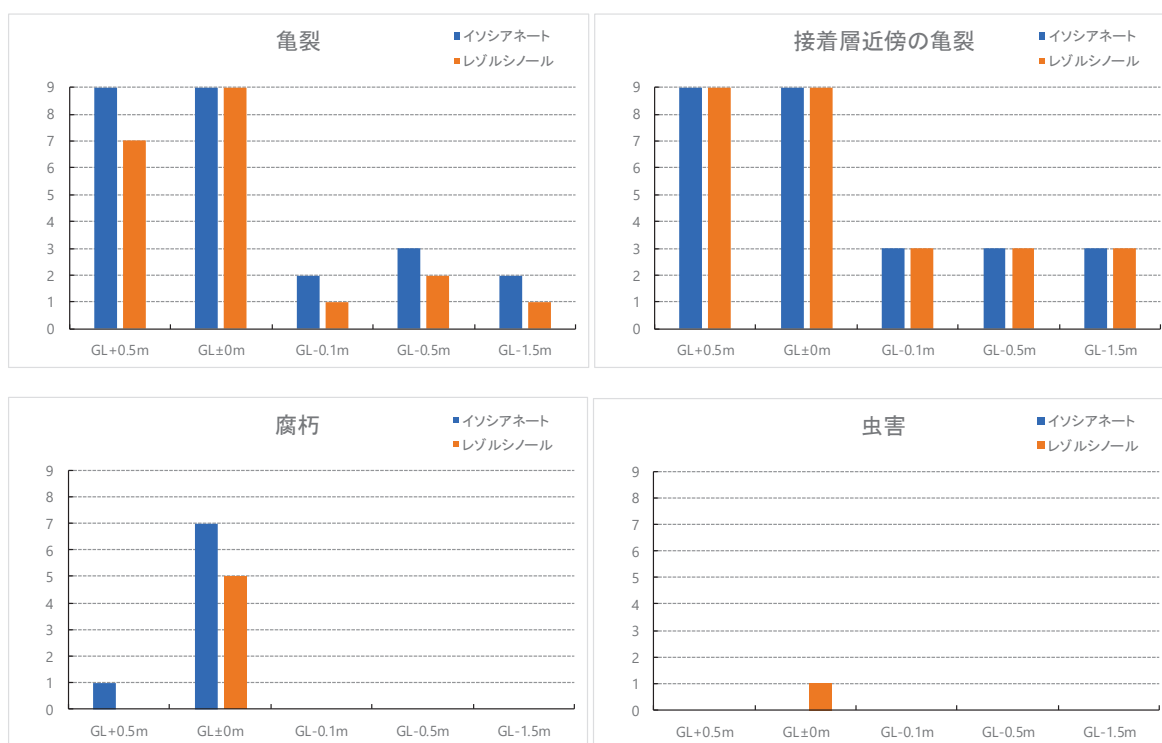
旭川市林産試験場の劣化状況について集計を行った。劣化発生数の集計を表 3.3-1、各設置高さの項目別劣化発生割合を図 3.3-1 に示す。劣化はラミナの亀裂や接着層近傍の亀裂が多く、木部の変色や白色の付着物などが見られた。虫害については断定できるほどの食害ではなかったが、可能性があるとして発生数としてカウントした。各設置高さで比較すると GL+0.5、GL±0 で亀裂や接着剥離が発生しており、地際となる GL±0 で腐朽が多い。昨年と比較すると、ラミナの亀裂や接着層近傍の亀裂による劣化は、ほぼ全数で見られるように拡大してきており、腐朽や虫害についての発生割合は、それほど変わらない。

表 3.3-1 旭川市 劣化発生数(キュービック型)

接着剤	亀裂	接着層近傍の亀裂	腐朽	虫害
API	25 (92 %)	27 (100 %)	8 (29 %)	0 (0 %)
RF	20 (74 %)	27 (100 %)	5 (18 %)	1 (3 %)

()内は発生割合

発生割合＝(劣化発生数)/(試験体数)



縦軸：各劣化発生試験体数（設置試験体数：GL+0.5m、GL±0mについて各9体、GL-0.1m、GL-0.5m、GL-1.5mについて各3体）、横軸：各試験体の設置高さ（GLからの距離）

図 3.3-1 旭川市 各設置高さの項目別劣化発生数(キュービック型)

2)三次市 広島県林業技術センター

キュービック型は、主に木部の亀裂、接着近傍の亀裂、幅はぎ部分に隙間が発生しており、一部木部の変色や土中の木部に腐朽が見られた。

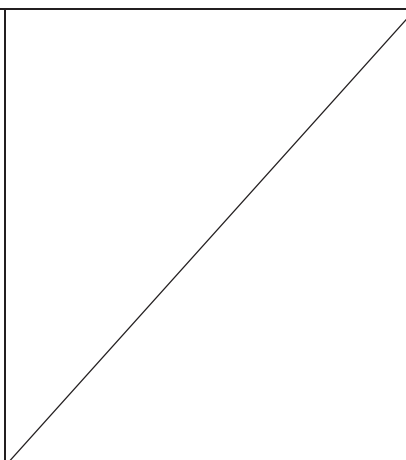
 GL+0.5m 木部の変色と亀裂、接着層近傍の亀裂、キノコ生える	 GL±0m 土中の木部腐朽、白色付着物	
 GL-0.1m 早材の腐朽	 GL-0.5m 木部腐朽	 GL-1.5m 接着層近傍の亀裂、白色の付着物、一部木部腐朽

写真 3.3-3 キュービック型劣化概況

ボード表面は土中の埋込深さには関係なく、繊維状にほぐれ深さ 2 mm 程度まで断面が欠損し荒れた表面となっていた。(イソシアネートの方が被害は大きい。)ボード側面のラミナ木口の早材部分の腐朽、底面には白色の付着物が見られた。なお、いずれも蟻害は見られなかった。

 ボード表面の荒れ(繊維状にほぐれ断面が欠損) 幅はぎ隙間 ボード側面早材部分腐朽、白色付着物あり	 ボード底面(白色付着物あり)、一部木部腐朽あり
---	---

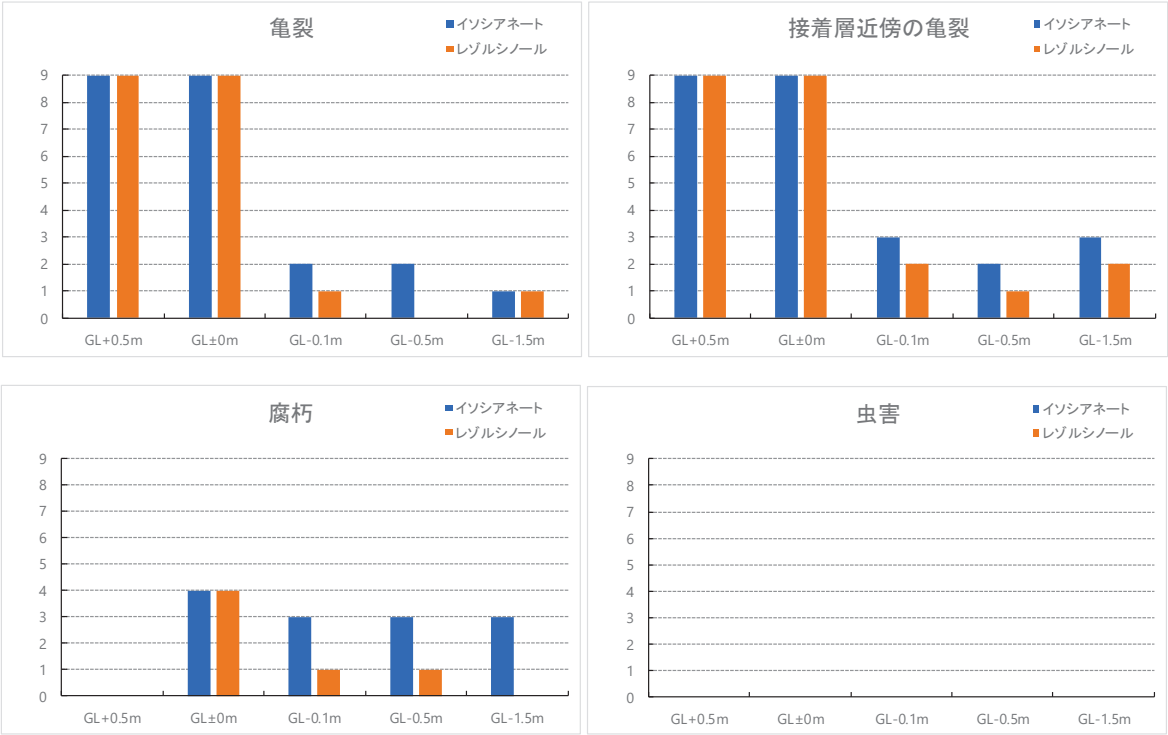
写真 3.3-4 ボード型劣化概況

三次市 広島県林業技術センターの劣化状況について集計を行った。劣化発生数の集計を表 3.3-2、各設置高さの項目別劣化発生割合を図 3.3-2 に示す。劣化はラミナの亀裂や接着層近傍の亀裂が多く、木部の変色や白色の付着物などが見られた。各設置高さで比較すると GL+0.5、GL±0 でラミナの亀裂や接着層近傍の亀裂が発生しており、地際となる GL±0 で腐朽が多いが、地中でも腐朽が進行している。昨年と比較すると、ラミナの亀裂や接着層近傍の亀裂による劣化は、ほぼ全数で見られるように拡大してきており、腐朽がやや増加しているようである。

表 3.3-2 三次市 劣化発生数(キュービック型)

接着剤	亀裂	接着層近傍の亀裂	腐朽	虫害
API	23 (85 %)	26 (96 %)	13 (48 %)	0 (0 %)
RF	20 (74 %)	23 (85 %)	6 (22 %)	0 (0 %)

()内は発生割合
発生割合＝(劣化発生数)/(試験体数)



縦軸：各劣化発生試験体数（設置試験体数：GL+0.5m、GL±0mについて各9体、GL-0.1m、GL-0.5m、GL-1.5mについて各3体）、横軸：各試験体の設置高さ（GLからの距離）

図 3.3-2 三次市 各設置高さの項目別劣化発生数(キュービック型)

3)都城市 宮崎県木材利用技術センター

キュービック型は、ラミナに亀裂や幅はぎ部分に隙間、接着剥離、一部、木部の腐朽及び蟻害が見られた。

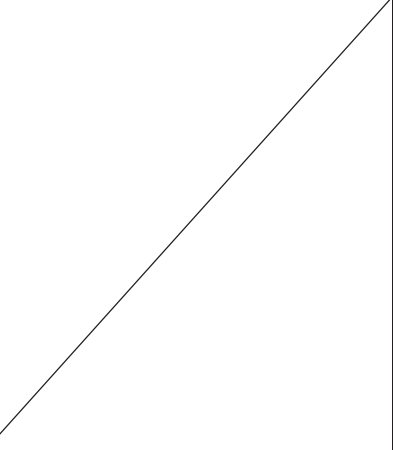
		
GL+0.5m ラミナ亀裂、幅はぎ隙間、緑色に変色	GL±0m 土に接している部分で腐朽と同時に蟻害が進行	
		
GL-0.1m 早材の腐朽	GL-0.5m 木部腐朽と蟻害	GL-1.5m 僅かに早材部分が腐朽

写真 3.3-5 キュービック型劣化概況

ボードには腐朽は見られなかったが、地中内のボードは深さ 3～5 mm 程度のシロアリによる食害を受けており、埋設方向による劣化傾向に違いは見られなかった。

	
ボード表面の蟻害	ボード側面の蟻害、ラミナ木口に点状の白色付着物

写真 3.3-6 ボード型劣化概況

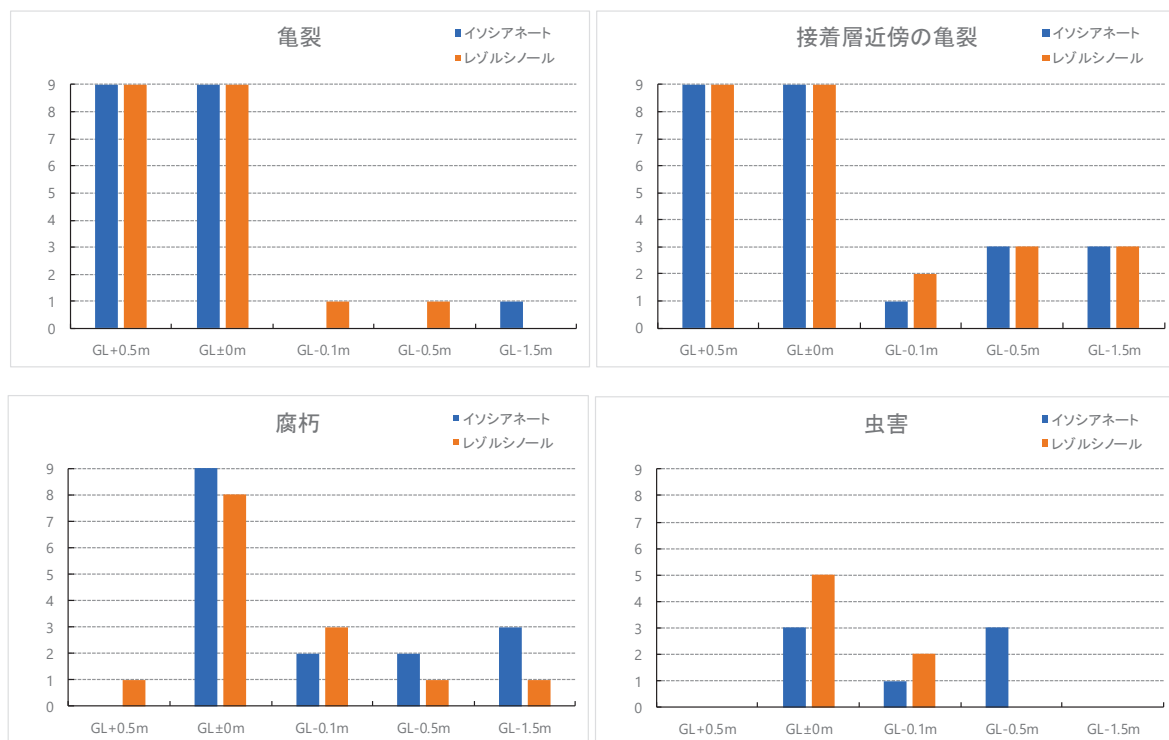
都城市 宮崎県木材利用技術センターの劣化状況について集計を行った。劣化発生数の集計を表 3.3-3、各設置高さの項目別劣化発生割合を図 3.3-3 に示す。劣化はラミナの亀裂や接着層近傍の亀裂が多く見られた。各設置高さで比較すると GL+0.5、GL±0 でラミナの亀裂や接着層近傍の亀裂が発生しており、地際となる GL±0 で腐朽が多いが、地中でも腐朽が進行しており、腐朽と虫害が同時に発生しているものが散見された。昨年と比較すると、接着層近傍の亀裂による劣化が、ほぼ全数で見られるように拡大してきており、虫害が増加しているようである。

表 3.3-3 都城市 劣化発生数(キュービック型)

接着剤	亀裂	接着層近傍の亀裂	腐朽	虫害
API	19 (70 %)	25 (92 %)	16 (59 %)	7 (25 %)
RF	20 (74 %)	26 (96 %)	14 (51 %)	7 (25 %)

()内は発生割合

発生割合＝(劣化発生数)/(試験体数)



縦軸：各劣化発生試験体数（設置試験体数：GL+0.5m、GL±0mについて各9体、GL-0.1m、GL-0.5m、GL-1.5mについて各3体）、横軸：各試験体の設置高さ（GLからの距離）

図 3.3-3 都城市 各設置高さの項目別劣化発生数(キュービック型)

(2)海水環境(横須賀市)

海水中(全面海水接触)は、海虫食害を受け原形を留めていない。干満帯上段は下面ラミナに海虫食害が大きく干満帯下段は全体的に海虫食害が見られた。土被り 0 cm では上面ラミナに海虫食害が見られ、土中部分では食害は見られず黒色に変色していた。土被り 2 cm 以上ではラミナ亀裂や幅はぎ部分に隙間や接着剥離が見られたが、海虫食害は見られず土中部分は黒色に変色していた。

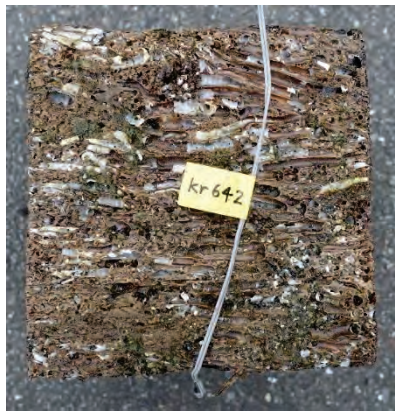
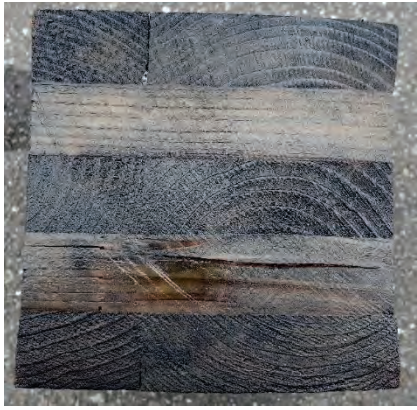
 海水中 フナクイムシ、キクイムシ(甲殻類)による食害 接着層を残して原形を留めていない	 干満帯上段 下面ラミナにフナクイムシ、キクイムシ(甲殻類)の食害、表面にぬめり
 干満帯下段 フナクイムシ、キクイムシ(甲殻類)の食害 で原形を留めていない	 土被り 0 cm 上面ラミナのみにフナクイムシ、キクイムシ (甲殻類)の食害あり。土中部分食害なし
 土被り 2 cm 土中部分黒色に変色、接着層近傍の亀裂	 土被り 4 cm 木部の亀裂(土被り 6 cm も同様な劣化)

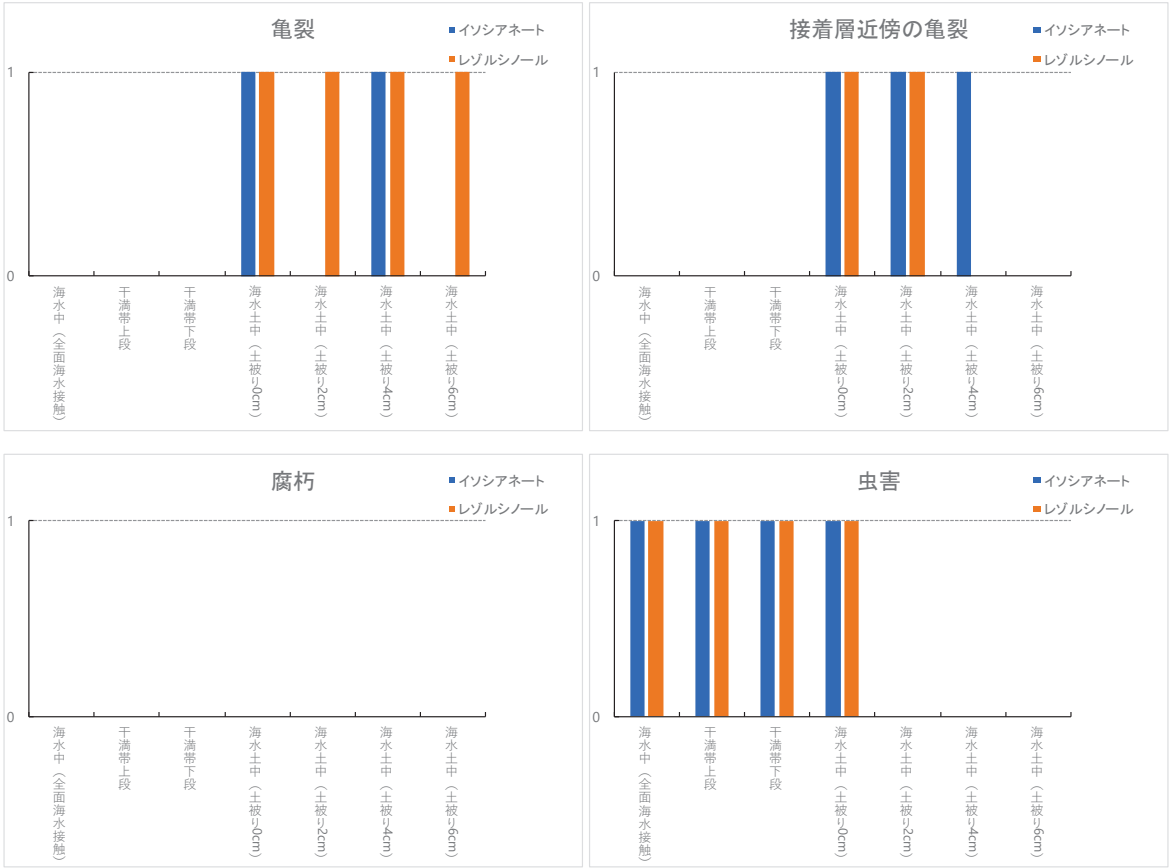
写真 3.3-7 キュービック型劣化概況

横須賀市 港湾空港技術研究所の劣化状況について集計を行った。劣化発生数の集計を表 3.3-4、各設置高さの項目別劣化発生割合を図 3.3-4 に示す。劣化はラミナの亀裂や接着層近傍の亀裂が多く、海虫害は土被りが 2 cm 以上あると全く発生していない。逆に海水に直接触れる条件の試験体は、必ず海虫害を受けていた。昨年と比較しても劣化傾向に変わりは見られなかった。

表 3.3-4 横須賀市 劣化発生数(キュービック型)

接着剤	亀裂	接着層近傍の亀裂	腐朽	虫害
API	2 (28 %)	3 (42 %)	0 (0 %)	4 (57 %)
RF	4 (57 %)	2 (28 %)	0 (0 %)	4 (57 %)

()内は発生割合
発生割合=(劣化発生数)/(試験体数)



縦軸：各劣化発生試験体数（各条件試験体数=1体）、横軸：海水環境暴露条件

図 3.3-4 横須賀市 各設置高さの項目別劣化発生数(キュービック型)

(3)淡水環境(野田市)

ラミナの亀裂、接着層近傍の亀裂、黒色変色が見られたが、軽微であり腐朽は見られない。

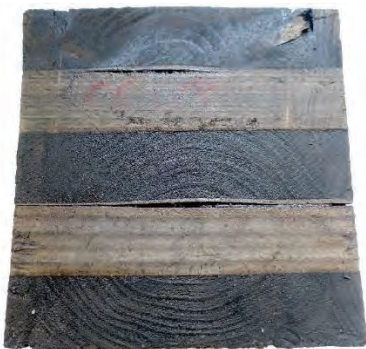
 WL+0.1 m 接着層近傍の亀裂	 WL±0 m 木部の亀裂、接着層近傍の亀裂、 黒色、白色変色
 WL-0.075 m 接着層近傍の亀裂	 WL-0.15 m 接着層近傍の亀裂、黒色変色
 WL-0.5 m ラミナ木口の亀裂、黒色変色	

写真 3.3-8 キュービック型劣化概況

ボードの側面ラミナ木口に白色付着物、全体的に黒色変色が見られ、深さ方向に劣化傾向の違いはなかった。

 腐朽なし、側面ラミナ木口に白色付着物、黒色変色	 ボード底面に腐朽なし、黒色変色
--	---

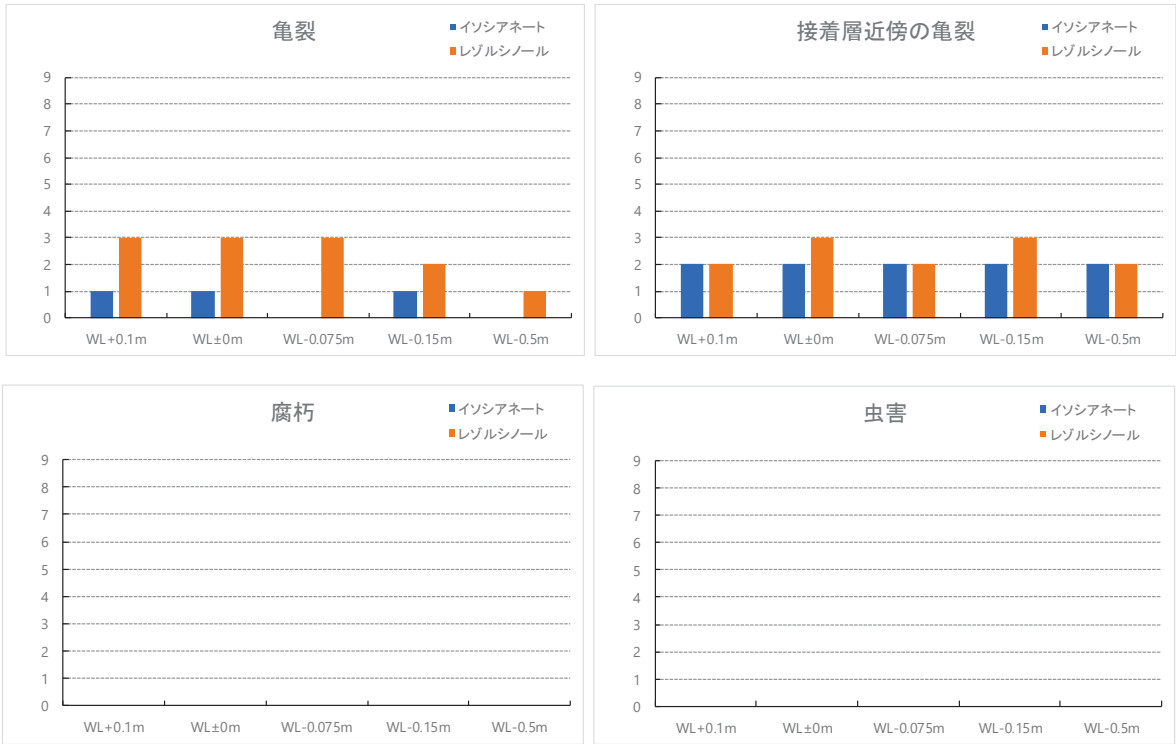
写真 3.3-9 ボード型劣化概況

野田市 飛島建設技術研究所の劣化状況について集計を行った。劣化発生数の集計を表 3.3-5、各設置高さの項目別劣化発生割合を図 3.3-5 に示す。劣化はラミナの亀裂や接着層近傍の亀裂であり、腐朽、虫害は全く発生していない。

表 3.3-5 野田市 劣化発生数(キュービック型)

接着剤	亀裂		接着層近傍の亀裂		腐朽		虫害	
API	3	(20 %)	10	(66 %)	0	(0 %)	0	(0 %)
RF	12	(80 %)	12	(80 %)	0	(0 %)	0	(0 %)

()内は発生割合
発生割合＝(劣化発生数)/(試験体数)



縦軸：各劣化発生試験体数（設置試験体数：WL+0.1m、WL±0m、WL-0.075m、WL-0.15m、WL-0.5mについて各3体）、横軸：各試験体の設置高さ（GLからの距離）

図 3.3-5 野田市 各設置高さの項目別劣化発生数(キュービック型)

3.3.2 縦圧縮試験結果(キュービック型供試体)

縦圧縮強度と縦圧縮ヤング係数との関係について、暴露前(初期値)、1年後、2年後、3年後の関係を図 3.3-6 に示す。全体として、暴露期間が長くなるほど縦圧縮強度、縦圧縮ヤング係数ともに低下する傾向が認められたが2年目と近い強度性能を示すものもあり経過観察が必要である。また Mx60-5-5 の強軸における圧縮の基準強度は 8.1 N/mm^2 であるが、特に、都城市、横須賀市のグラフで基準強度を大きく下回る試験体は腐朽、海虫害を受けたものであった。

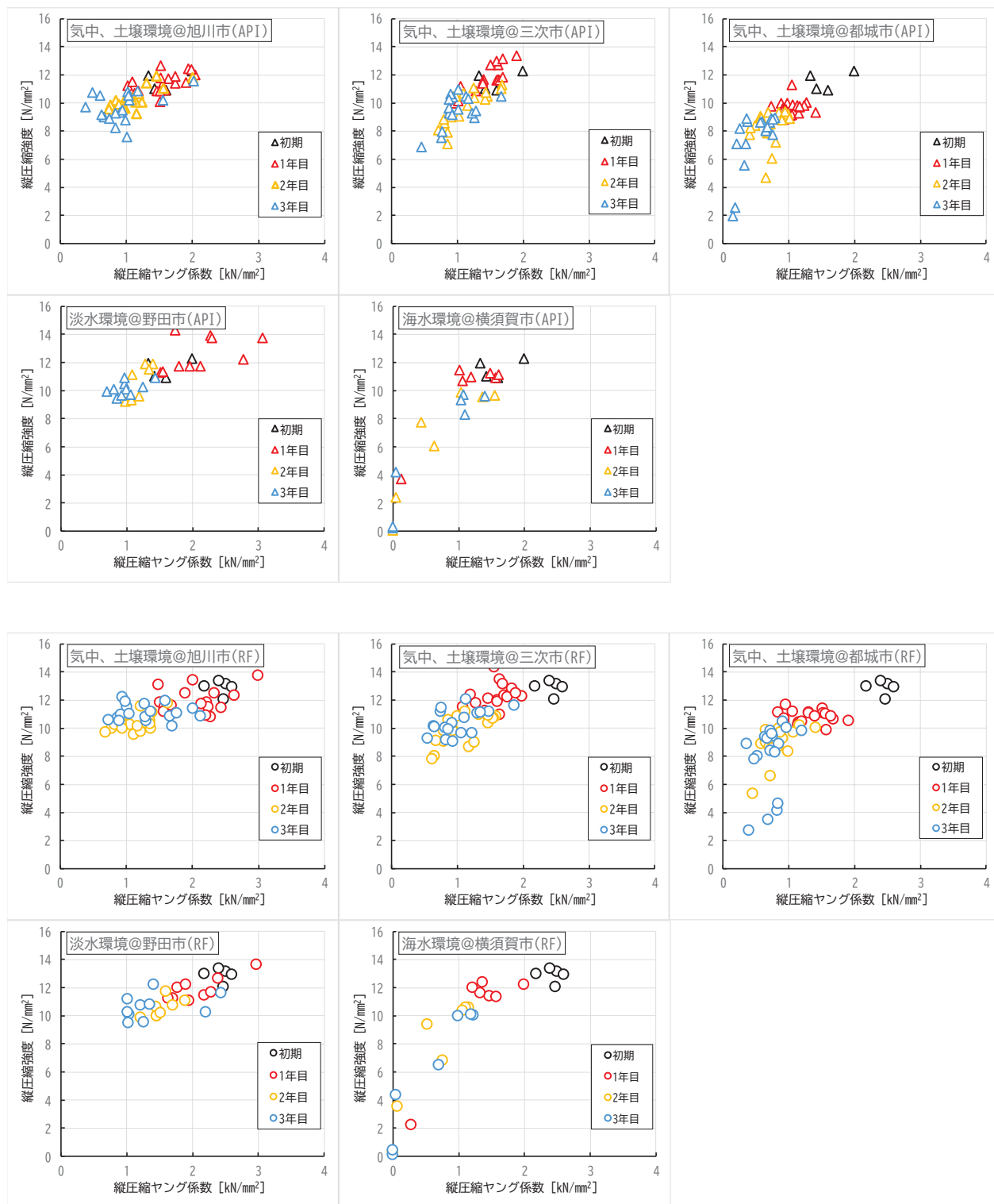


図 3.3-6 縦圧縮強度と縦圧縮ヤング係数の関係(暴露期間による変化)

ここで図 3.3-6 の圧縮強度と縦圧縮ヤング係数の関係のうち旭川市、三次市、都城市について気中 (GL+0.5m) と土壌環境 (GL±0m 以下) を分けたものを図 3.3-7 に示す。気中では概ね 2 年目と同様な傾向がみられるが、土壌環境では腐朽や虫害の進行により 2 年目よりも縦圧縮強度や縦圧縮ヤング係数が低下しているのがみられる。

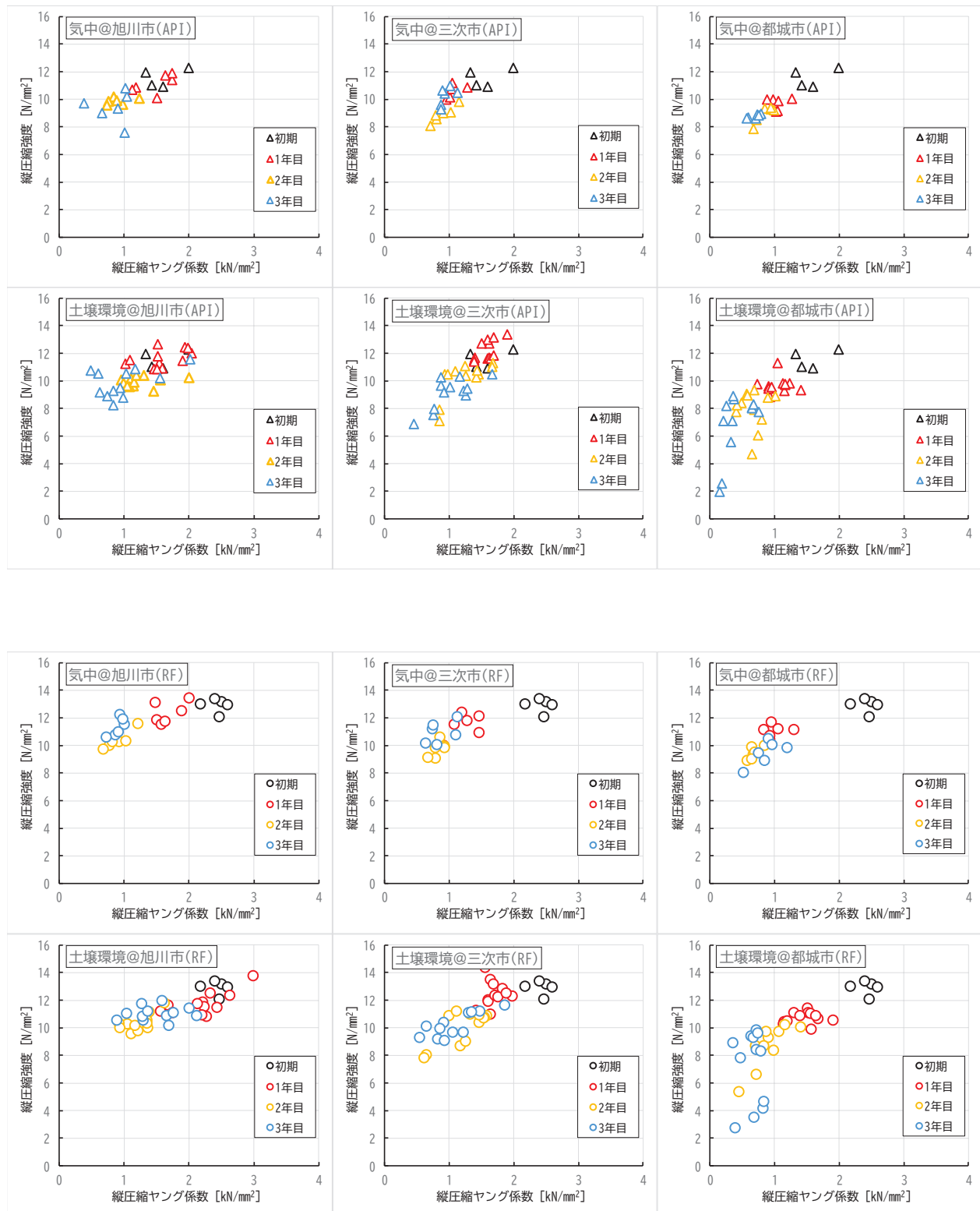


図 3.3-7 縦圧縮強度と縦圧縮ヤング係数の関係 (気中と土壌環境の比較)

次に図 3.3-8 に縦圧縮強度と見かけの重量減少率の関係を、図 3.3-9 に縦圧縮ヤング係数と見かけの重量減少率の関係を示す。ここで見かけの重量減少率とは、試験開始前(埋設前)の試験体の初期重量は得られているが、各試験体の含水率が得られていないため簡易的に、この初期重量と埋設され掘り出されてから全乾法によって乾燥させた乾燥重量から算出した重量減少率である。試験体の初期含水率は 12 %程度であることが基準試験などによって推定できたが、これを用いて埋設前の試験体の推定乾燥重量を算出しても、全乾法によって測定した乾燥重量より重いといった不具合が生じたため、この見かけの重量減少率によって検討を行った。

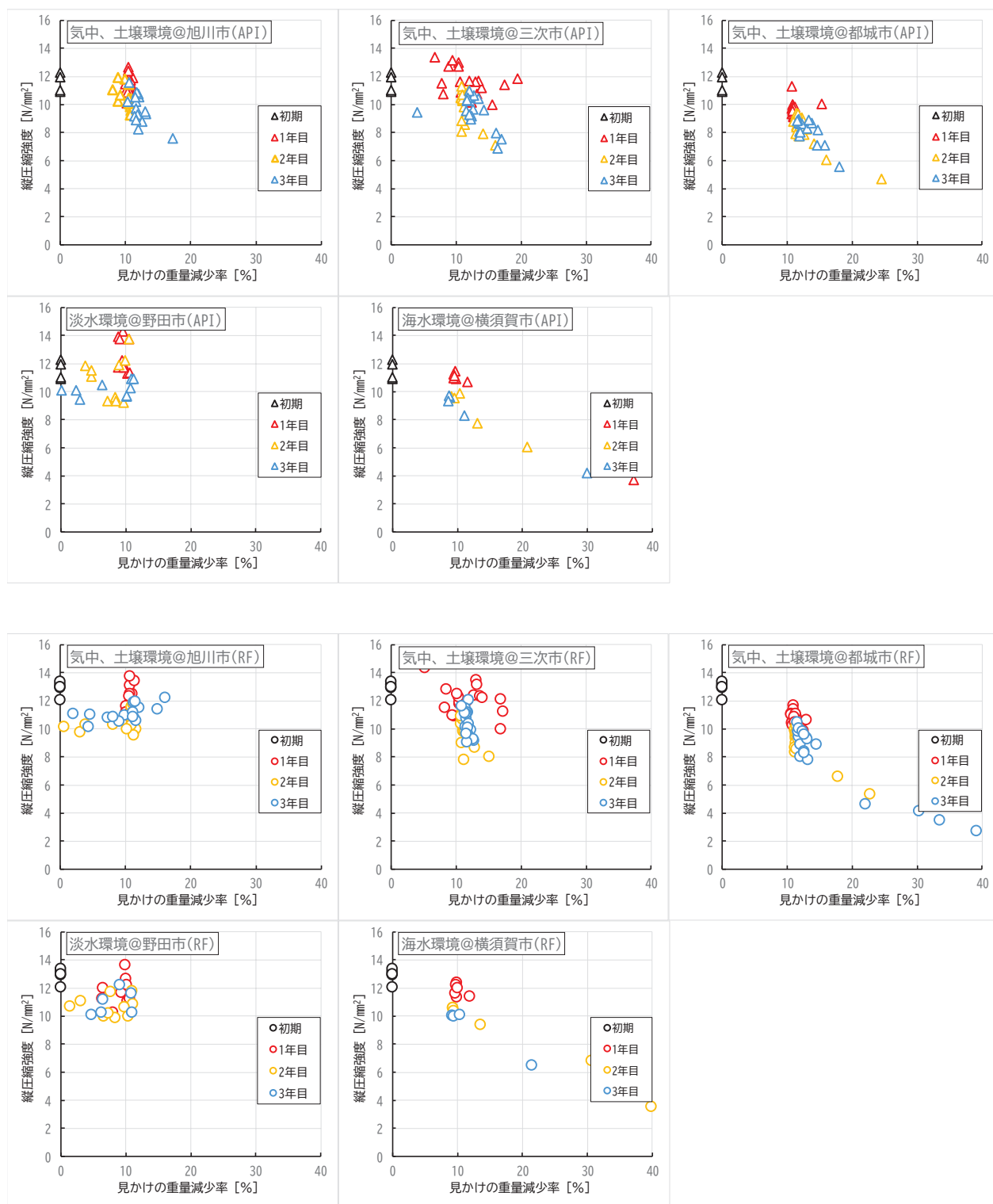


図 3.3-8 縦圧縮強度と見かけの重量減少率の関係

図 3.3-8, 図 3.3-9 より、見かけの重量減少率が 10%を超えると縦圧縮強度、縦圧縮ヤング係数が低下している様子がわかる。図 3.3-7 に示したように縦圧縮強度、縦圧縮ヤング係数が低下したのは、土壌環境(GL±0m 以下)において腐朽や虫害によって試験体の重量減少が生じ影響したことが考えられ、引き続き経過観察を行う必要がある。

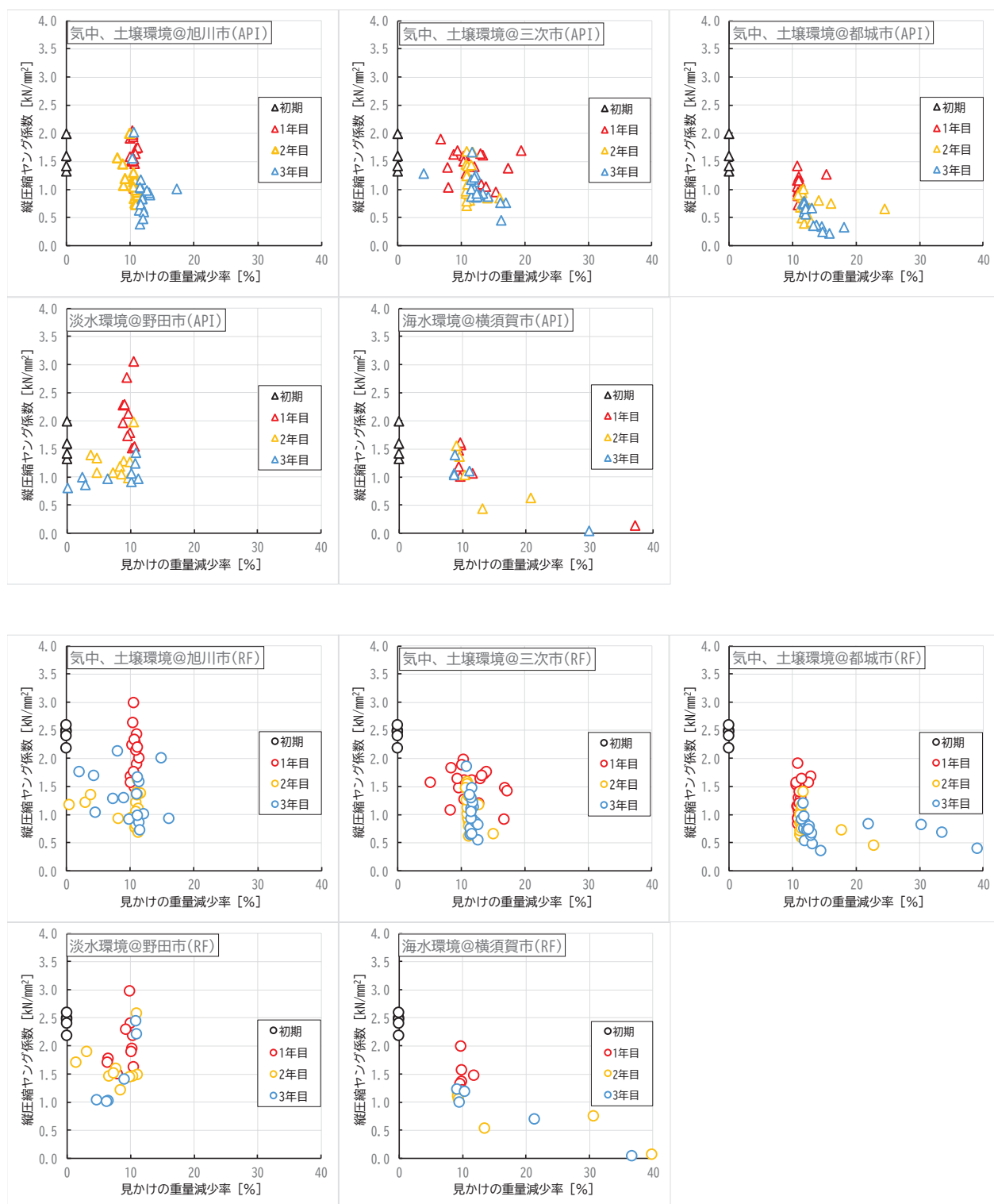


図 3.3-9 縦圧縮ヤング係数と見かけの重量減少率の関係

3.3.3 ブロックせん断試験結果(キュービック型供試体)

ブロックせん断試験結果について、地盤環境(旭川市:亜寒帯、三次市:温帯、都城市:亜熱帯)の結果を図 3.3-10 に、淡水環境(野田市)の結果を図 3.3-11 にそれぞれ示す。地盤環境では都城市の GL-0.1 m、-0.5 m の接着せん断強さの低下を除き、概ね経年による接着せん断強さの低下は見られなかった。値の低下した都城市の当該試験体(キュービック)の劣化状況を確認したが、特に変化は認められず、原因は不明である。淡水環境でも経年による接着せん断強さの低下は見られないものの、逆に向上しているケースもあるため、引き続き経過観察を行う。

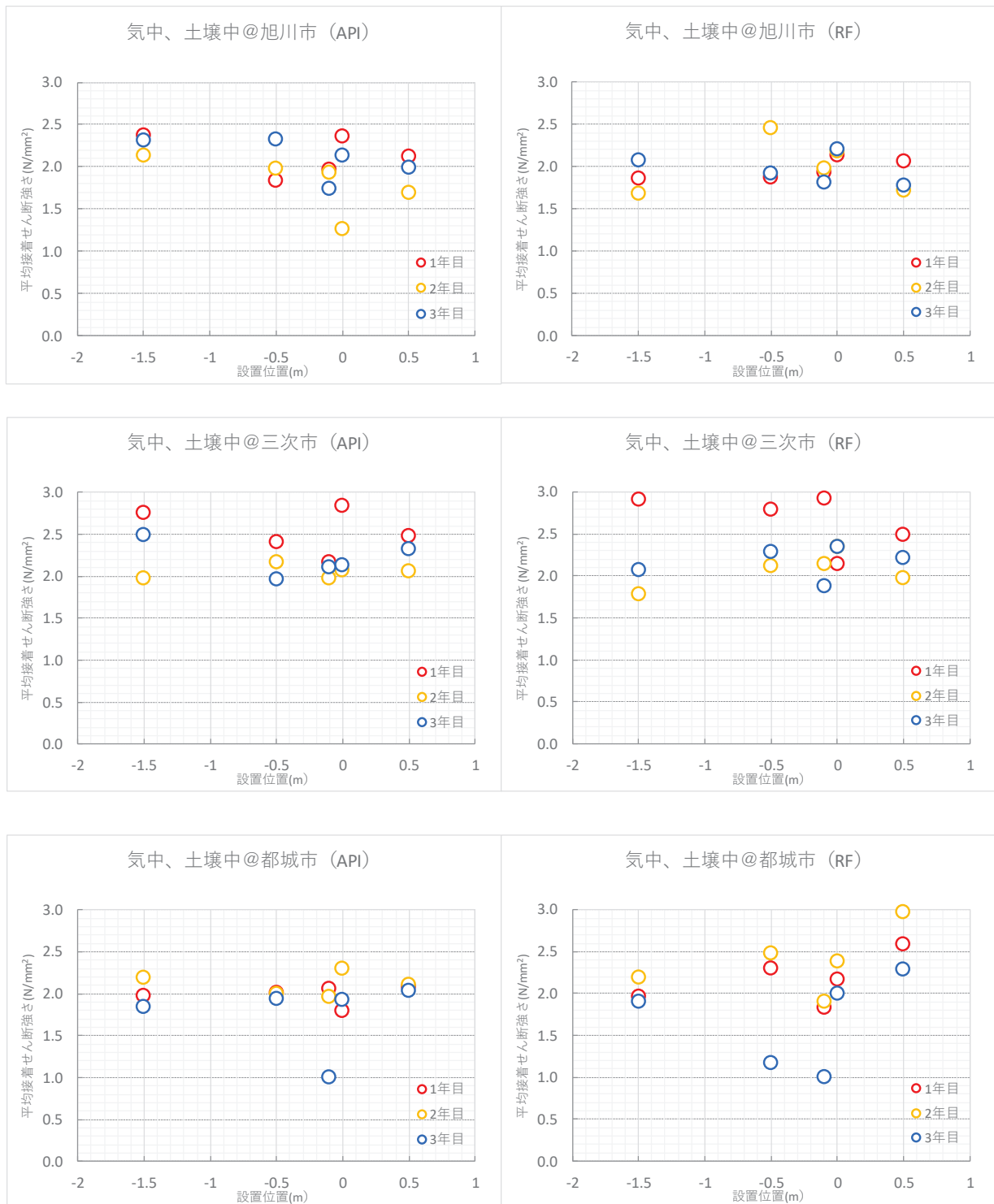


図 3.3-10 地盤環境下の平均接着せん断強さ

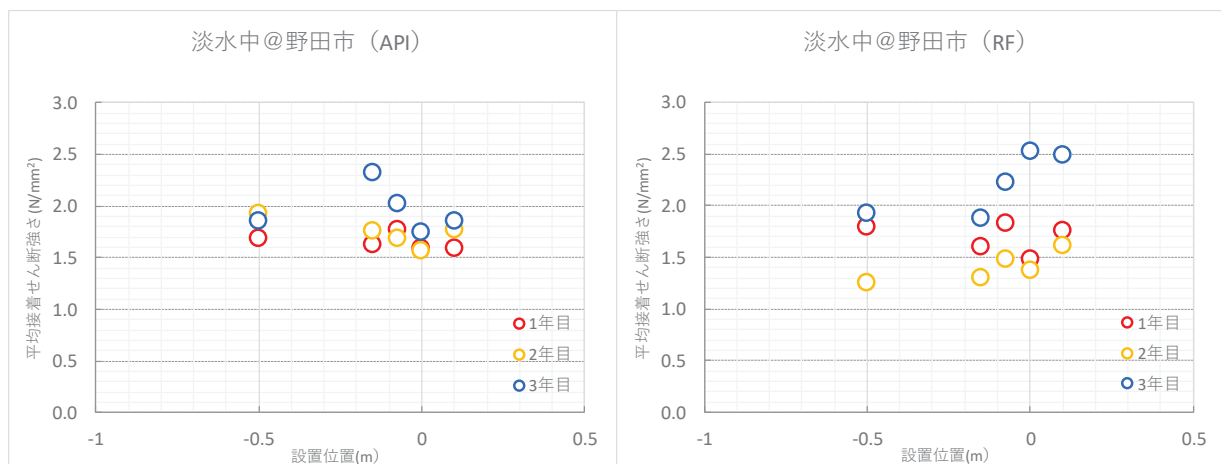


図 3.3-11 淡水環境下の平均接着せん断強さ

3.4 まとめ

今年度は、各種条件での暴露期間 3 年目の結果を得た。昨年と比較すると地盤環境においてはラミナの亀裂、接着層近傍の亀裂の発生が全数近くまで拡大してきており、各地域同様であることから、避けられない劣化現象と考えられる。これは暴露環境下において各層のラミナの膨潤収縮量の差や膨潤収縮の繰り返し、直交積層された接着層の拘束などが複雑に作用して起こる CLT 特有の劣化現象ではないかと考えている。木部の割れの発生原因の特定は難しいが、製造過程の段階でラミナに割れが入っていたものとそうでないものがあり、暴露環境における乾湿繰り返しが試験体に厳しく作用し、割れが拡大したものや、新たな割れが発生したものがあつたと考えている。

旭川市の試験体は、最も生物劣化が少ないので、経過観察を続ける。三次市では腐朽がやや増加してきており、都城市では腐朽と虫害が同時に発生し、昨年度より虫害がさらに増加しているようである。海水環境(横須賀市)においては、劣化傾向に変化は見られないが、土被りが 2 cm 以上確保できない試験体の海虫害が昨年より進行しており原形を留められないほど甚大である。一方、土被りが 2 cm 以上あると 2 年目同様に 3 年目でも海虫害を受けないことが確認できた。淡水環境(野田市)では、腐朽、虫害が全く発生しておらず経過観察を続ける。

強度特性となる縦圧縮強度および縦圧縮ヤング係数は暴露期間が長くなるほど、ともに低下する傾向が認められたが 2 年目と近い強度性能を示すものもあり暴露期間を増やしても下げ止まる可能性も考えられる。

平均接着せん断強さについて、地盤環境では都城市の GL-0.1 m、-0.5 m における接着せん断強さの低下を除き、概ね経年による接着せん断強さの低下は見られなかった。淡水環境でも経年による接着せん断強さの低下は見られないものの、逆に向上しているケースも見られるため、引き続き経過観察を行う。

4 土木用 CLT における規格の検討

-土木用 CLT の生産技術の実用化に向けて-

4.1 土木用 CLT の規格検討概要

4.1.1 検討の背景

令和3～5年度に実施した CLT の土木利用技術開発により、土木分野での使用に適した CLT について検討した。その結果、建築分野は比較的限定された環境下や用途であるのに対し、土木分野は水中や地中環境という建築では想定されていなかった環境であったり、仮設用途でありながら大型重機が載って作業を行ったり、求められる性能や品質は用途により様々で、従来の建築用 CLT 向けの規格である「直交集成板の日本農林規格」(以下、JAS 規格)に規定される項目では過不足が生ずる可能性が示された。例えば、建築用 CLT では安全面や美観から規格上認められなかった欠点を含むラミナ(B 材ラミナ、C 材ラミナ)は、主要な構造用途以外であれば土木用 CLT としての活用には支障がない可能性が高く、低価値利用されてきた規格外ラミナの有効活用という資源・コスト面でのメリットも高い。また、水中や土中といった土木特有の湿潤な使用環境の場合には、CLT 製品の含水率はむしろ高い方が設置後の含水率変化に伴う不具合が生じにくい可能性が高く、人工乾燥に掛かる労力やエネルギーが抑えられることで製品コストの低減も期待できる。

4.1.2 検討の目的

製品コストや環境負荷を追求するばかりに、土木用 CLT として備えるべき最低限の性能や品質が疎かになっては、製品の品質や安全性が損なわれるばかりでなく、将来的な CLT 不信をも招きかねない。一方で、土木分野には建築向けの JAS が合致しないという理由で、製品の安全性と信頼性が担保されている従来の JAS 規格を蔑ろにすることのリスクは大きく、土木向けにも求められる規定項目については変わらず順守する必要がある。また、JAS 規格外のラミナの活用や、従来とは異なる製造方法の適用など、土木向けの新たな提案をするためには、相応のエビデンスが求められることになる。

そのため、コスト面で競争できる低廉化された土木用 CLT を実現するためには、性能面での安全・安心をエビデンスに基づき担保したうえで、「土木用 CLT」としての新たな規格も整備する必要がある。

4.2 土木用 CLT 規格の方針策定

4.2.1 規格の方針

従来の JAS 規格の大半の項目はラミナの目視区分や接着剤の種類など、性能規定というよりは仕様規定に近い内容となっている。土木分野は建築分野に比べ、用途や使用環境の幅がとて広く、あらゆる用途に対して JAS 規格のようにきめ細かに仕様規定を作ることは難しい。そこで、仕様規定の場合には、後発の優れた技術でも仕様を満たせず利用できないリスクなども想定されるため、本事業で整備する規格は ISO などと同様に性能規定を原則とし、土木用 CLT としての性能が保たれていれば、ラミナの樹種や接着剤の種類は原則問わない方針とした。

性能規定とする場合には、土木用 CLT の性能評価はどのような性能を基準とし、どのように評価を行うかが課題となる。まずは従来の JAS や他の木質材料の性能評価手法に則り、ラミナの材料性能と接着性能を確認する手法が妥当と考えられる。しかし、JAS 規格外の欠点を含むラミナを土木用 CLT の部材として許容する場合、欠点の種類や割合に一定の規定を設けなければ、ラミナの抜き取り検査をしても代表値として取り扱うことが難しく、性能評価は困難である。そのため、ラミナの品質については、JAS 規格のラミナの機械等級区分のような規定が必要と考えられる。ただし、この規定についても欠点の種類や割合に応じるとユーザーにとって複雑で使いにくい規格となる恐れがあるので、欠点の種類や割合に限らずに「機械等級区分で曲げヤング係数が M30A の値(3.0 GPa)以上であること」という単純な内容であるべきと考えられる。

本事業における土木用 CLT 規格の策定方針としては、従来の JAS 規格品と同程度の性能や品質が要求されるような用途には、従来の JAS 規格品を用いることを推奨することとし、非構造用途である仮設物等の高い CLT 性能が要求されない用途を優先して取り組むこととした。

4.2.2 骨格

今回策定を目指す「土木用 CLT 規格」は、従来の JAS 規格を踏襲しつつ、ISO に倣って性能規定化し、土木利用者にとって必要な情報である使用環境なども加えた構成を骨格とする。

その実現のためには、土木用 CLT の性能評価方法の策定と、評価のための性能のエビデンスが重要であり、既往の知見で対応できない部分については、新たに試験の実施とデータ収集が必要と考えられる。さらに、考え得る土木分野における用途と、それらの使用環境条件の調査・探索も必要で、結果を規格に盛り込まなければならない。

4.3 規定項目の検討

4.3.1 アンケート調査

土木 CLT の規格は、4.2.2 の骨格にあるように従来の JAS 規格や他の木質材料の評価手法を踏襲することを前提としている。まずは、JAS 規格項目の中で「外せない項目」と「柔軟に変更可能な項目」、あるいは「不要な項目」を明確にすることが重要であると考え、学識経験者だけでなく、メーカーや現場で実用化を検討している事業者の意見を反映させるためのアンケート調査を実施した。

(1) アンケート回答者

・大学、公設試験場等	4 名
・CLT メーカー	4 社
・事業者	5 社
計	13 名

(2) 回答者の全体見解

各回答者の全体を通した見解を以下に示す。

- ・ラミナそのものの品質であったり、接着性能であったり強度性能であったりする箇所は、製品として評価に直接影響する部分ではないため、今年度と来年度にかけて事業で整備しなければならない部分だろう。
- ・ラミナの品質や性能、接着などは生産者側にとっては必要だが、要不要の判断は使用者側ではできない。
- ・整理された JAS を見ると、改めて土木用途用の基礎試験（品質、強度、接着、構成等、すべて）が必要であると感じた。
- ・JIS に慣れている人間からすると、JAS 規格は非常に細かく数値の余裕がほとんどない。
- ・大項目は削る必要がほとんどないが、詳細な数値は実験結果をベースに、cm オーダーのラフな数値で表しても問題ないと思う。
- ・敷板とプラットフォームでは要求される性能が違うと思う。
- ・大きく土木と言っても、想定されている用途は様々で、用途を分けないと議論を進めづらいと考える。
- ・CO2 固定という観点では、CLT 建築物の廃材 2 次利用としては意義がある。
用途としては土留め板の様な形での転用は可能だと思う。
その際には耐候性・耐水性・耐腐食性が求められる事が多いと思う。
これらの機能を付加するための塗料や塗装技術を組み合わせることが重要だろう。
2 次利用の際は土木規格に準じる必要があるのか。
- ・JAS 規格は、土木分野での使用とは想定が異なると思う。
この既存の規格を用いて土木用に展開するのであれば、各項目が何のために規定されているかを読み解かないと展開は難しい。このまま進めると、ケースによっては「全て必要」若しくは「全て不要」になると思う。
各用途における要求性能を再度確認し、方向性を定めてはどうか。

- ・製品としての強度や寸法精度，外観の箇所が重要だろうと思う。
ラミナは自由に選定しても良いが、製品としての基準が満足できない場合は、JAS に準拠すると良い。
土木用途においては使用される場面で性能は大きく異なるため、製品規格で外観や寸法精度を一辺倒に揃えることは難しい気がしている。
土木構造物では、国交省の出来形管理値や JIS 規格が存在するので、そのあたりを参考とし外観，寸法，強度が担保できるよう設定する必要があると思う。
- ・CLT の製造品質に関する内容（4.1 から 4.4 項目）については、基本的には JAS3079 に即した製品を製造業者より購入しており、製品が規格を満たしている事を示す認証評価書がある。
- ・現行 CLT の JAS 規格は建築材料としての規格なので、土木用は、現行の JAS の見直しでなく、シンプルに全く別な規格にすべきだと思う。
 - 1.ラミナ品質は必要ない。
 - 2.接着性能；使用環境 A（ホルムアルデヒド性能は要求しない。）
 - 3.防腐・防蟻性能：用途、使用年数により必要：長期屋外使用は必須
- ・土木 CLT は、
 - ・利用に支障が出るぐらい製品形状が変化したら
 - ・想定以上に破壊したら（割れたら）
 - ・腐ったら
 - ・剥離したら
 すぐに取り替えが効く（施工性が良い、メンテナンス性が高い）ということが前提だと思う。
- ・当面、土木用 CLT を製造するためには、現行の JAS 工場で作る必要があり工場のラインに通るものじゃないと問題が出る。
 - ・工場のラインを通る最低限の規格ラミナである必要がある。
 - ・現状規格を変更して、大幅にコストダウンできるのであれば規格を修正する。
例えば、接着の程度など、土木利用では現行 JAS のようなものは必要ないと思うが、どれくらい下げればよいかわからないものは現行 JAS をそのまま使用する。など
 - ・製造に当たっては、緩和しない方がよい場合もあると思う。
土木用 CLT 製造ラインができれば、また話は変わってくるのではないかと思います。

回答者から共通して多かった意見としては、「用途によって必要となる性能が異なる」、「現行の JAS 規格の項目や基準値は、土木用途には適さない」であった。

(3) 回答の集計

表 4.3-1 に回答の項目別集計結果を示す。集計表とグラフは、各項目に対する要不要(○(必要)、△(場合による)、×(不要なし))の割合を示したものである。回答欄が無記入だった場合は、「－」という記号を付けて集計した。また、集計表の「○(必要)」と「×(不要なし)」の列は、30%以上の回答者がその項目を、必要(○)と判断した項目は青で塗りつぶし、不要なし(×)と判断した項目は灰色で塗りつぶした。

表 4.3-1 JAS アンケート回答のまとめ

JAS3079 日本農林規格 直交集成板 (抄)			概要	規格 (JAS3079)
4 品質				
4.1 寸法				5.1 寸法
a) 寸法の許容差			表示された寸法と測定した寸法との差が表1の数値以下でなければならない。	表1
b) 厚さ、幅、長さ			板文集成板の厚さ、幅および長さの公差を満足しなければならない。 厚さ 36mm以上500mm以下：幅 300mm以上：長さ 300mm以上	表2
4.2 ラミナ				
4.2.1 ラミナの寸法				
4.2.1.1 ラミナの厚さ				
a)			12mm以上50mm以下であること	
b)			集成板を構成する各ラミナの厚さは原則として等厚であること ※例外あり	
4.2.1.2 ラミナの幅				
a)			300mm以下であること	
b)			回転方向に用いるものによっては厚さの1.75倍以上、径転方向にあっては厚さの3.5倍以上 ※せん断試験の結果、表3の数値以上であればこの限りでない。	表3
4.2.2 ラミナの品質				
4.2.2.1 等級区分によるもの				
4.2.2.1.1 強度性能			a)またはb)の要件に適合しなければならない	
4.2.2.1.2 材の両端部の品質 (MSR区分)			両端部における節・穴等の欠点の相当径比が、中央部の相当径比より大きくなること。 または、相当径比が表7の数値以下であること	表7
4.2.2.1.3 その他			表8の基準の適合すること	表8
			腐れ：軽い腐れ。材面積の10%以下。B種腐敗の場合は「ない」こと。	
			貫通割れ：ラミナ幅の1.5倍以下。深さがラミナ厚の3/4を超えるものを貫通割れとみなす。 B種腐敗の場合は「ない」こと。ラミナ幅の2.0倍以下。B種腐敗の場合は「ない」こと	
			灰色：目立たない程度であること。利用上支障のないこと	
			逆目：目立たない程度であること	
			幅面の材層部の割径比 (MSR区分を除く)：33%以下であること。50%以下であること	5.2.2 幅面の材層部の割径比
			曲がり：矢高がラミナ厚さの0.2%以下であること。矢高がラミナ厚さの0.5%以下であること	5.3 曲がり
			反り及びねじれ：軽微であること。利用上支障のないこと	
			丸身：ないこと。ただし、A種腐敗同一等級内層で用いる場合、厚丸身および幅丸身が1/10以下で、かつ丸身長さの合計がラミナ長さの1/2以下であること。厚丸身及び幅丸身の1/10以下	
			その他の欠点：極めて軽微であること。軽微であること	
4.2.2.2 目視等級区分によるもの				
4.2.2.2.1 強度性能				
a) 長さ方向に接合していないもの			1) 異等級構成の外層、同一等級構成に用いるラミナは、 A.1.3の試験ラミナが以下要件に適合すること 2) B種腐敗に用いるものを除く1)以外のラミナは、 A.1.3の試験ラミナを用いた曲げB試験の結果が以下要件に適合すること	A.1.3 5.3 曲げB試験 A.1.3
b) 長さ方向に接合したものの			A.1.3の試験ラミナが以下要件に適合すること	A.1.3
4.2.2.2.2 その他			表10の基準の適合すること (1等/2等)	表10
			節及び穴 集中割径比：40%以下/50%以下	5.2.1 集中割径比
			節及び穴 幅面の材層部の割径比：33%以下/50%以下	5.2.2 幅面の材層部の割径比
			繊維方向の割径比：1/12以下/1/4以下	5.4 繊維方向の割径比
			腐れ：「ない」こと。軽微の軽い腐れであって、材面積の10%以下	
			割れ 貫通割れ 木口面：ラミナ幅の1.5倍以下。深さがラミナ厚の3/4を超えるものを貫通割れとみなす。ラミナ幅の2.0倍以下	
			割れ 貫通割れ 木口面以外：ラミナ長さの1/4以下。ラミナ長さの1/3以下	
			割れ 貫通割れ その他：ラミナ長さの3/8以下	
			灰色：目立たない程度であること。利用上支障のないこと	
			逆目：目立たない程度であること	

	□	△	×	—
1				
2				
3	39%	19%	19%	25%
4	19%	25%	31%	25%
5				
6				
7				
8	13%	25%	35%	25%
9	13%	25%	35%	25%
10				
11	13%	25%	35%	25%
12	6%	38%	31%	25%
13				
14				
15	8%	31%	19%	44%
16	6%	25%	44%	25%
17	13%	25%	25%	38%
18	6%	38%	31%	25%
19	6%	38%	31%	25%
20	6%	13%	50%	25%
21	8%	12%	55%	25%
22	8%	19%	53%	25%
23	6%	38%	31%	25%
24	6%	38%	31%	25%
25	8%	31%	48%	25%
26	10%	25%	31%	25%
27				
28				
29	13%	25%	25%	38%
30	6%	38%	25%	31%
31	13%	31%	25%	31%
32	6%	31%	25%	38%
33	8%	25%	44%	25%
34	8%	25%	44%	25%
35	8%	25%	35%	31%
36	13%	31%	31%	25%
37	13%	25%	35%	25%
38	6%	38%	31%	25%
39	6%	38%	31%	25%
40	6%	19%	50%	25%
41	8%	19%	50%	25%

JAS3079 日本農林規格 直交集成板 (抄)				概要	基準 (JAS3079)				
				平均厚輪幅 (ラジエタパインを除く) : 6mm以下 ¹⁾	5.5 平均厚輪幅	42	□	△	※
				曲がり : 矢高がラミ長さの0.2%以下であること/矢高がラミ長さの0.5%以下であること		43	6%	19%	50%
				圧り及びねじれ : 軽微であること/利用上支障のないこと		44	6%	31%	31%
				丸み : ないこと。ただし、同一等級内層で用いる場合、厚丸みおよび幅丸みが1/10以下で、かつ丸み長さの合計がラミ長さの1/2以下であること/厚丸み及び幅丸みが1/10以下		45	13%	31%	31%
				その他の欠点 : 極めて軽微であること/軽微であること		46	6%	25%	44%
			4.2.2 長さ方向の接合の方法	スカーフジョイント又はファンガージョイントで接合したものであること		47	13%	25%	31%
			4.3 接合			48	71%	31%	13%
			4.3.1 接合部の仕様	以下の要件を満たしたものであること。※1ただし、幅方向の接合にあっては、小角材の幅方向の接合及び幅は評価プライにおける幅方向の接合に依る		49			
			a) 使用環境Aの表示をしてあるもの	使用環境Aの要求性能を満たした次に掲げる樹脂又はこれらと同等以上の性能を有するものであること	3.28 使用環境A	50	13%	50%	0%
			1) 横断方向及び幅方向に 接合に用いる樹脂	レゾルノール樹脂又はレゾルノール・フェノール樹脂		51	25%	38%	13%
			2) 長さ方向の接合に 用いる樹脂	レゾルノール樹脂、レゾルノール・フェノール樹脂又はメラミン樹脂		52	25%	50%	13%
			b) 使用環境Bの表示をしてあるもの	使用環境Bの要求性能を満たした次に掲げる樹脂又はこれらと同等以上の性能を有するものであること	3.29 使用環境B	53	19%	38%	25%
			c) 使用環境Cの表示をしてあるもの	使用環境Cの要求性能を満たした次に掲げる樹脂又はこれらと同等以上の性能を有するものであること	3.30 使用環境C	54	13%	38%	25%
			4.3.2 接合の程度	接合部が一律に接合されているもの。透せき試験及び煮沸試験の結果、又は減圧加圧試験の結果、以下の要件に適合しなければならない。※1	6.1透せき試験 6.2煮沸試験	55	19%	31%	6%
			a)	次の1) ~4)までの数値以下でなければならない		56	13%	44%	19%
			1)	試験評価平行接合層等全ての接合層の剥離率が10%以下		57	25%	50%	6%
			2)	試験評価平行接合層については、同一接合層の剥離の長さの合計がそれぞれの接合層の長さの25%		58	19%	50%	13%
			3)	風圧接合層については、4割面における同一接合層の剥離の長さの合計がそれぞれの接合層の長さの40%		59	19%	50%	13%
			4)	幅はす接合層については、4割面における同一接合層の剥離の長さの合計がそれぞれの接合層の長さの25%		60	19%	44%	19%
			b)	ブロックせん断試験の結果、次の1)又は2)の基準に適合すること	6.4ブロックせん断試験	61	13%	50%	13%
			1)	同一の接合区分に属する樹脂同士の接合層		62	13%	44%	19%
			2)	異なる接合区分に属する樹脂同士の接合層		63	13%	50%	13%
			4.4 構成			64			
			4.4.1 構成の種類	直交集成板の構成の種類は表12のとおり。※例外あり	表12	65	19%	31%	19%
			4.4.2 ラミナの品質の構成			66			
			4.4.2.1 異等級構成に用いるラミナの品質の構成			67			
			a)	等級区分によって区分された外層用ラミナを表13の強度等級と表9の樹脂類に応じて1級又は2級に区分する	表9、表13	68	19%	25%	25%
			b)	目視等級区分された外層用ラミナを表14の強度等級と表9の樹脂類に応じてV90又はV60に区分する	表9、表14	69	13%	31%	19%
			c)	ラミナの品質の構成基準は表15の通り	表15	70	13%	19%	25%
			d)	A種構成であってMSR区分によるラミナのみを用いる場合は、以下によることができる		71	0%	0%	0%
			e)	厚さ方向の中心軸に対して、ラミナの品質 (樹脂を含む) の構成及びラミナ厚さが対象であること		72	25%	19%	25%
			4.4.2.2 同一等級構成に用いるラミナの品質の構成			73			
			a)	全ての層について同一の樹脂及び等級のラミナのみで構成すること		74	6%	19%	71%
			b)	ラミナの品質の構成基準は以下のとおりとする		75	19%	19%	25%
			c)	A種構成であってMSR区分によるラミナのみを用いる場合は、以下によることができる		76	0%	0%	0%
			d)	厚さ方向の中心軸に対して、ラミナ厚さが対象であること		77	13%	19%	31%
			4.4.2.3 ラミナの幅方向の接合の透き間	ラミナの幅方向の接合を行わない場合の透き間は原則として、あってはならない。ただし、幅6mm (施工時の接合部であることが明らかな場合には3mm) 以下の透き間		78	13%	13%	31%
			4.5 製品			79			
			4.5.1 材面の品質	利用上支障があてはならない。腐蝕したものについては、腐蝕部分に透き間がなく、脱落又は腐蝕のおそれがあるてはならない。		80	25%	50%	13%
			4.5.2 曲がり	矢高が2mm以下。製品特有のニーズに対応する場合はこの限りでない		81	19%	56%	13%
			4.5.3 圧り及びねじれ	利用上支障があてはならない		82	60%	13%	6%
			4.5.4 凸部仕上げ (塗装加工を施したものに限る)	凸部又は塗装むら等が目立つてはならない		83	13%	25%	50%

JAS3079 日本製材規格 資文集成版(抄)		概要	規準 (JAS3079)				
	4.5.5 含水率	同一の試料資文集成版から採取した試験片の含水率の平均値が15%以下	5.5 含水率試験	○	△	×	—
	4.5.6 曲げ強度	以下の要件に適合しなければならない。ただし、各種規格で曲げ試験を行った表示をもつものに限る	6.6 曲げ試験	25%	56%	6%	13%
	4.5.7 ホルムアルデヒド放散量	抽出した試料資文集成版のホルムアルデヒド放散量の平均値および最大値が表19の数値以下 ただし、放散量についての表示をもつものに限る	6.7 表19参照	19%	48%	25%	19%
追加 防湿・防蟻性能				4%	19%	31%	8%
				14%	31%	27%	28%

(4) 回答のまとめ

ほとんどの項目は、明確に必要(○)と判断されておらず、30%以上の回答者が必要と判断した項目は以下である。

- 「4.1 a) 寸法の許容差」
- 「4.2.2.3 長さ方向の接合の方法」
- 「4.5.3 反り及びねじれ」
- 「4.5.7 ホルムアルデヒド放散量」

共通した必要だと考えられる項目が少ない中、条件付きで○、あるいは条件付きで×の場合に選択された△が多数の意見を占めている項目が目立つ。基準値が明記されているもの、規定が無い場合には工場のライン生産が難しいもの等がみられる。△の多さは、「用途によって異なる」という意見を反映したものであり、該当項目は必要であるが、そのための測定方法や基準値について再検討が必要だということを示している。

アンケート調査の結果にもあるように、土木 CLT 規格に期待されることは、「できるだけシンプル」で「性能にあった」ものであり、「表示すべき性能＝項目」、「基準値とその妥当性(測定方法等)」についての検討は今後も必要であると考えられる。

4.3.2 マトリクス整理

用途が多様で、CLT の利用方法によって要求性能が異なる土木 CLT は、JAS 規格にそのまま当てはめることは出来ないが、アンケート調査より、長さ方向の接合方法等強度に係る項目、寸法の許容差等精度に係る項目、反りやねじれ等ラミナの品質に係る項目は土木 CLT 規格として重要な共通項として検討できることが分かった。そこで、土木 CLT の共通項をクライテリアとして分類し、マトリクスを図 4.3-1 のように整理した。

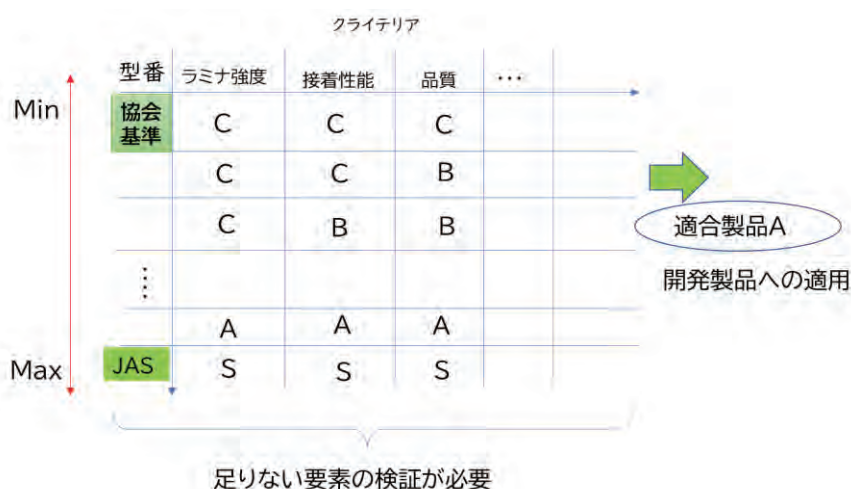


図 4.3-1 土木利用 CLT の基準マトリクス

これまでの事業成果や本事業でのアンケート調査、小委員会での検討結果から、製品の強度や精度に係る項目については最低限の性能規格を検討する必要があることが明らかになっている。各クライテリアの最低の性能を明らかにし、協会基準として保証を行ったうえで、各クライテリアの性能を組み合わせ、個々の要求性能に適用した規格とすることを検討した。足りない要素等については今後の検証が必要で、特に、B 材、C 材等の JAS 不適合ラミナについては、基準数値等を明らかにするためにも強度等のデータを取得する必要がある。

4.3.3 使用環境の考え方

従来の JAS 規格に規定されている使用環境は A～C の3段階に設定されているが、屋外利用されるものは一律「使用環境 A」という“木材含水率が 20 %以上になる場合や紫外線や雨風にさらされる場合を対象とした区分”に該当する。これは、JAS 規格が建築利用を前提としているため、外装や水回りで用いる材料に対して耐水性や耐候性などの性能を要求するものである。よって、土木分野における接地利用や水中利用される場合は一切考慮されておらず、使用環境 A で土木分野すべてに対応することには疑義が生ずる。そこで、考え得る土木用途に対して、新たな使用環境区分や、そのために整備すべき事項について検討した。

土木分野などの屋外で利用される木材の腐朽は、主に温度、水、空気、栄養の4つの条件によって、発生や進行が左右される。特に水の影響が重大で、地下水位以下の土中や水中では水が豊富にあっても、水により空気が遮断されることで腐朽が進行しにくい環境が作られる。平成 25 年(2013 年)に制定された「ISO21887 木材及び木質製品の耐久性－使用環境区分」でも、水分条件に基づいて表 4.3-2 に示すような 5 段階で区分している。

表 4.3-2 ISO 使用環境区分

ユースクラス	使用状態
1	完全に雨や水から守られた状態
2	雨からは守られているが、たまに湿る状態
3	雨には当たるが、地面には接していない状態
4	地面や淡水に接している状態
5	海水に常に又はしばしば接する状態

しかしながら、日本は大半の地域の気候区分が温帯である一方で、北緯 20～45 度と南北に長いため、北海道や高山地域は冷帯で、沖縄や九州地方の一部では亜熱帯となっており、さらには、同じ温帯(温暖湿潤気候)であっても日本海側と太平洋側、あるいは瀬戸内海側とで、季節に応じて降水量や日照時間などが大きく異なるという特徴がある。種類にもよるが木材腐朽菌は 30 ℃前後の温度下で最も活性化するため、水分条件以外に気温条件なども軽視すべき条件ではない。また、構造物の種類によって屋外に設置される期間も大きく異なり、高温多雨な地域であっても短期間の仮設物利用であれば木材腐朽の影響は小さいと考えられ、厳しい使用環境でも使用の可否判断が異なる場合も想定される。

こうしたことから、気温や降水量に基づく「気候」条件、設置環境における降水や土壌水、河川や湖沼などから供給される「水分」条件、これらの各条件に晒される時間的な長さである「期間」条件が、土木利用される木材の腐朽には大きく影響すると考えられる。例えば屋根のある鉄道駅構内における非接地の構造物であれば気候や利用期間に関わらず腐朽リスクは非常に小さいと考えられ、逆に亜熱帯地域の接地環境において数年間利用するような場合だと腐朽リスクは極めて高いと考えられる。

以上のことから、土木用 CLT 規格に盛り込む「使用環境」については、これらの条件も加味した区分の設定が求められる。ただし、条件を複雑にし過ぎるとユーザーにとっては使いにくく、利用が敬遠される遠因ともなる恐れがあるため、最終的には、「使用環境 A1(従来の JAS 規格の使用環境 A に相当)」「使用環境 A2(地下水位以下の土中や水中利用など JAS 規格の使用環境 A より腐朽リスクが高いが理論的には腐朽しにくい環境)」…「使用環境 A5(適切に保存処理しなければ木材利用に向かない環境)」のように 2～5 段階程度の区分にまとめる必要がある。

4.4 協会基準の検討

4.4.1 策定までのフロー検討

4.2.1 に既述したとおり、性能規定としての協会規格を策定するにあたり、土木分野の幅広い用途に適した内容とするために、対象となる用途群を幾つかの категория に分類(カテゴライズ)する必要がある。例えば敷板であれば「仮設」というキーワードで分類でき、防雪柵であれば「柵類」というキーワードで分類することができる。これらのキーワードには、使用環境や荷重条件等の要素も含まれるため、CLT の仕様や性能に直結するものであることから、ひいてはラミナや接着剤の選択などの製造方法にも関連する分類方法にもなっている。よって、適切なキーワードの設定と、それらによるカテゴライズを行い、それぞれの categoria に適した性能を規定するという手順が協会規格の策定手順として相応しいと考えられる。なお1 categoria に対して1キーワードが最適とは限らず、複数のキーワードが必要な場合も考えられる。

categoria は低質な CLT から順に「categoria 1」、「categoria 2」...、「categoria 5(JAS 規格)」のように設定し、本事業では非構造用途かつ仮設物向けの最も低質な CLT である「categoria 1」に相当する協会規格の策定を目指す。なお、カテゴライズは CLT の強度性能や接着性能に基づいて行われる予定で、耐朽性能に関しては、4.3.3 に既述したとおり、「使用環境」区分で別途表記することにより、保存処理の必要性などはカテゴライズの段階では取り扱わないこととする。

categoria 2以降については、土木用 CLT の用途拡大にともない順次拡大を図り、今回策定を目指す categoria 1との整合性を取りながら整備していく方針である。

図 4.4-1 に策定フロー例を示す。

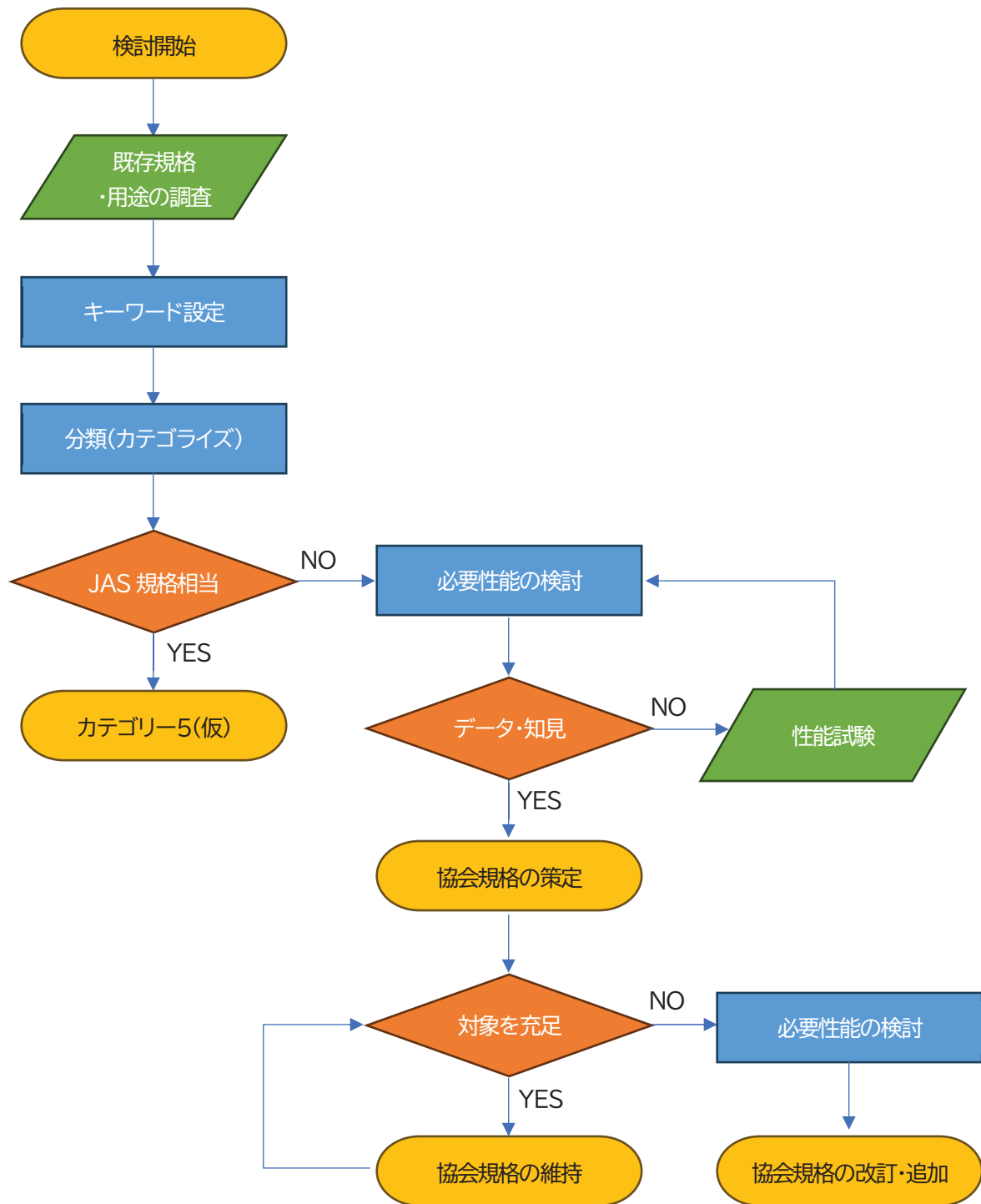


図 4.4-1 土木用 CLT の協会規格策定フロー例

4.4.2 JAS 規格外ラミナの強度性能確認試験

CLT の JAS 製品に適さなかった材料、および製材時に生じた丸み付きの側板を用いて製造した敷板用途を想定した JAS 規格外の土木用CLTについて、強度性能の把握を試みた。

JAS 規格外の土木用CLTの特徴は次のとおりであり、そこから、面外曲げ強度試験用の試験体(厚み 90 mm、幅 300 mm、長さ 2,070 mm)40 体を採材した。

【JAS 規格外の土木用CLTの特徴】

- ・樹種はスギの 3 層 3 プライ
- ・寸法は、厚み 90 mm、幅 1,500 mm、長さ 3,000 mm
- ・接着剤は水性高分子イソシアネート系接着剤(幅はぎ接着なし)
- ・JAS 製品に適さない原因は、強度不足や曲がり・反り、割れ、欠け、腐れ、入り皮、虫食いなど(図 4.4-2)
- ・丸み付き側板は、丸みが極端に大きいものは除外し、材幅に対し接着面積の2分の1以上を保持しているラミナを使用

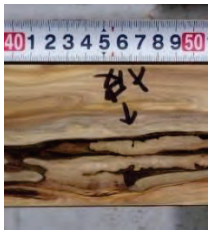
丸身	腐れ	入り皮	抜け節	虫食い
				

図 4.4-2 代表的なラミナの欠点

なお、面外曲げ強度試験は、荷重点間距離 630 mm(7 倍)、支点間距離 1,890 mm(21 倍)とした3等分点4点荷重方式で、秋田県立大学、岡山県農林水産総合センターで、JAS 規格外ラミナ(図 4.4-3)を用い、それぞれ 20 体ずつ試験を実施する予定である。

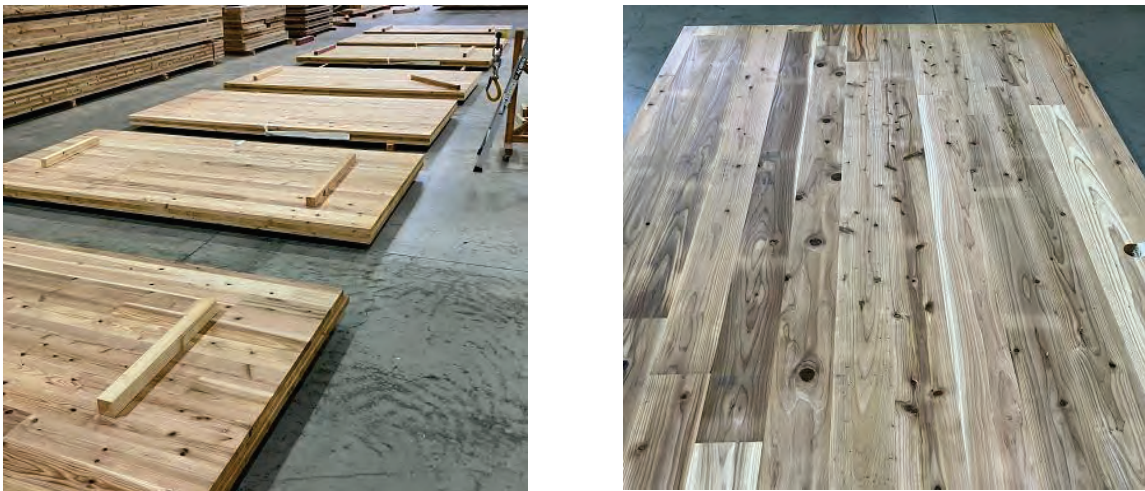


図 4.4-3 JAS 規格外ラミナを用いた CLT

4.5 今後の課題

本章では、土木用の CLT として備えるべき最低限の性能や品質を定めるべく、「土木用 CLT」としての新たな規格の整備に関する検討を実施した。土木用資材は、建築構造材とは全く異なる要求品質が想定され、またその用途によっても耐用年数などが全く異なってくるのが想定される。そのため、土木用 CLT 規格としては、基本的にはなるべくシンプルな規格としつつも、その用途によってクリアすべきクライテリアが異なるような規格のあり方が望まれる。そのような視点で検討してきた中で、今後の課題としては以下のような項目があげられる。

- 用途に合わせたクライテリアを設定することは重要な視点だが、現時点で想定している土木用途のうち、何がどの程度の要求性能になるかを把握しておく必要がある。耐用年数は用途によって大きく異なり、それによって用いる接着剤やその耐久性能も大きく変わってくるのが想定される。これは使用する側(需要者)へのヒアリングやアンケートなどを実施することが有効であろう。
- どのような品質管理項目を設けるかを検討する際に、一つの用途の中で品質管理項目のレベルをあまり細かく設定しすぎると製造が困難になるので、まずは用途に合わせた最低限(もしくは2段階程度)のレベルを設定することを当面の目標とすべきである。そしてある程度土木用 CLT の利用が進み、より高度な利用、あるいはより高耐久な資材が欲しいといった要望が出てきた際に、更に細かく高度なレベル設定を検討することが望ましい。
- 性能規定的な規格とする際の、土木用 CLT が保持すべき最低基準(=最低限の要求性能)がどの程度であるかを、ラボ的な実験、若しくは実際に劣化した土木資材の強度試験等から把握する必要がある。そのため、まずは JAS 規格外のラミナを用いて製造した CLT の強度試験データの取得と結果の詳細な分析が重要である。

5 土木分野における CLT の利用技術の実用化検討

5.1 CLT 敷板の実用化検討

5.1.1 敷板としての利用に関する技術的検討

CLT 敷板の利用拡大を目指して、下記の 3 項目について検討した。

- 繰り返し使用時の耐久性
- CLT 敷板のリース事業を想定した CLT 敷板の管理方法
- CLT 敷板が普及するための流通(商流+物流)・調達段階での課題の抽出・整理

(1) 繰り返し使用時の耐久性確認のための性能試験

1) 表面の摩耗損傷状況の確認試験(繰り返し走行試験)

CLT の耐久性を定量化することを目的として、CLT 敷板の上を重機が繰り返し走行した後の摩耗状況を測定した。試験イメージを図 5.1-1 に示す。

- 課題 : 建機の走行による摩耗の定量化、耐用限界の設定
- 目的 : 耐久性の判断基準の確立
- 時期 : 令和6(2024)年 11 月 6 日(水)
- 場所 : イトイ GHD(土別本社)
- 方法 : 建機によって CLT 敷板上を繰り返し走行する
周回(100 周)を繰り返し、損傷程度(欠損深さ)を測定

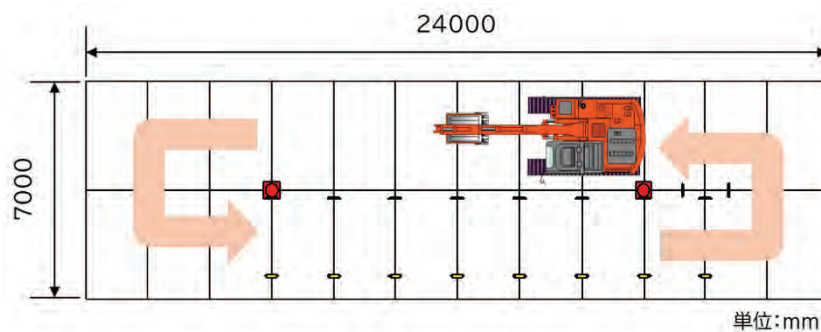


図 5.1-1 繰り返し走行試験のイメージ

重機を周回させる度に、CLT 敷板の最大欠損部分を測定した結果を図 5.1-2 に示す。周回数とともに敷板の欠損深さが大きくなる傾向が認められた。また、摩耗よりも小石等のめり込みによる損傷が目立った。欠損深さは、左キヤタ>右キヤタ>コーナーの順となった。

また、今回の試験結果から、ラミナ 1 層 30 mm が欠損して消失する周回数を計算したところ、全 CLT の平均値で計算して 791.4 周、最大値で計算したところ、330.2 周となった。

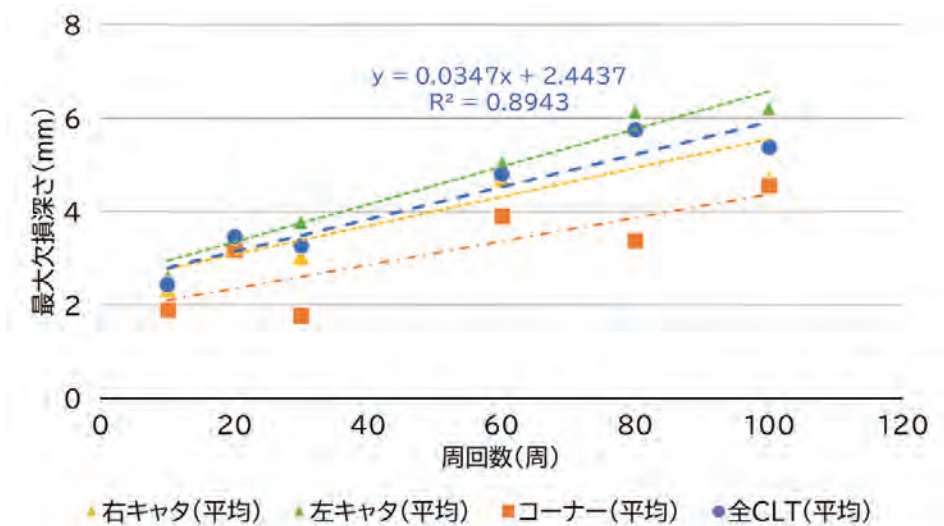


図 5.1-2 周回数ごとの CLT 敷板の最大欠損深さ

2) 暴露試験(ピロディンによる腐朽程度の測定)

設置から約 1 年が経過した CLT 敷板を対象に、腐朽試験(図 5.1-3)を行い、初期性能との比較を行った。測定は 2 か所で行った(写真 5.1-1、写真 5.1-2)。

- 目的 : CLT 敷板の耐久性の定量化
- 時期 : 令和6(2024)年 10 月 17 日、11 月 6 日(水)
- 場所 : 天神トンネル(小樽市)、イトイ GHD(土別市)
- 方法 : ピロディンを打ち込み、深さを測定

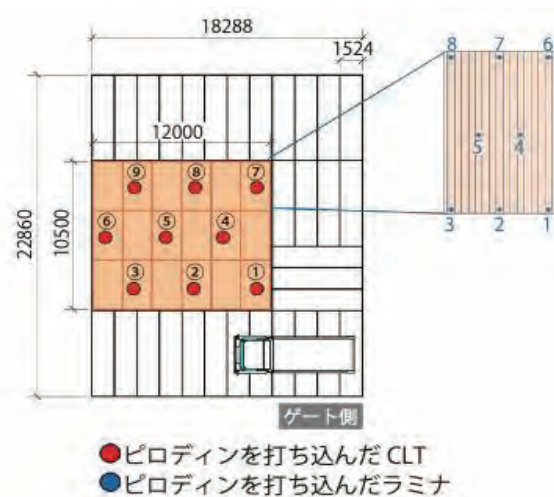


図 5.1-3 暴露試験(ピロディンによる劣化度測定)の測定場所



写真 5.1-1 測定対象 1：天神トンネル（小樽市）に 敷設した CLT 敷板



写真 5.1-2 測定対象 2：士別市に保管中の未使用の CLT 敷板

〈計測結果〉

測定対象 1

第 1 回 令和 5 年 12 月 6 日	ピロデイン:15.1mm、含水率 :21.7%
第 2 回 令和 6 年 10 月 17 日	ピロデイン:13.4mm、含水率 :17.8%

測定対象 2

第 1 回 令和 5 年 12 月 16 日	ピロデイン:19.6mm、含水率 :20.4%
第 2 回 令和 6 年 11 月 6 日	ピロデイン:21.0mm、含水率 :54.3%

上記のように、測定した結果、1 年では腐朽していないことが分かった。測定対象 1 においてピロデインを用いた測定結果が浅くなったのは、含水率の変化が原因となった可能性がある。

(2)管理方法の検討

過去に、IC タグを利用した管理方法を検討したが、使用環境が厳しい現場ではタグが剥がれるなどの事案が発生した。そのため、CLT 敷板に穴をあけて、コンクリートにも利用されている金属タグを接着剤で固定する方法を試みた（写真 5.1-3）。

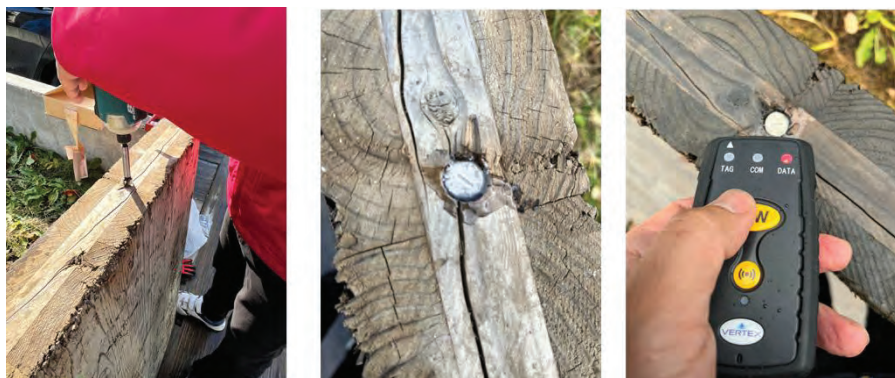


写真 5.1-3 金属タグを用いた敷板の管理

(3)利用者へのヒアリングによる CLT 敷板の課題抽出

CLT 敷板の普及に向け、利用者もしくはリース事業等の事業主となり得る専門家を対象に、ヒアリングを実施した。（表 5.1-1）

表 5.1-1 ヒアリング対象者

	ヒアリング先
メーカー	銘建工業(岡山)
	MEC Industry(鹿児島)
ユーザー (土木、建設)	イトイ産業(北海道)
	坂手建設(岡山)
	鈴工(三重)
	植村土建(北海道)
	大林組(北海道)
ユーザー (レンタル、 商社)	上川機械リース(北海道)
	カナモト(北海道)
	北海産業(北海道)
	西尾レントオール(東京)
行政	北海道庁(水産林務部、建設部)
	北海道開発局
	厚真町
管理方法	エコモット

ヒアリング結果として得られた結果を以下にまとめる。

〈流通時のメリット〉

- ・環境性能、騒音、滑りにくさ など
- ・軽量さからカーボンニュートラル対策になることが強み

〈敷板の利用者が提示する課題〉

- ・入札の点数を稼げることが重要（NETIS 登録やカーボンニュートラル対策等の加点が魅力）

〈行政の立場として提示する課題〉

- ・公共事業の積算に盛り込むには「価格が設定されている」ことが重要

5.1.2 CLT 敷板の普及に向けた流通・調達段階の検討

(1) 検討の背景と目的

これまで本事業による CLT 敷板の技術試験や実証実験等においての有用性の確認が示されたことと同時に、展示会への出展、メディア掲載などにより、レンタル会社やユーザーからの問い合わせや見積もり依頼が増加している。一方で、在庫がないまたは僅少のため、提供まで数か月を要する場合や、需要地までの距離が遠いことによる輸送コストの掛かり増しなど、CLT 敷板の利用機会が喪失されている。

今後、顧客が求めるスピード感、物量に対する対応が必要と考えられるため、CLT 敷板に関する流通・調達について検討することで、提供機会を回復し、普及に貢献することを目的とする。

(2) 現状の CLT 敷板の普及における課題

本年度の検討において、CLT 敷板の中間成果を、新聞等のメディア掲載、展示会への出展などにより情報公開を試みたところ、窓口となった企業(イトイ産業 : 北海道士別市)に対して、リース会社やエンドユーザーからの問い合わせや見積もり依頼が 10-20 件ほど寄せられた。こうした状況を見ると、社会的に CLT 敷板への関心は得られていると考えることができる。

CLT 敷板の普及に関する足元の課題として、従来は認知がされていなかったり、興味を持たれていなかったりするという初期段階の課題があげられてきたが、現時点では顧客がサービスを導入(購入またはレンタル)したいと考えた段階に至った際に存在している以下の課題に目を向ける必要がある。

- ①リードタイムが長いこと
- ②輸送距離が長いこと
- ③耐久性に対する不安や厚さに対する使い勝手の悪さなど、製品そのもののネガティブイメージが存在すること

リードタイムは、大阪万博における CLT 利用による需要の高まりにより、製造工場の稼働率が上昇している。納期について、令和 5 年度(2023 年度)後半から令和 6 年度(2024 年度)前半までは約 3 ヶ月要しており、令和 7 年(2025 年)1 月時点でも、約 2 ヶ月程度を要している。CLT 敷板の普及を意図する場合、「全国どこでも、欲しい時に欲しい量が調達できる状態」を目指すべきであり、このためには在庫を確保する必要がある。他方で、現状では既存のレンタル会社が CLT 敷板を取り扱う意向がない。エンドユーザーは購入よりもレンタルのニーズが高いことを踏まえると、資金力を活かした在庫確保とレンタル事業を展開する企業の出現が必要と考えられる。

輸送距離が長い要因は、現在北海道を中心に検討している CLT 敷板の流通においては、CLT 製造拠点が北海道内に1箇所(士別市)のためである。例えば令和 6 年(2024 年)3-9 月まで清水町(十勝管内)で3枚をレンタルした事例では、士別市から清水町まで約 200 km を運搬した。この場合、運賃も高額となるため顧客満足度も低くなる。よって、どのような基準や考え方をもとに、どこに拠点を配置するのかを議論する必要がある。

また、CLT 敷板のネガティブイメージは、今後、新商品をいち早く取り入れる消費者層(アーリーアダプター)による評価の広がり期待すると共に、積極的に広告宣伝の展開、パブリシティ(企業や団体がマスコミに自社の情報を提供し、報道機関によってニュースとして取り上げてもらう広報活動)などによって、払拭する必要がある。

(3) 物流に関する論点と解決方法(ソリューション)の整理

こうした背景や目的、現状の課題であるリードタイムの長さ、輸送距離の長さによるコストなど、「欲しい時に欲しい量が調達できる状態」ではないことをどのように解決していくのかについて、さまざまな論点とそのソリューションについて整理する。

1) 物流の基本的な役割と CLT 敷板の検討項目の整理

図 5.1-4 に、物流の基本的な役割を記す。物流は、輸送、保管、荷役、情報システムの 4 つの役割からなっており、CLT 敷板においても該当すると考えられる。以下、各役割について詳細および CLT 敷板における検討項目について整理する。



図 5.1-4 物流の基本的な役割

①輸送

輸送にはトラック、船舶、鉄道、航空機などの輸送手段がある。トラックは発着地を直接結ぶことができ、船舶は時間がかかるが大量の輸送が可能となる。また鉄道は中長距離かつ小中規模の荷物を対象とし、航空機は輸送時間が短いが高コストが高い。

これまで本事業の実証実験では、CLT 敷板を岡山県真庭市から北海道士別市へ輸送している（図 5.1-5）。到着地が北海道ということもあり、船舶輸送または鉄道輸送が必須であることから、真庭市でトレーラーシャーシに搭載し舞鶴港までトレーラー輸送、舞鶴港から苫小牧港（または小樽港）まではフェリー輸送、北海道内では再度トレーラー輸送を行った。その際、一度に 50-60 枚（2m×3.5m サイズ）程度を搭載した。

また、士別市の拠点から実証実験の各現場までは、2t または 4t 車（積卸場所にフォークリフトやグラブプルなど無い場合にはユニック車）にて、10 枚程度を搭載して運搬した。

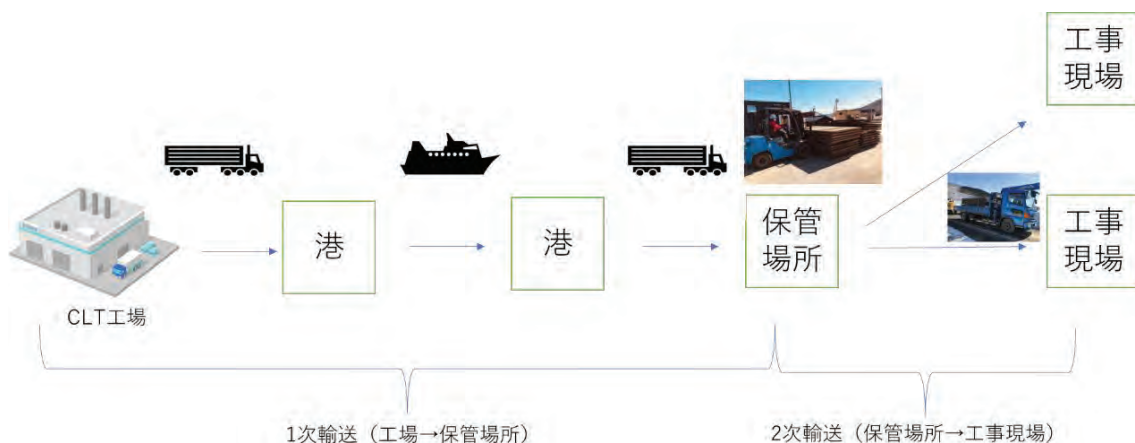


図 5.1-5 CLT 工場から保管場所、工事現場までの物流の模式図

②保管

的確な商品管理のためには保管の役割も重要である。需要に対して、商品をスムーズに供給するためには、品揃えが十分であること、すぐに取り出せる状態であること、要求された数量があることなどの機能が必要である。

CLT 敷板の保管については現状ではそうした状況にないため、顧客からの問い合わせに対して、現状で2か月のリードタイムを要している。必要数量については、1案件で数十から数百枚程度の需要が多く、すぐに対応できないため失注につながっている可能性がある。

保管場所、保管方法については、できれば屋内保管が望ましいが、将来的に数百枚から千枚を超える敷板を補完するには多くの面積が必要となる。保管方法は、現状では5枚に1つのリン木を設置している(写真 5.1-4)が、これはフォークリフトと重量の関係で5枚(1.25t 程度)としている(写真 5.1-5)。高さについては、2mを超えて積み重ねる「はい積み」を行う場合には「はい作業主任者」を置くか、「はい作業従事者安全衛生教育」の受講が必要である。

現状で使用している CLT 敷板については、すでに役割を終えて拠点に戻っているものもあり、2-4 回の転用が進んでいる。修繕、洗浄などは実施しておらず、レンタル事業を行う上で、保管体制(人員、場所、重機)、修繕の基準と方法、洗浄方法については今後の検討課題である。



写真 5.1-4 CLT 敷板の保管状況



写真 5.1-5 フォークリフトによる作業の様子

③荷役

荷役の役割は、倉庫内移動、積み下ろし、運搬、積みつけ、ピッキングなどの作業などに分類できる。物流コストは荷役効率に大きく左右されるため、効率的な荷役が必要となる。

現状、倉庫内移動はフォークリフトで対応している。また、2次輸送におけるセルフトレーラーへの積み作業はフォークリフト、工事現場での積み下ろしはいくつかの方法がある。

・小型クレーン車(ユニック車)(写真 5.1-6、写真 5.1-7)

小型クレーン車での輸送によって、現地にショベルカーがない場合でも積み下ろしが可能である。



写真 5.1-6 小型クレーン車による運搬



写真 5.1-7 小型クレーン車による積み下ろし

・油圧ショベル(ワイヤー) (写真 5.1-8)

油圧ショベルは掘削・積込機であるため、クレーン作業は禁止されている。ただし、作業の性質上やむえないとき、または安全な作業の遂行上で必要な時であって、作業装置にフックなどのつり上げ用の金具などを用いて荷のつり上げを行うことができるとされている。(労働安全衛生規則第 164 条)。



写真 5.1-8 油圧ショベルによる積込の様子

・油圧ショベル(グラップル付き)(写真 5.1-9)

クレーン作業ではなく、アタッチメントをグラップルに交換し、挟むなどでの積み下ろしも可能である。



写真 5.1-9 グラップルによる積み下ろしの様子

④情報システム

情報システム活用の目的は、コスト削減、時間短縮、品質向上、省力化、サプライチェーンの効率化である(表 5.1-2)。

表 5.1-2 情報システム活用の目的

コスト削減	作業工数の削減
時間短縮	作業スピード向上によるタイムリーな出荷
品質向上	在庫の正確な把握、顧客に対する品質の維持・向上
省力化	自動機器の活用など
サプライチェーンの効率化	在庫、商品の動きの共有による無駄な在庫削減

CLT 敷板の流通量が上がった場合、顧客、保管在庫や利用されている枚数、製造予定などの情報が整理されていないと提供の効率が下がり、結果的には良質なサービスを提供できない可能性がある。

情報システムには、上位段階の「戦略・企画」、中位段階の「計画・管理」、下位段階の「実務」の3分野に分類することができるとされ、上位段階では広くて大きな視野での物流ネットワークの形成や拠点立地の在り方、中位段階では物流計画や実績の見える化、下位段階では受発注システムや倉庫・輸配送管理などが情報システムとして管理されている。

日々の業務効率だけでなく、データを管理分析し、よりよいサービスに活かしていくことが重要である。

2)ロジスティクス戦略とサプライチェーンマネジメント

1)では物流の基本的な4つの項目を紹介したが、その上位あるいは包摂する概念として、ロジスティクスとサプライチェーンマネジメントという考え方がある。

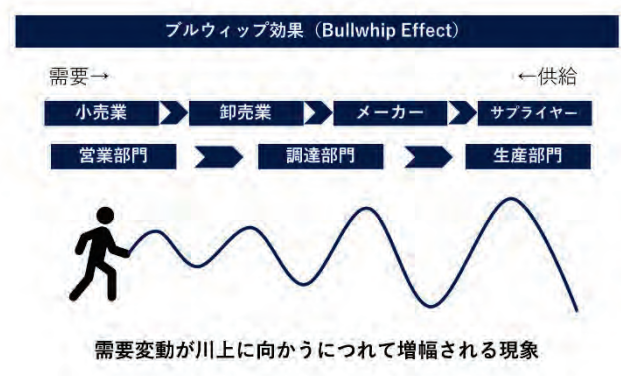
ロジスティクスは、日本語で「兵站」であり、JIS における定義では、「物流の諸機能を高度化し、調達、生産、販売、回収などの分野を統合して、需要と供給との適正化を図るとともに顧客満足を向上させ、併せて環境保全、安全対策などをはじめとした社会的課題への対応を目指す戦略的な経営管理」とされている。調達だけ、物流だけ、という流通の中の個別の項目だけでなく、ビジネス全体を通した経営戦略として「製造」、「購買・調達」、「販売・物流」、「マーケ・営業」、「サービス」の5つの企業活動の全体を最適化する必要がある。

サプライチェーンは供給連鎖とも言われており、サプライチェーンマネジメント(SCM)とは、原料から消費者までの供給連鎖のものの流れを統合的に見て、プロセス全体の効率化と最適化を実現するための経営管理手法のことである。ただ単にものを売るのではなく、いかにビジネスとして成立するかが重要であって、以下の6つの目的がある(表 5.1-3)。

表 5.1-3 サプライチェーンマネジメントの目的

・ 欠品防止による販売機会ロスの最小化→売上増
・ 流通在庫も含めたトータル在庫の削減→コスト抑制
・ 調達から販売までのトータルリードタイムの短縮→顧客満足度向上
・ 全体の業務効率化→ローコストオペレーション
・ キャッシュフローの改善
・ 情報共有による需要変動リスクの最小化

サプライチェーンが分断され、情報共有がスムーズになされていない場合には、商品の補充量が多くなり、上流にいくほどトータル在庫が増えてくる状況となる。これはブルウィップ効果(図 5.1-6)と呼ばれており、結果的にコストアップや製品価格の上昇、顧客満足度の低下や売上が伸びないなどの影響がでることから、できるだけ避けるべき事象である。



出典:西濃運輸ウェブサイト

図 5.1-6 ブルウィップ効果

CLT 敷板は、これまで実証実験レベルの量の需要に対して、輸送、保管、情報管理を行ってきた。さらに現状では、注文に対するリードタイムの長さ、在庫の少なさ、キャッシュフロー計画がないこと、需要の見込めなさなどの課題が見えてきており、ロジスティクスという俯瞰的な目線によって、展開準備を進める必要があると考える。

サプライチェーンについては、現状では CLT マザーボード工場がもつ在庫に影響を及ぼす量の需要量がないため、ブルウィップ効果までは発生していない。ただし、流通全体を通して見た際にはこうした概念を考慮して、CLT 敷板における需要予測、在庫想定量等の情報の上流側への共有は必須であり、具体的にはメーカーとの連携を深めていく必要があると考える。

3) 物流拠点の設置

①物流拠点の設置に関する情報整理

CLT 敷板を広く展開するにあたり、拠点設置は重要な要素である。営業形態としてレンタルまたは販売が考えられるが、レンタルの場合にはエンドユーザーは長距離輸送を想定していないことから、各都市の営業所からの配送を期待すると考える。

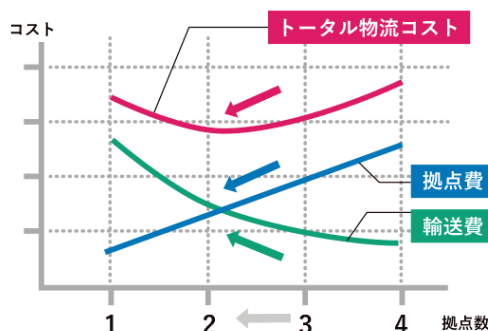
物流拠点を検討する際、拠点数、拠点立地、機能、規模の4項目からの検討が必要となる。それぞれの項目について、検討のポイントをまとめた(表 5.1-4)。

表 5.1-4 拠点設置の検討のポイント

拠点数	拠点立地
・商品の特性 ・顧客へのサービスレベル ・拠点コスト ・配送コスト	・需要の重心点が候補地 ・将来の物流計画 ・生産拠点との位置関係 ・輸出入港・空港との位置関係
機能	規模
・在庫の保管 ・包装などの機能 ・流通加工などの機能 ・修繕、清掃（レンタルの場合）	・在庫量 ・流動性 ・拡張性

出典：「物流業界のしくみとビジネスがこれ一冊でしっかりわかる教科書」

拠点数が多いほど、サービスレベルは向上し配送コストを抑制することはできるが、拠点コストは増加するトレードオフの関係である(図 5.1-7)。



出典: 大和物流ウェブサイト, <https://www.daiwabutsuryu.co.jp/strength/>

図 5.1-7 拠点設置に関連するトレードオフのイメージ

拠点立地は、需要の重心点を候補として、設置コストなどを考慮して、立地を探す。需要については、現在だけでなく、将来にわたっての需要も含めての計画が必要となる。また、生産拠点との距離、港や空港との位置関係も考慮する必要がある。

機能としては、在庫の保管、包装や流通加工などの機能、修繕や清掃などの機能が必要となる。

規模を検討するポイントとして、在庫量と流動性など波動状況（年間、季節、曜日波動など、物流量の波のこと）、および将来的な拡張性などが検討項目となる。

北海道において、CLT 敷板を展開する場合の物流拠点について整理する。

CLT 敷板は、他の敷板（敷鉄板、プラスチック敷板など）と同様に、レンタルでの展開が主流となると考えられる。

CLT 敷板は、他の敷板（敷鉄板、プラスチック敷板など）と同様に、レンタルでの展開が主流となると考えられる。

まず拠点数については、最大で既存リース会社が展開する営業所数が想定される。たとえばアクティオは 22 営業所、北海産業は 24 営業所、カナモト(グループ含めて)105 拠点(機械センター含む)、仙台銘板 6 営業所、ほかにもリース会社は存在するが、おおそ数十箇所程度の営業所やヤードを設置している(図 5.1-8)。図が示すように、リース会社は全道に広がる営業拠点をっており、提携も視野にいれることが考えられる。



出典:アクティオウェブサイト

図 5.1-8 アクティオの拠点

拠点立地について、需要量、産地・港との距離などの観点から考えると、まず需要量は表の「北海道開発局開発建設部局ごとの敷鉄板数および必要 CLT 日・枚数」(設計)を参考にすると、札幌開発建設部(石狩、空知)が圧倒的に多く、次いで室蘭(胆振・日高)、旭川(上川)と続く。また、道東については帯広と釧路も数量が多い(表4)。需要量の観点から、物流拠点は道央(札幌、苫小牧)が最初、道北(旭川)、道東(帯広)が早い段階で必要であると考えられる。

表 5.1-5 北海道開発局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
計	1,416	83,111	750,181	9,465,150	12,131,232

出典:CLT を用いた土木利用技術の環境・経済評価とその分析

生産拠点および輸出入港・空港との位置関係を考えると、本州以西からの調達の場合には苫小牧または小樽からの搬入が想定されるため、これも道央の札幌と苫小牧は必須であり、道北と道東が続く。道内工場(オホーツクウッドピア)のある北見市からは、道東(帯広)や道北(旭川)が比較的近い(120-150 km 圏内)。

一方、使い終わったあとの敷板をチップにする物流拠点の検討も必要となる。バイオマス発電および熱利用などの需要地については、北海道庁が「木質バイオマスエネルギーの利用状況」を公表している(図 5.1-9)。

オホーツク地域は最も需要量が多く 776,000 m³、続いて道央が 661,000 m³である。いずれも大規模バイオマス発電所が需要を牽引している。また、熱利用のボイラー設備は道央、道北に多い。CLT 敷板の材積は、2 m×3.5 m×90 mm サイズで1枚あたり 0.63 m³であり、将来的に毎年 10,000 枚がチップになった場合、63,000 m³のバイオマス量が増加する。現在、北海道内のチップ需給は逼迫し、新たなバイオマス施設が生まれにくくなっているほどであり、需要はあると考えられる。CLT 敷板の物流拠点または近隣既存チップ事業者と提携して、道央、道北ではチップ販売が可能となると考える。なお、十勝地域は他の地域に比べてバイオマス需要量が少ないが、既存利用量 44,000 m³に対して、CLT 敷板が十勝地域のみで大きな影響が出せる量を取り扱うために相当時間がかかると考えられるため、当面はチップとして全量消費されると考える。

道内の主な利用施設と地域別利用量(令和5年度)

令和6年(2024年)8月現在

〇FIT認定の発電施設や熱利用施設が増加しており、令和5年度末現在で184施設が稼働している。



利用施設等の現況(令和5年度)

区分	施設数
〇木質バイオマスを利用した設備を有する施設	
FIT認定発電施設	16施設
熱電併用施設	7施設
熱利用施設(木材チップ・薪ボイラー)	102施設
熱利用施設(木質ペレットボイラー)	59施設
合計	184施設

〇木質バイオマスの利用実績があった設備

設備の種類	設備数
発電機	52基
木くず焚ボイラー	132基
木質ペレットボイラー	60基

注)木くず焚ボイラー・ペレットボイラーとも、発電利用目的のボイラーの数を含む。
 (木くず焚ボイラー＝木材チップ・薪等を燃料とするボイラー)

資料:北海道庁ウェブサイト、<https://bit.ly/3NFL2NX>

図 5.1-9 木質バイオマスエネルギーの利用状況

(4) 発注と安全在庫

発注は、定期発注方式と定量発注方式に分けることができる。

定期発注法は、決まった発注間隔で毎回数量を計算して発注する方式である。一方、定量発注法は、在庫がある一定の量まで減った際に、毎回決まった量を発注する方式である。それぞれの特徴を表 5.1-6 に示す。

表 5.1-6 定期発注方式と定量発注方式の比較表

	定期発注方式	定量発注方式
発注のタイミング	決まった発注間隔	在庫がある一定の量まで減った際
発注量	毎回数量を計算して発注	毎回決まった量を発注
向いている製品	高価なものや需要変動の大きいもの	単価の安いものや需要が安定しているもの
CLT 敷板との適合性	○	△

出典:smart mat cloud ウェブサイト https://www.smartmat.io/column/ordering_method/3515

CLT 敷板は、食料品や日用品とは異なり、高価かつ需要変動の大きいものと考えられるため、定期発注方式が適している。定期発注方式のメリットは、「発注を忘れにくい」「適正在庫を保ちやすい(在庫過多になる可能性もある)」「需要変動に対応できる」などが挙げられる。

定期発注方式における発注量の計算方法は、以下の式(1)を用いて計算される。

$$\text{発注量} = (\text{発注間隔} + \text{調達期間}) \times \text{使用予定量} + \text{安全在庫} - \text{現在の在庫量} - \text{現在の発注残} \quad (1)$$

また安全在庫は、以下の式(2)を用いて計算される。

$$\text{安全在庫数} = \text{安全係数} \times \text{需要数の標準偏差} \times \sqrt{(\text{納入リードタイム} + \text{発注間隔})} \quad (2)$$

安全係数は、欠品を許容できる欠品率＝注文に対して商品を提供できなかった割合に対する数値を指すが、一般的には5%程度とされており、安全係数は1.65が妥当である(表 5.1-7)。

表 5.1-7 欠品許容率(Smart mat Cloud ウェブサイトより抜粋)

欠品許容率 (%)	安全係数
1	2.33
5	1.65
10	1.29
20	0.85
30	0.53

発注間隔や調達時間、需要数の標準偏差、納入リードタイム、発注間隔については、現状では未定の部分や不明なことも多く具体的な試算はできないが、安全在庫や適正在庫への考慮は必要であると考え。

(5)在庫管理

在庫管理は、日本産業規格(JIS)によると、「完成品、仕掛品(製造段階の商品)、部品、原材料など棚卸資産の量を適正に管理する活動。市場の需要動向に即応して品切れまたは余剰在庫の発生を防止し、キャッシュフローと棚卸資産回転率とを同時に向上させて、顧客満足と経営効率とを追求するロジスティクスの中心的活動である。」と定義されている。

在庫管理には「在庫という資産の管理」と「在庫の現品管理」という2つの意味がある(表 5.1-8)。

表 5.1-8 2種類の「在庫管理」についての整理

	実施者	説明
資産管理	荷主	棚卸資産を管理することで、過不足なく最適な場所に配置されるようにすること。
現品管理	物流事業者	在庫品を利用できる状態に保ち、数量も帳簿と差異がない状態で管理されていること。

・在庫という資産の管理について

CLT 敷板のレンタル事業においては、一般的なレンタル事業と同様に、資産管理が重要である。レンタル事業者へのヒアリングによれば、敷鉄板やプラスチック製敷板など CLT 敷板と同様な利用用途資材の場合、数量管理(数のみでの入出庫・在庫管理)はされているが、個体管理(ユニークな個体別の入出庫・在庫管理)はされていない。これは、安価、比較的大きな商材に適用されていることが多く、他に三角コーンなども同様の数量管理手法が用いられている。他方で、重機、電気機器他、多くの商材には RFID タグをつけてのデジタル管理、また

は製品番号を掲示しアナログで管理するなど、レンタル事業者によって異なるが、個体管理されているようである。

レンタル事業者からのヒアリングでは、CLT 敷板の場合は利用年数が 3-4 年と短く、劣化・損傷が多いのであれば数量管理ではなく個体管理も必要という意見があり、これはサービス料をその状態(転用回数が多いほど安い、など)によって変更できるからという理由からである。さらに、製造年数も把握できるため、一定期間経ったものは処分することが正確に可能となる。他方で、重機などは新品であろうが、かなり古い個体であろうが、サービス料は同一で運営されているレンタル事業者が多く、個体によってサービス料を変えないということも考えられる。

・在庫の現品管理について

現品管理は、質的管理であって、顧客が必要な時にタイミングよく届けることができる状態にあるか、ということである。上記と同様に敷鉄板では、修繕や清掃などの管理が行われている。営業所に修理するためだけに1名を配置することや、敷鉄板の現品管理だけを受託する事業者が存在していることから、レンタル事業を行う営業所から修繕・清掃の受託を行なっていることもある。

また、プラスチック製敷板の場合、修繕が難しいことも多く、レンタル後の全損金額を顧客に事前に告知して(ヒアリングした事業者の場合は売価の 7 割程度)、破損した場合は全損扱いとして顧客から請求しているとのことである。

CLT 敷板の場合、清掃は毎回必要だと考えられる。修繕については、損耗条件を定義するのは難しいが、敷鉄板の場合を参考に整理した(表 5.1-9)。

表 5.1-9 敷鉄板を想定した現品管理(故障の場合)

状況	状態
1) 全損	・ 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 ・ 本体が切断されたもの、割れの発生したもの ・ コンクリート、コールドール及び樹脂系塗料等の密着による除去困難なもの
2) 一部欠損	・ 本体の曲がり、反りがある程度までのもの ・ 表面に補修できる程度の凹みができたもの ・ 端部が補修できる程度に欠けたもの ・ コンクリート、コールドール及び樹脂系塗料等の付着の著しいもの
3) 欠損ではない傷	・ キャタなどの利用によってついた表面の傷など ・ 一般的な使用における汚れ、多少の傷

・まとめ

経営効率の観点からは、できるだけ在庫を減らし、在庫コストをかけないことが重要となる。在庫コストは、在庫保管の物流コスト以外に、在庫の長期保有における売価(サービス料)の下落、品質劣化、廃却損、調達資金に対する金利負担など、さまざまなコストが考えられる。顧客満足と在庫コストはトレードオフであり、在庫を絞りすぎて顧客満足度が下がらないよう、バランスを見つけていきながら、最適に維持することが重要である。

(6) 高度な予測分析

物流業界は、ロジスティクス 4.0 といわれるような、これまで属人的だった判断・操作を IoT や AI による次世代テクノロジーに置き換わったり、装置産業化が進んだりしているように、大きく変化を遂げている。

このうち、高精度の予測分析は、大量のデータを解析することにより、特定のパターンや相関関係を見つけ出し、将来に生じる可能性やリスクに対処する手法である。予測分析の用途としては、マーケティングの予測、リソースの予測、物量の予測などがある(表 5.1-10)。

AI の技術力を高めながら、人間の判断力を活かし、その両立によって上記の予測分析を行なっていく必要がある。

表 5.1-10 予測分析項目と CLT 敷板市場における活用について

予測分析項目	CLT 敷板市場における活用
マーケティングの予測	市場動向（公共工事の動向や増減、民間工事の動向など）の予測による、商品・サービス開発。地域ごと（営業所ごと）の CLT 敷板在庫配置や品揃え。
リソースの予測	需要予測による CLT 敷板在庫の適正化により、機会損失の防止を行う。発注とリードタイムを含むタイムリーな調達（対メーカー）。輸送・配送の計画的な調達（対運送会社）。
物量の予測	日次、週次、月次単位の物量、作業量の予測による適切な作業員の人員配置、運用効率化。

(7)まとめ

今後、CLT 敷板が普及するにあたりユーザーにとっての最適な状態を最も重要な KGI としたうえで、物流に関わる項目を網羅的に把握し、基本的な情報整理と提案を行った。これまでの実証実験段階から実用化段階に向けては、上述してきた長い商流・物流(契約→発注→製造→運送→保管→提供→支払い)が発生する。すでに北海道、愛知、岡山、広島などの民間企業が事業開始に向けて動き始めており、まずは資金を投下して CLT 敷板を保有し、使用する活動が 2024 年には始まっている。

普及に備えて、各社は発注方法や予測方法、在庫の保管・管理方法、営業方法など、様々な検討が必要になる。また、各社がどのように連携するかは普及のカギであり、フランチャイズや代理店方式など、ビジネスモデルの在り方も模索する段階も始まっていくであろう。

レンタル商材としては、比較的大きな仮設資材であり、参入障壁が低い特徴をもつ CLT 敷板を取り扱う事業者においては、物流ノウハウを含めた情報共有や連携をどのように行うことができるのか、今後の課題である。

5.2 CLT プラットフォーム床板の実用化検討

5.2.1 プラットフォーム床板としての性能確認のための実証実験

(1) 設置工事

CLT プラットフォーム床板としての性能を確認することを目的として、実際の駅に設置する実証実験を行った。

今回用いた CLT 板の形状を図 5.2-1 に示す。板の重量は 49 kg で、人力による施工が可能な形状とした。表面には高性能ポリマーセメント系防水材料を全面に塗装し、その上に点字タイルを現場で接着剤を用いて貼り付けた。CLT 板の固定方法は、事前にラグスクリューボルトを CLT 板に埋め込み、受桁となる H 鋼に Z 型プレートをかけて、ボルトで固定した。

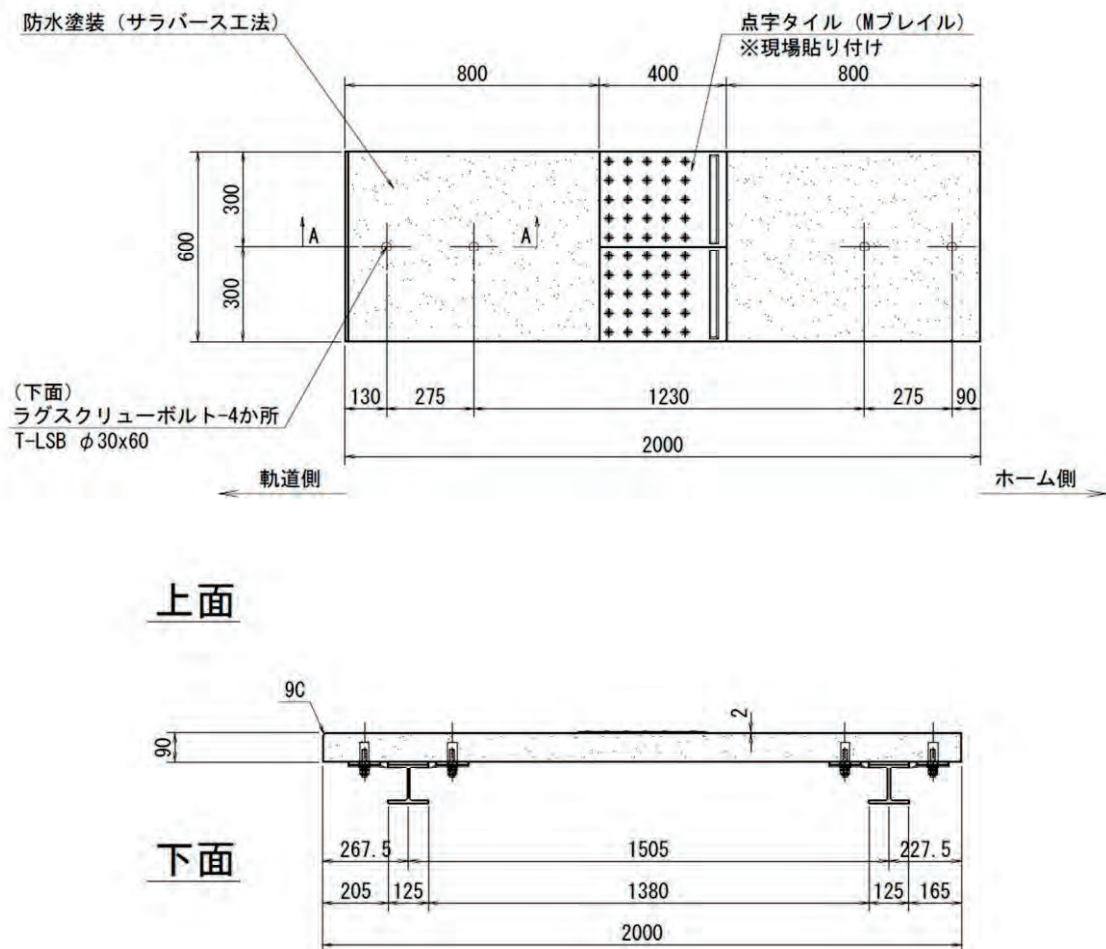


図 5.2-1 実証実験を行った CLT プラットフォームの形状図

使用材料及び施工工程を図 5.2-2 に示す。

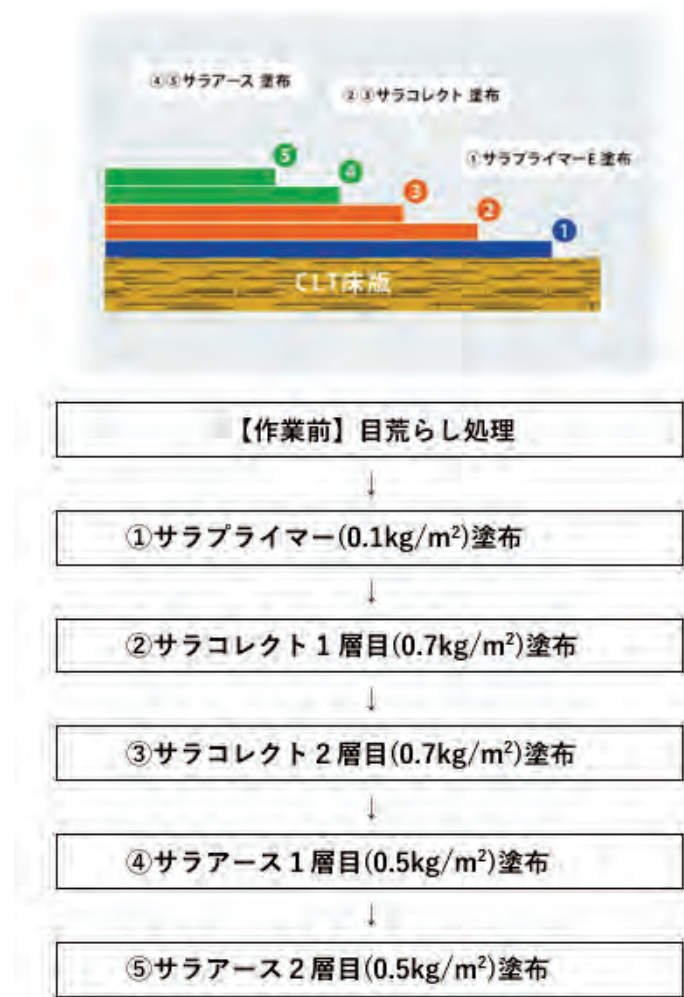


図 5.2-2 塗装の施工工程

塗装作業の施工状況を写真 5.2-1～5.2-3 に示す。

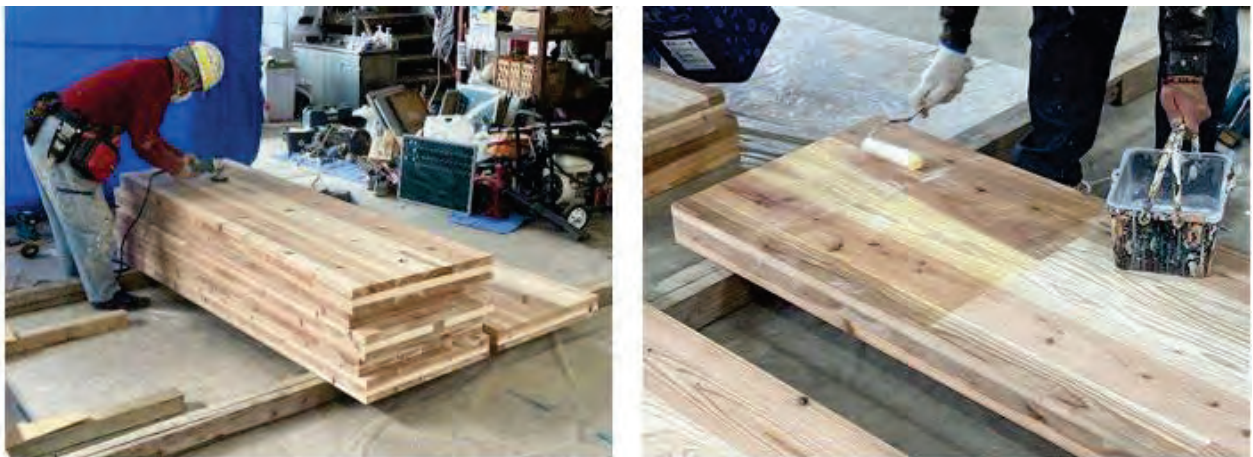


写真 5.2-1 塗装作業(左:目荒らし、右:プライマー)



写真 5.2-2 塗装作業(左:防水工1層目、右:防水工2層目)

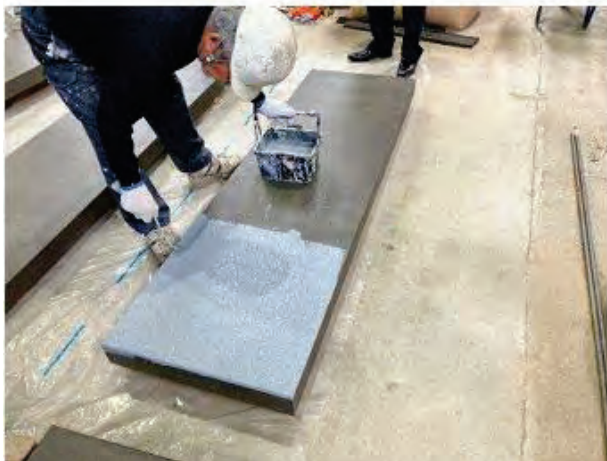


写真 5.2-3 塗装作業(左:保護工1層目、右:保護工2層目完了)

CLT 床板の設置工程を写真 5.2-4～写真 5.2-6 に示す。



写真 5.2-4 既設床板の撤去



写真 5.2-5 CLT 床板の設置



写真 5.2-6 CLT 床板の設置（左:ボルト固定状況、右:設置完了）

(2) 設置後の状況

1) 塗膜のひび割れ発生

実証施工で CLT プラットフォーム床板を設置した後、約 3 か月経過した段階で、表面の塗膜のひび割れが発生した（写真 5.2-7）。また、床板を歩行した際に、塗膜が粘着する感覚があるとの報告も寄せられた。

塗膜のひび割れの原因は、下地において通常の塗膜では追従しきれないほどの「幅はぎ収縮」が起きたためと考えられる。一方、粘着感については、夏季の気温上昇によって樹脂が軟化したためであり、塗膜の不具合ではなく時間の経過とともに軽減する見込みであるが、ひび割れ補修と併せて粘着感対策を行った。

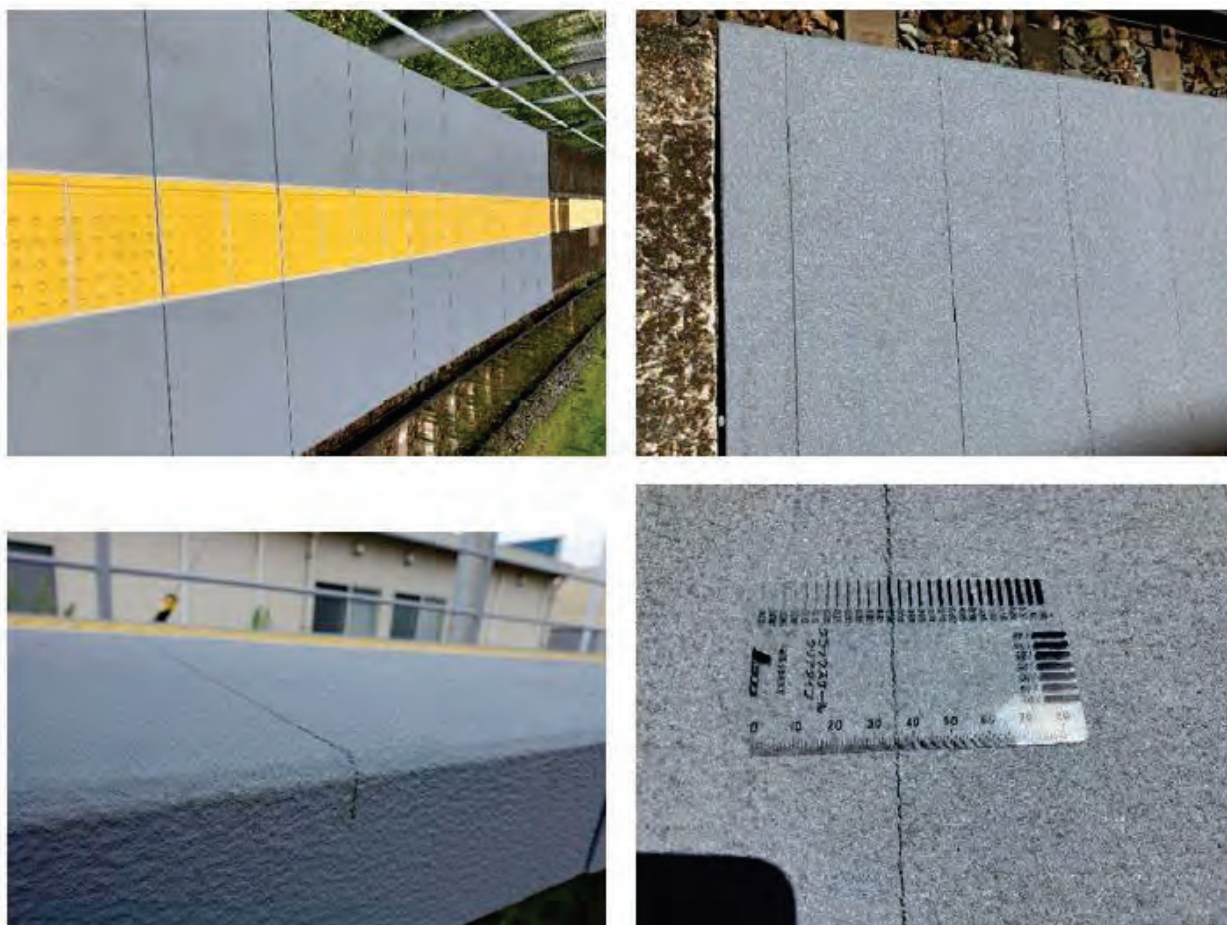


写真 5.2-7 塗膜のひびわれ発生状況

2)補修工事

幅はぎ収縮への対策として、IS クロスを貼り付ける方法を採用した。新たに伸張性の高いメッシュを防水層に挟み込むことで、ひび割れの追従性を向上させた。また、粘着感への対策として、保護層の上にさらにもう1層の保護材を塗布することとした。ただし、既存のサラアース施工面については、時間の経過とともに粘着感が軽減していく見込みであることから、比較検証のために柵側のみの塗布とした。

- 施工日時 :令和 6(2024)年 10 月 16 日(水), 17 日(木) 22:00～5:00
- 使用材料 :表 5.2-1
- 施工区分 :図 5.2-3

表 5.2-1 使用材料一覧

使用材料
サブライマーE
サラコレクト
I S クロス
サラアース
タケシール SS トップ

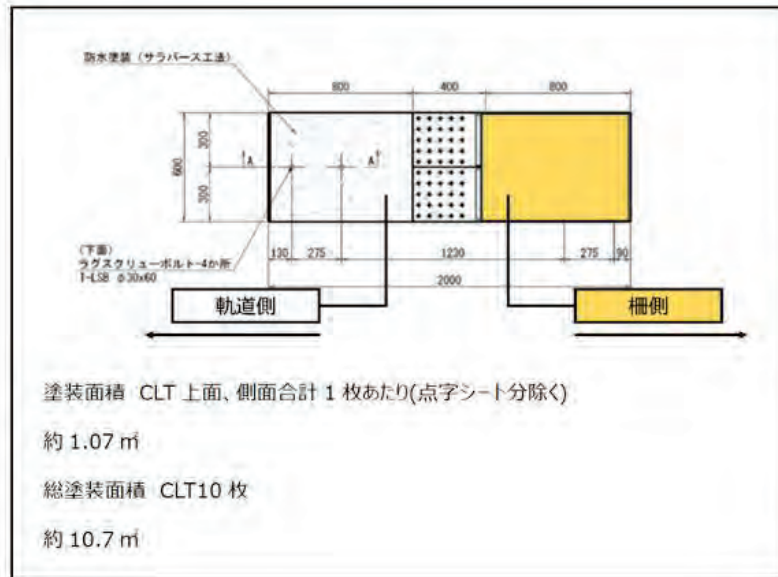


図 5.2-3 暴露試験（ピロディンによる劣化度測定）の測定場所

施工工程を図 5.2-4 に示す。

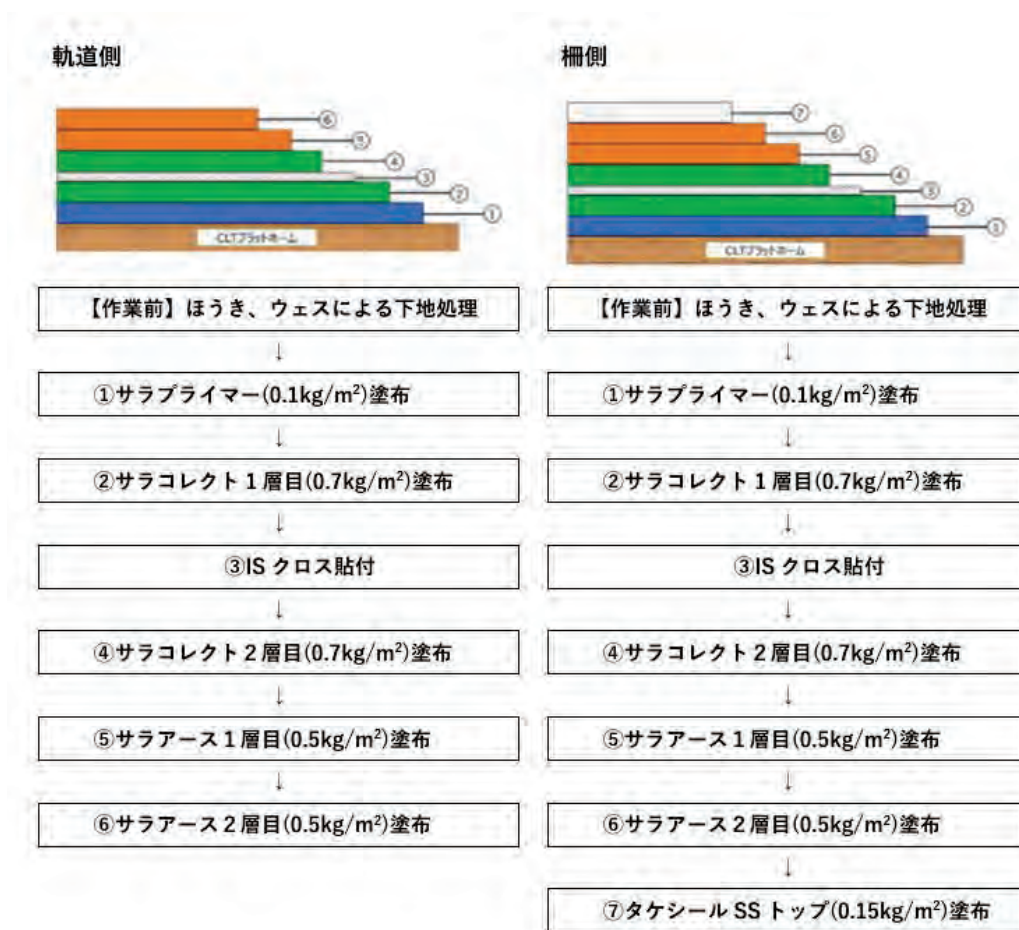


図 5.2-4 塗膜補修の施工工程

作業状況を写真 5.2-8～5.2-14 に示す。

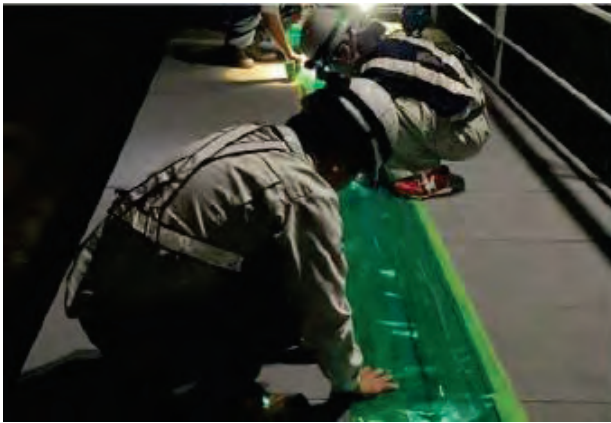


写真 5.2-8 養生・結露乾燥



写真 5.2-9 サラプライマー塗布



写真 5.2-10 IS クロス貼付



写真 5.2-11 サラコレクト塗布

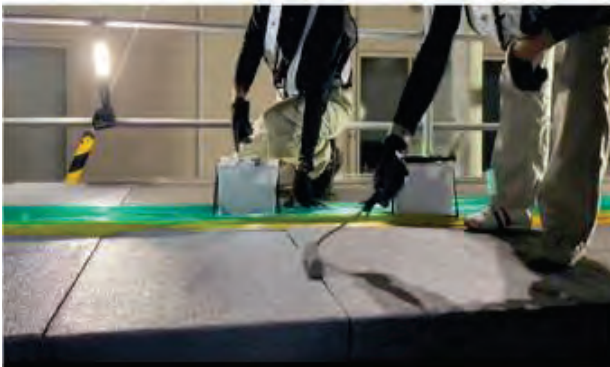


写真 5.2-12 サラアース塗布

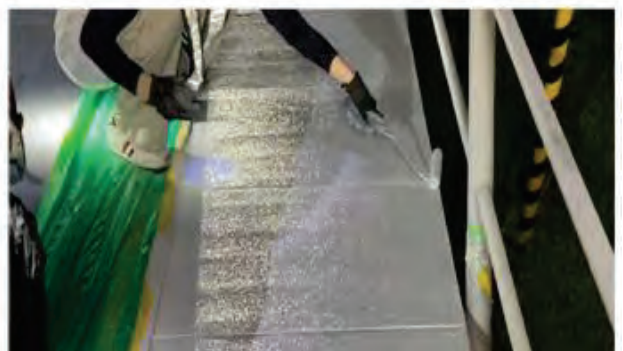


写真 5.2-13 タケシール SSトップ塗布

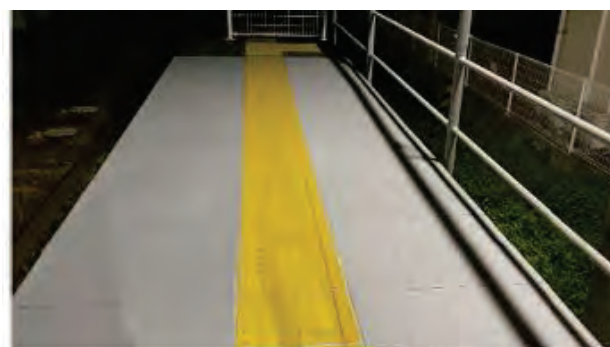


写真 5.2-14 施工完了

5.2.2 プラットフォーム床板の暴露試験

(1) 暴露試験の概要

5.2.1 の実証実験で検討した塗装ひび割れに対する補修対策の性能を評価し、さらに CLT の樹種や表面加工による収縮量の違いを確認するため、暴露試験を開始した。(試験結果は令和 7 年度以降に確認・報告予定)

日時及び場所

塗装日(予定):2025 年 1 月 16 日(木), 17 日(金)

設置日(予定):2025 年 1 月 23 日(木)

場所:バルテクス株式会社 試験分析センター(福井県鯖江市二丁掛町 7-6)

表 5.2-2 に示すとおり, CLT の材質及び表面加工の異なる試験体(①樹種(スギ・ヒノキ), ②下面塗装の有無, ③IS クロスの有無, ④上面合板貼付の有無)を屋外に設置し, 暴露環境下での経年的な変状や収縮状況を確認する。

表 5.2-2 実施ケース

ケース	樹種	塗装	IS クロス	下面塗装	合板	備考
1	ヒノキ	×	×	×	×	無塗装による比較用。 樹種の違いによる収縮量等 を確認する。
2	スギ	×	×	×	×	
3	スギ	○	×	○	×	塗装割れが発生した工法。 下面塗装の有無による差を 確認する。
4	スギ	○	×	×	×	
5	スギ	○	○	○	×	上記塗装の防水層にシート を補強する案。塗装の追従性 改善効果を確認する。
6	スギ	○	○	×	×	
7	スギ	○	×	○	○	シート補強の代案。合板を上 面に釘で取付ける案。上面の 収縮割れ抑制を確認する。
8	スギ	○	×	×	○	

ISクロスの有無による塗膜構成を図 5.2-5 に示す。また、下面塗装の有無による施工範囲を図 5.2-6 に示す。

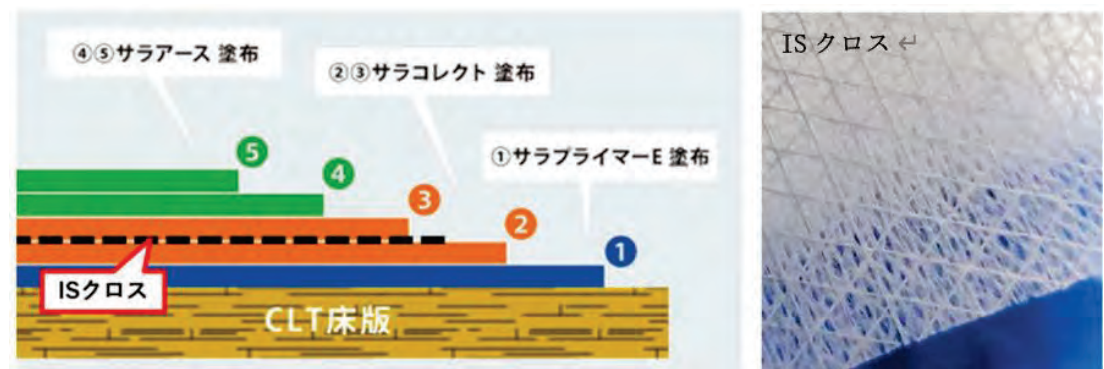


図 5.2-5 IS クロスの有無による塗膜構成

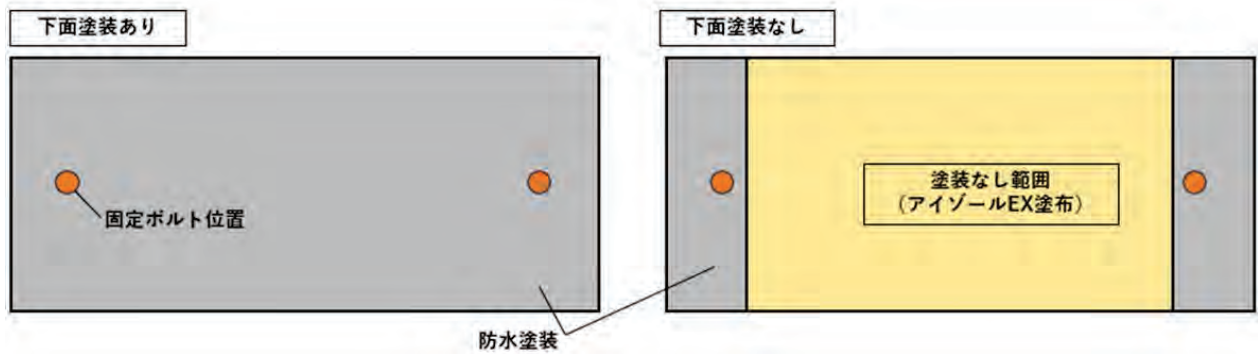


図 5.2-6 下面塗装の有無による施工範囲

試験体の概要を 図 5.2-7、5.2-8 に示す。

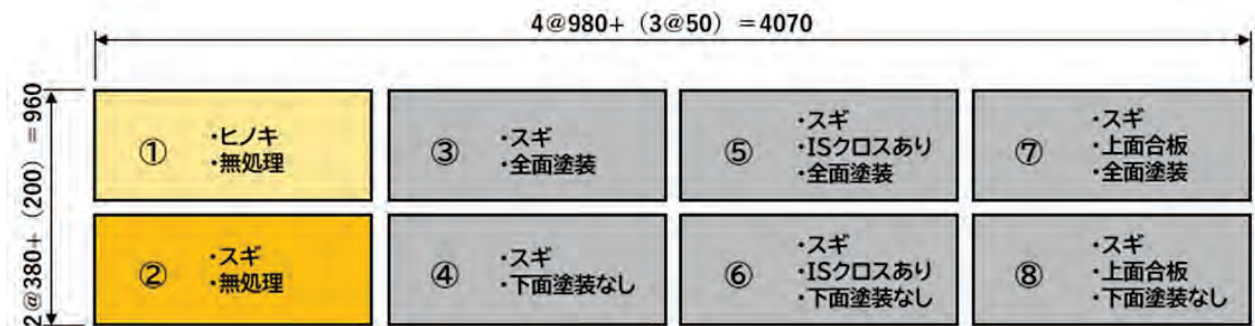


図 5.2-7 試験体概要(平面図)

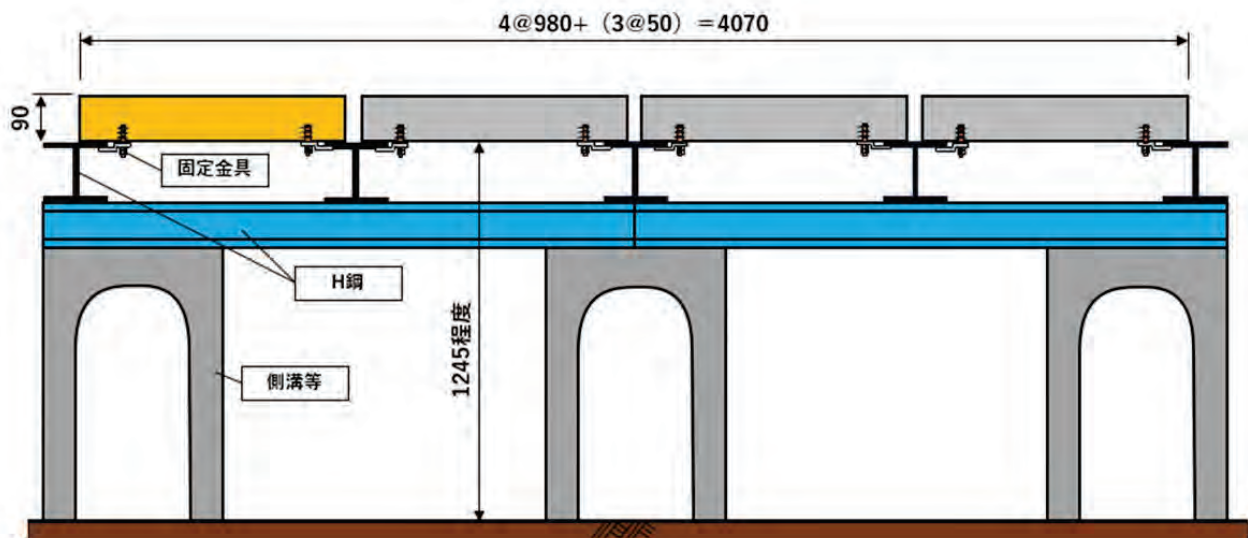


図 5.2-8 試験体概要(断面図)

計測項目及び計測内容は 表 5.2-3 のとおりとする。また、計測方法のイメージを図 5.2-9 に示す。

表 5.2-3 計測項目及び計測内容

表面性状	・目視により、経年による変状について確認する。 ・計測は月 1 回，写真で記録する。
塗装割れ幅	・クラックスケール又は直尺により各試験体の最大割れ幅を計測する。 ・計測は月 1 回行う。
収縮量	・スパン中央付近の幅はぎ間の変位量をコンタクトゲージで試験体ごとに 1 点計測する（図 1.3.3-5 参照）。 ・計測は月 1 回，朝昼の 2 回行う。
収縮量 （参考値）	・幅はぎの収縮をパイゲージにより計測する（図 1.3.3-5 参照）。 ・試験体は，塗装による試験体（ケース 3～6）を対象として，シートの有無による差を確認する。 ・パイゲージは，試験体中央付近の幅はぎ間を跨いで計測する。 ・計測は 1 日 4 回行う。 ※完全防水仕様でないため，故障するまでの参考値として計測する。
温度・湿度	・温度、湿度は「おんどとり」で計測する。 ・①試験体上面位置付近，②試験体下面の 2 点について計測する。 ・計測は月 1 回行う。（データは随時取得する）
温度 （参考値）	・試験体表面の温度上昇下降について，熱電対で 1 点計測する。 ・計測は 1 日 4 回行う。

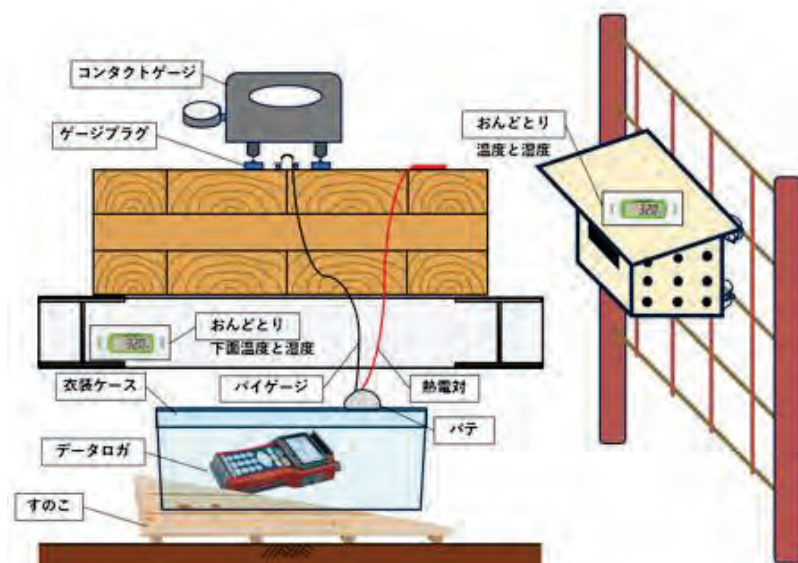


図 5.2-9 計測イメージ

5.2.3 塗装における限度見本の作成

CLT プラットフォームでは、耐久性や防滑性の維持を目的として塗装を施すことを基本としている。しかし、長期使用に伴う塗装の摩耗や損傷などの問題が発生する可能性があることから、それらを適切に管理し、補修や交換時期を明確にする取り組みが重要となる。

そのため、管理者が補修や交換の時期を判断しやすいように、塗装の変状を再現した限度見本を表 5.2-4 とおり作成した。

表 5.2-4 限度見本(例)

損傷	限度表示	変状状況	対応
摩耗		摩耗により塗装表面が擦り減った状態。防水層は健全な状態であるが、保護層の表面がザラザラした状態からツルツルした滑面になっている。	【補修】
		摩耗により塗装が擦り減った状態。防水層まで削り取られており、木材の表面が見えている。	【交換】
ひっかき傷		塗装が切り裂かれ、削られたような状態。防水層まで削り取られている可能性が高い。	【交換】
突き傷		先端の尖ったもので突かれたような穴が開いている状態。防水層まで削り取られている可能性が高い。	【交換】

※基本的には、防水層（黒色部分）が健全であれば補修対応が可能。

5.3 縦使いの柵(防雪柵)の実用化検討

5.3.1 コスト削減ならびに地域還元を視野に入れた地元産 CLT パネルの検討

これまでの CLT を用いた防雪柵の設置の実証を踏まえ、本年度は実用化のためのコスト低減、あるいは設置地域への還元等を視野に入れ、地元で製造・加工した CLT パネルを用いることを試みた。

施工場所を北海道内として、北海道のカラマツを使用し、道内の林業界活性化を目的に、道内にて厚み 60 mmCLT の製作・加工し、輸送コストの削減をはかることを目指した。

CLT の製造は、北海道に唯一存在するCLT製作工場「協同組合オホーツクウッドピア(北見市留辺蘂町旭東 11 番地)を想定し、2024 年 7 月 22 日に工場の視察を行った。(写真 5.3-1)視察時には、道産のカラマツを使用、かつ道内で厚み 60 mm の CLT を製作することを想定し、その際の往復輸送コスト及び製品コスト削減についてオホーツクウッドピアと共に検討を行った。



写真 5.3-1 工場視察の状況

オホーツクウッドピアでは厚み 60 mm の CLT 製作は不可能ではないが、量産化に時間を要することが確認できた。現行の製造ラインは厚み 90 mm 製造用であるため、厚み 60 mm を製造するためには大幅な機械の改良が必要であるため、確実な数量の発注が見込めるならば検討する余地はあることがわかった。

一方、現行の製造では困難であるが、手作業で厚み 60 mm を製作する事は可能とわかり、本年度は手作業での製造を試みることとなった。

ただし、手作業の場合、長さが 3,600 mm までが限界であるため、長さ 3,600 mm にあわせて図面(図 5.3-1)とイメージ図(図 5.3-2)を製作した。

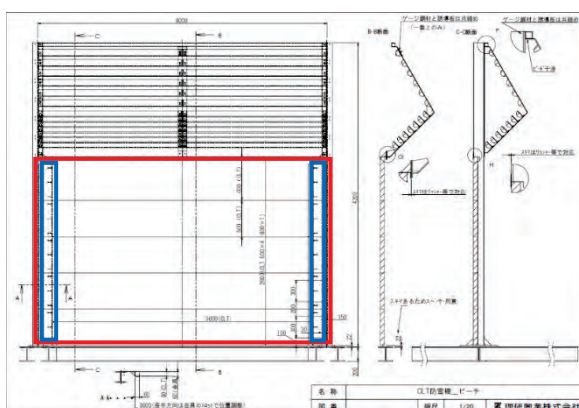


図 5.3-1 図面 (60 mm ラミナ)

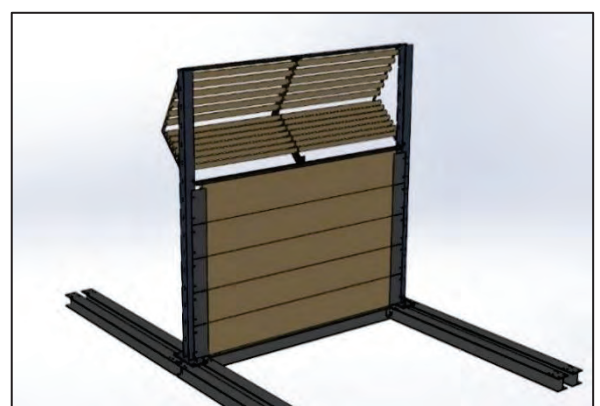


図 5.3-2 イメージ図

検討した図面をもとに令和 6 年(2024 年)9 月 24 日、CLT を設置した。(写真 5.3-2)

主柱からの鋼材のはみ出し部が両側で 200 mm あり、正面から見ると鋼材のはみ出しが目立ち、見た目がスマートではない。鋼材が増えると逆にコストがかかり、かつ鋼材の取り付け方法によって CLT への加工が増えてしまい CLT 価格も増大することが明らかとなった。



写真 5.3-2 CLT 防雪柵 設置状況

5.3.2 コスト削減のための無処理 CLT パネルの検討

現行の製品化に向けて、従来は不朽菌の低減、含水率の低減、雪の付着による防雪効果の低減を防止する為ポリウレタン系の透明樹脂を被覆して経年劣化や防雪効果の検討を実施してきた。(写真 5.3-3)

無処理と被覆した CLT の違いは、色の変色があるものの割れや不朽菌による腐れ等は見られなかった。道路管理者へのヒアリングを行った結果、「グレーの方が支柱や道路舗装の色とあっているのではないか」等の意見も多く、無処理にすることで大幅なコスト削減に繋がることから、スタンダード製品については無処理を採用し、オプションでポリウレタン系樹脂の被覆をした製品化が現実的であると考えられる。

無処理にすることで万一の不朽菌の発生、含水率、割れによる腐食による損傷があっても強度を担保する目的で厚み 90 mmCLT を採用する方針を定めた。



写真 5.3-3 塗装の有無による経年劣化の検証

5.3.3 リサイクル先の明確化

(1)野生動物忌避マットの製作

CLT 防雪柵について、リサイクル利用の可能性を検討した。防雪柵として利用した後に野生動物の忌避剤を塗布し、エゾシカ忌避マットとしてリサイクル利用する可能性について検証を試み、施工済みの CLT を取り外し、忌避剤に塗布することが可能であるかどうか、塗布の試験を実施した。

令和6年(2024年)8月27日、理研興業株式会社 フィールド試験場(小樽市銭函3丁目51-1)に設置した既設 CLT 防雪柵の1スパン分を撤去し、マット状に加工した。(写真 5.3-4、5.3-5)

なお、表面処理を行っている CLT パネルは、表面の塗料を除去した。(写真 5.3-6)



写真 5.3-4 1 スパン CLT 防雪板を撤去



写真 5.3-5 防雪板をマット状に加工



写真 5.3-6 表面の塗料をサンドペーパーで除去

(2)マットへ塗布する忌避剤の配合(レシピ)についての検討

忌避剤であるウルフピーに含まれる臭いの成分ピラジンはオイル系の成分で、カプサイシンやガーリックオイルも同様にオイル系の成分である。同じオイル系成分であることから、同分量で作成できると推測されるため、忌避剤の試作では代替として、カプサイシン・ガーリックを原料として代用した。試作に使用した材料を 写真 5.3-7 に示す。



写真 5. 3-7 検証した薬剤

(左からカプサイシン、ガーリック、オートンウルトラコート、オートンウルトラコート希釈剤、チャー)

令和 6 年(2024 年)6 月 17 日、2 液混合型スプレーガンを使用し、カートリッジに原料、塗料、チャーを混ぜた状態で入れ、スプレーガンで吹き付けを行った。(写真 5.3-8)



写真 5. 3-8 2 液混合型スプレーガンとカートリッジ

希釈剤配合後、塗布が成功した最適な配合(レシピ)は、④の「原料 30g、塗料 20g、チャー2.5g、希釈剤 35g」であった(表 5.3-1)。吹き付け後の状況を写真 5.3-9 に示す。

表 5. 3-1 忌避剤配合表

レシピ符号	カプサイシン	塗料	チャー	希釈剤	評価	備考
①	30g	20g	2. 5g	10g	×	吹き付け前に硬化した
②	30g	20g	2. 5g	20g	×	吹き付けできたが、途中で硬化した
③	30g	20g	2. 5g	50g	△	吹き付けできたが乾燥が遅い
④	30g	20g	2. 5g	35g	○	吹き付けでき、塗装が乗っている
⑤	30g	20g	2. 5g	30g	△	吹き付けできたが、まばらになった

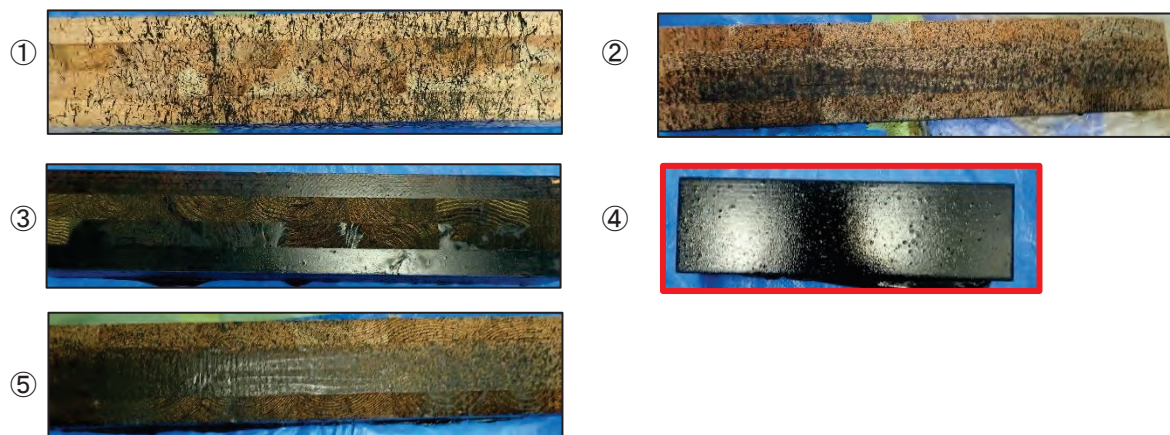


写真 5.3-9 吹き付け後の状況

原料 6g、塗料 4g、チャー 0.5g をベースに、希釈剤を入れる。吹き付け試験で得られた結果から希釈剤の適量は 7g となる。原料 6g と塗料 4g の合計 10g に対して希釈剤 7g は、原料塗料合計の 70% となる。以上のことから、吹き付けレシピの分量は「原料 6:塗料 4:チャー 0.5」をベースに、「希釈剤 6～7」と決定した。

(3)ピラジン吹き付け工程

取り外して加工したCLTマットに、決定した配合(レシピ)をもとにピラジンを原料とした忌避塗料の塗布を令和 6 年(2024 年)10 月 22 日、株式会社宇佐美商会 石狩事業所(石狩市新港西 3 丁目 752-1)で実施した。

宇佐美商会所有の機材で作成したピラジン忌避塗料の塗布テストを実施した(写真 5.3-10)。



写真 5.3-10 塗布テストの実施状況

工程上、忌避剤の塗布は特に問題なく塗布することが可能であった。塗布後の経過では、剥離等の外観上の問題はなかった(写真 5.3-11)。



写真 5.3-11 CLTマットへの塗布と塗布後の様子

野生動物の忌避マットは、西興部鹿牧場に設置し(写真 5.3-12)、今後忌避マットとしての効果を検証する予定である。

検証内容は以下の通りである。

- ① 鹿牧場の餌置き場に忌避マットを設置する。
- ② 無対策と対策(忌避マット設置)の状況で、同時に餌を入れて、鹿の挙動を観察する。

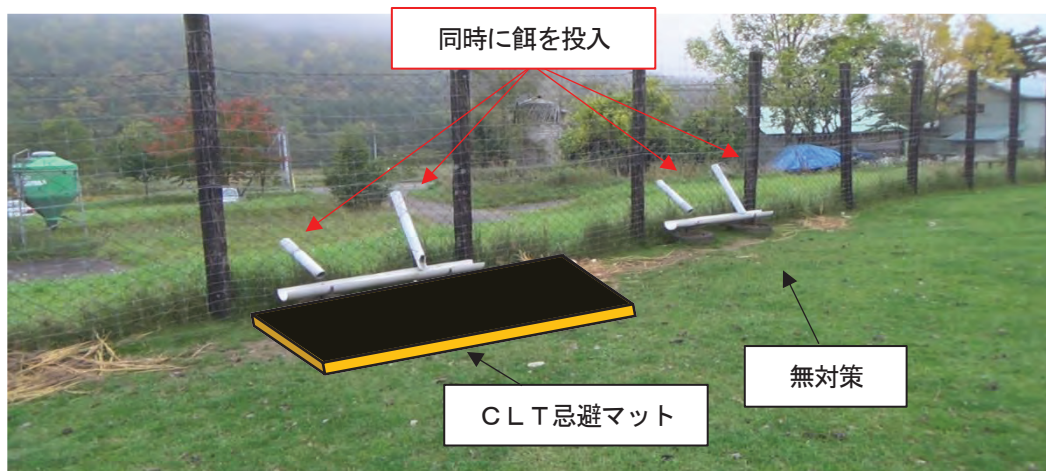


写真 5.3-12 忌避マット効果の検証方法

5.3.4 現地フィールド試験

青森県にて以下の3つの目的のために実証施工を行った(図 5.3-2)。

- ①鋼製防雪柵の溶融亜鉛めっきは被覆する量が少なく、防雪板から腐食していき、融雪剤が大きく影響し劣化していく事例が多い。CLT 防雪柵へ入れ替えた事例での融雪剤の影響について、追跡調査を実施する。
- ②防雪柵は法面設置が多く、風上側に堆積した雪が沈降力により防雪板を破損させる(写真 5.3-13)。
CLT 防雪柵へ入れ替えた際の、沈降力の影響を調査する。
- ③防雪柵は全国で 9,000 km ほど設置されているが、現在は既存の防雪板の取替工事が多く発注されている。
既存の防雪柵の支柱を活用し、CLT パネルへ取替るための実証試験を行い、道路管理者等の意見を収集する。
(既存防雪柵の入替需要を考えると、大幅に量が増えることが見込まれる。)

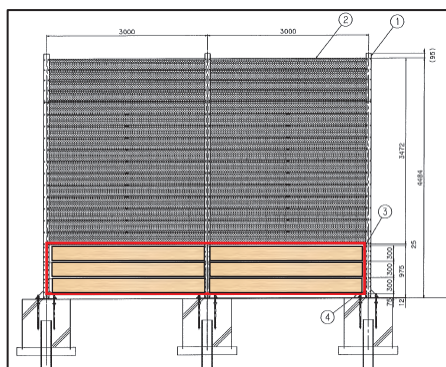


図 5.3-2 防雪柵図面



写真 5.3-13 沈降した防雪板

令和 7 年(2025 年)1 月 21 日、22 日の 2 日間で、青森県内 2 箇所に設置完了した。
今後は融雪剤の影響、沈降力の経過観察、道路管理者等からヒアリング・意見収集を行う。

設置箇所①

青森県道253号 長後川内線 (青森県下北郡佐井村長後地内)(図 5.3-3)(写真 5.3-14、15)
設置延長 3m@15 スパン 45m

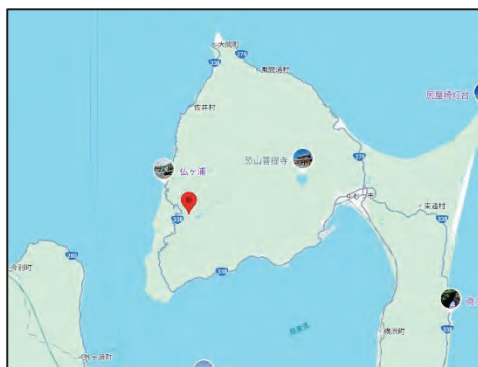


図 5.3-3 設置場所詳細地図



写真 5.3-14 設置場所の状況



写真 5.3-15 設置後の状況

設置箇所②

青森国道338号線 (青森県むつ市川内町宿野部地内)) (図 5.3-4) (写真 5.3-16、17)

設置延長 4m@7 スパン 28m



図 5.3-4 設置場所詳細地図



図 5.3-16 設置場所状況



図 5.3-17 設置後の状況

5.4 地盤補強としての利用

CLT を活用した地盤補強技術の位置づけを明確にするために、軟弱地盤上の道路盛土などの工事への CLT の適用性について調査した。

具体的には、軟弱地盤上の仮設道路に関する関連法規として、関東地方整備局の土木工事共通仕様書、農林水産省農村振興局整備部設計課 土木工事共通仕様書、林野庁 治山工事標準、東日本高速道路 土木工事共通仕様書について調査した。さらに、既存対策工法として、サンドマット工法、シート・ネット(ジオテキスタイル)工法、表層混合処理工法について調査した。

CLT を活用した地盤補強技術の強みとして、木材利用の促進につながり炭素固定効果が期待できる点が挙げられる。そこで、国土交通省、農林水産省、林野庁、東日本高速道路などの共通仕様書を調査したが、都市(まち)の木造化推進法に関する記述や、気候変動対策に関する記述は無かった。なお、CLT は撤去の面で有利なため、仮設工事が導入対象として有望である。

(詳細は付録の報告書を参照)

土木工事現場用 CLT 敷板



CLT

(Cross Laminated Timber)

ひき板（ラミナ）を並べた層を繊維の方向が
直交するように重ねて接着した大判パネル

CLT 敷板の特徴

施工性

軽量（比重は鉄の 1/17）で
あり輸送や敷設がしやすい

静粛性

落下物体の衝撃音が
低く、静か

防滑性

滑り抵抗係数（CSR 値）が
敷鉄板より高いため滑りにく

断熱性

- ・ 猛暑期の敷板上の温度が低い
- ・ 熱伝導率が低いため、雪上利用の際に沈下しにくい

環境性

製造～廃棄までの CO₂ 排出量
が敷鉄板より小さい

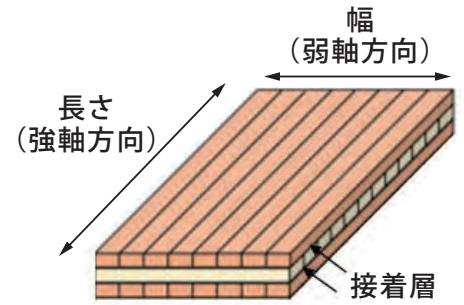


本製品は国土交通省が運用する「新技術情報システム（New Technology Information System）」に
「CLT mat」として登録されています【登録番号：HK-230014-A】

CLT 敷板の仕様と活用法

大きさ（幅、長さ、厚さ）

規格 サイズ	幅 (mm)	長さ (mm)	厚さ (mm)	質量 (kg)
	1,200	3,000	90	約 162
	1,500	3,000	90	約 203
	1,500	6,000	90	約 405
	2,000	3,500	90	約 315



規格サイズのほか、ご要望のサイズがある場合はご相談ください

構成：3層3プライ

敷設治具の例

吊り金物とワイヤーによる敷設

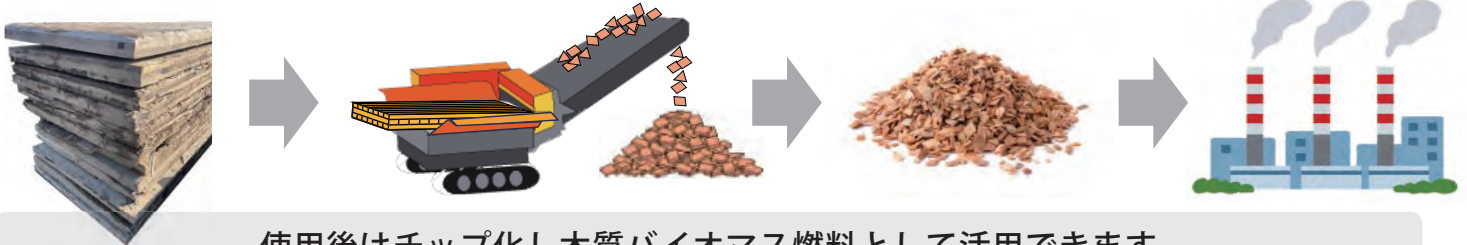


アタッチメントによる敷設



施工現場や作業状況に合わせて、敷設方法を選ぶことができます

リサイクル利用



使用後はチップ化し木質バイオマス燃料として活用できます

土木工事現場での使用例（実証試験）

路盤保護



林道工事現場

地面保護



土木工事現場 車両待機場

軟弱地盤 植生保護



河川敷工事現場

CLT 敷板は、木材の持つ炭素貯蔵効果により**カーボンニュートラル**に寄与します。
しかし、敷鉄板の強度や耐朽性には劣るため、CLT 敷板と敷鉄板との併用が有効です。

お問い合わせ

一般社団法人
日本CLT協会

一般社団法人 日本CLT協会 業務推進部 担当：上田

TEL：03-5801-9883 E-mail：doboku-info@clta.jp

〒103-0025 東京都中央区日本橋茅場町 3-9-10 茅場町ブロードスクエア2F

CLT 高性能防雪柵



令和 2, 3, 4, 5 年度林野庁補助事業「CLT 等木質建築部材技術開発・普及事業」および「花粉症対策木材の活用に向けた技術開発事業」による製品開発

CLT は、建築の構造材の他、土木用材、家具にも使用されており、CLT の利用は近年急速に伸びています。既存の鋼製防雪柵を応用し、防雪板に CLT を活用することで、国内木材の有効利用及び環境対策に役立てます。CLT 防雪柵の防風雪効果は、鋼製防雪柵と同等の性能を有しており、道路上の雪の堆積を軽減すると同時に、視程障害を緩和し事故の軽減に寄与する製品です。

**SDGs に基づく
防災レジリエンス商品**
【持続可能な開発目標 (SDGs) ターゲット】



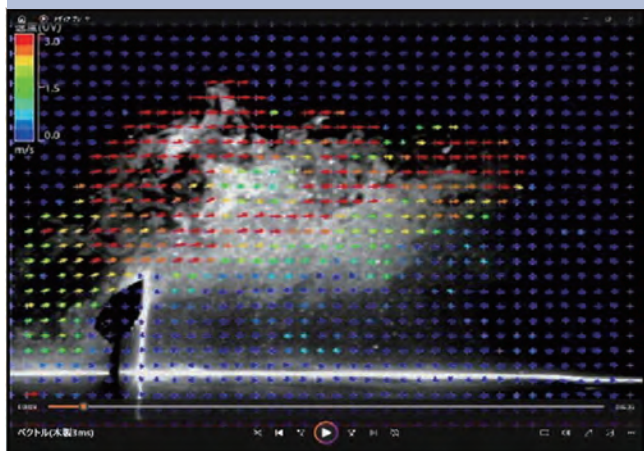
CLT 防雪柵のメリット

国内木材の普及促進	日本国土の約 3 分の 2 は森林で、利用期を迎えた人工林は増加しています。木材を無駄なく活用することで、持続可能な森林の保全に寄与します。
温暖化による ヒートアイランド現象の低減 (SDGs 目標 ⑨)	鉄は熱伝導率が高く、夏期は防雪柵自体の温度が上昇しやすいため、防雪板を鋼材から木材に変えることでヒートアイランド現象の緩和を図ります。
維持管理費用の低減	CLT は強度に優れ、雪塊や雪の重みによる変形も軽減されるため、維持管理費用の低減に繋がります。
二酸化炭素排出量の低減 (SDGs 目標 ⑨)	防雪柵の材料である鋼材の製造では、高炉稼働による二酸化炭素の排出が大きいので、材料を木材に変えることで二酸化炭素排出量低減に貢献します。
廃棄物の低減 (SDGs 目標 ⑨ ⑫ ⑮)	更新時期を迎えた CLT 防雪柵の有効利用として、使用後の CLT を杭に加工し、忌避剤を杭に塗布することで、動物よけの 2 次製品として再利用が可能です。また、使用後の CLT はバイオマス発電の燃料として再活用できます。

CLT 高性能防雪柵の効果について

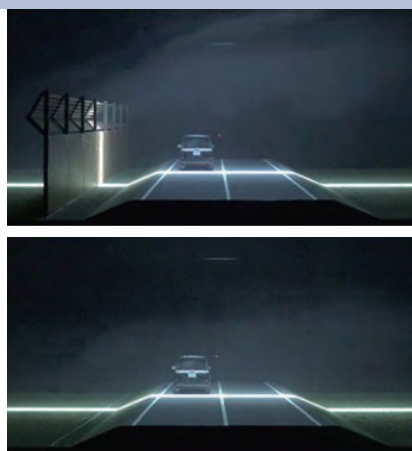
風洞実験装置にて吹雪を再現したなかで、可視化実験・PIV 解析・堆積実験を行い、CLT 高性能防雪柵は既存の鋼製高性能防雪柵と同等の防風雪効果が確認されました。

CLT 高性能防雪柵による視程障害の緩和



PIV (粒子画像流速測定法) による解析

PIV 解析ではハイスピードカメラで高速現象をスローモーションで撮影し、コンピューターにて数値化する事により、防雪柵まわりの風雪の流れを短時間で精密に解析できます。上の画像では、防雪柵上部で風速(赤色は早い風速、青色は遅い風速を表す)が強まることで、遠くに雪を飛ばしている様子がわかります。高性能防雪柵は、柵高の約 7 倍の視程障害緩和の効果が見込め、広い幅員道路でも効果を発揮します。

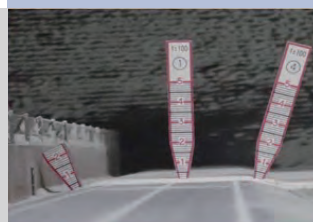


風洞実験(1/30)による可視化

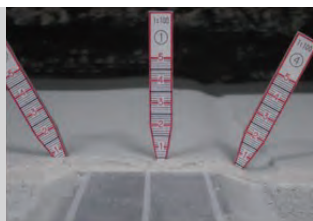
上部は防雪柵が設置されており、吹雪は車の上部へ誘導され、運転者の視界が確保されている(視程障害の緩和)。一方、下部の無対策では、車の周りを吹雪が通過し、視程障害が発生している。

道路上の雪の堆積軽減

防雪柵設置



無対策



風洞実験(1/100)堆積状況

上部の防雪柵が設置された道路中央部の積雪深は 20 cm だが、下部の無対策の積雪深は 40 cm と 2 倍の差があることがわかる。

課題解決と製品化に向けての取り組み

CLT の表面処理試験



- 着雪の軽減
- 含水の軽減
- 腐朽菌の防止

を目的としたCLTの表面処理として、表面処理剤を塗布した試験を行っています。

着雪状況観察



風上側



風下側

【表面処理剤】

・ポリウレタ・ポリウレタン系樹脂・シリコン系樹脂

着雪による CLT への影響を考慮した着雪量の観察を行っています。

お問い合わせ

一般社団法人
日本CLT協会

一般社団法人 日本CLT協会 業務推進部 担当：上田

TEL : 03-5801-9883 E-mail : doboku-info@clta.jp

〒103-0025 東京都中央区日本橋茅場町 3-9-10 茅場町ブロードスクエア 2F

CLTプラットホーム用スラブ



CLT

(Cross Laminated Timber)

ひき板（ラミナ）を並べた層を繊維の方向が
直交するように重ねて接着した大判パネル

CLT床板の特徴

軽い	鉄筋コンクリートに比べて重量は 5 分の 1 以下（CLT: 0.5t/m ³ 鉄筋コンクリート: 2.4t/m ³ ）のため、部材の軽量化が可能で、形状の加工も容易です。そのため、機材による施工が困難な場所での施工が容易になります。
施工がはやい	パネルを工場であらかじめ加工して現場に搬入します。 乾式工法なので養生期間が不要です。
環境に配慮した サステナブルな工法	コンクリートや鉄に比べて木材は製造する時の温室効果ガス排出量が抑えられ、その利用により、炭素貯蔵効果でカーボンニュートラルの実現に貢献できます。また、木材だけでなく、コンクリート、鉄を組み合わせることで、技術的な開発目標の達成に取り組むことができます。



CLT プラットホームの性能

部材強度 及び たわみ

スラブのスパン 3000mm であれば、厚さ 150mm の CLT で部材強度やたわみ量の基準を満足します。
CLT とすることで、大幅な部材の軽量化ができ、人力での施工が可能です。

	スパン (mm)	幅 (mm)	厚さ (mm)	質量 (kg/枚)
例) CLT	3,000	1,000	150	225
RC 板	3,000	1,000	150	1,125
PC 板(穴あき)	3,000	1,000	100	520

加工性

現場での切断加工が可能で、リユース時の寸法調整が容易です。
また、穴あけ加工も場所を問わず対応可能です。

安全性

滑り止め塗料等を塗布することにより、利用者の安全性、躯体木材の耐久性が増します。

耐久性

湿気や日射に長くさらされると表面の変色が起こりますが、性能上は問題ありません。
耐用年数の目安は以下のとおりです。

処理方法	処理なし	防腐・防蟻処理加工	被覆処理
耐用年数	5 年	10 年以上	15 年以上

※集成材等、接着剤を使用した木材の耐久性データより推定（但し、使用環境やメンテナンスの頻度に大きく影響を受けます）

参考文献：奥村（1998）「木材は野外で何年くらい使用できるか - 防腐処理の効果は？ -」林産試だより 1998.10 <https://www.hro.or.jp/upload/10180/29821002001.pdf>
：新藤ほか（2010）「築後 25 ～ 51 年経過した建物における集成材柱の耐久性調査」, 木材保存 34（6）https://www.jstage.jst.go.jp/article/jwpa/36/6/36_6_254/_pdf/-char/ja 他

防耐火

木材は毎分約 1 mm の速度でゆっくり燃え進みます。
厚さ 150mm の CLT であれば、1 時間燃えても、
燃え抜けはありません。
木材であるため、燃焼中に有毒ガスは発生しません。



※築年数およそ 1300 年以上の木造建造物
(RailStation.net より引用)

実証実験塗装



下地処理



プライマー工



防水工 (2 層)



IS シート貼付



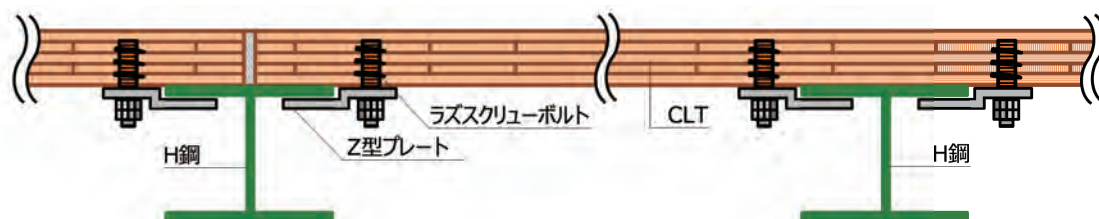
防水保護層 (2 層)



塗装完成

取付方法（例）

下部支保材とのボルト留
めが可能です。



お問い合わせ

一般社団法人
日本CLT協会

一般社団法人 日本CLT協会 業務推進部 担当：上田

TEL：03-5801-9883 E-mail：doboku-info@clta.jp

〒103-0025 東京都中央区日本橋茅場町 3-9-10 茅場町ブロードスクエア 2F

6 土木分野における CLT の普及に向けた社会実証

6.1 CLT の土木利用における経済波及効果の分析(防雪柵モデル)

6.1.1 分析の対象

CLT の土木利用は、その多くが公共事業によるものである。そのため、投入された資金に対して、地域や林業・木材加工業等の関連産業にどの程度還元されているのか、すなわち経済波及効果を定量化することが重要である。経済評価においては、製造コストや事業の収支を評価するだけでなく、地域経済に与える影響を定量化することが重要である。そこで CLT 防雪柵の製造を対象として、産業連関分析を用いて北海道への経済波及効果を推計し、既存の防雪柵である鋼製防雪柵、製材製防雪柵の値と比較した。北海道では雪による交通障害が社会的な課題となっており、冬季の交通インフラの維持が重要視されている。そのため防雪柵の需要が大きいと考えられる北海道を評価の対象地を選定した。

鋼製防雪柵は支柱・防雪板ともに鋼材製で、製材製防雪柵および CLT 製防雪柵は支柱が鋼材製、防雪板が木製という構造である(図 6.1-1、図 6.1-2)。具体的には、製材製防雪柵は全面に半割丸太が用いられ、CLT 製防雪柵は斜面部分(越流誘導部、忍び返し部)に集成材、鉛直部分に CLT が用いられている。製材製防雪柵、CLT 製防雪柵に用いられている素材は両者とも道産のカラマツである。本研究では長さ 4 m の防雪柵を 15 個並べた 60 m の防雪柵を基本単位とした。



図 6.1-1 左:CLT 防雪柵、右:鋼製防雪柵



図 6.1-2 製材製防雪柵

6.1.2 分析の方法

産業連関分析による経済波及効果の推計を行った。産業連関表の概念を図 6.1-3 に示す。産業連関表とは、物の流れを通じる産業間の相互依存関係を把握するために、特定の期間における産業間の経済取引額を一覧表にしたものである。産業連関表を縦に読むと、各産業における原材料等の費用構成(投入構成)を、横に読むと各産業において生産された財・サービスの販路構成(産出構成)を読み取ることができる。産業連関表から投入係数表を算出し、逆行列係数表を求めることで、最終需要に対する各産業部門の国内生産額を算出することが可能となる。最終需要によって生じる、地域内の生産額の増加分である直接効果、直接効果による各産業の誘発額である間接効果、そして直接効果および間接効果において発生した雇用者所得によって、新たに消費された誘発額である 2 次波及効果を算出し、それらを合計して総合効果とした(図 6.1-4)。

「平成 27 年北海道産業連関表(105 部門)」を用いて、北海道に対する経済波及効果を推計した。その際、鋼製防雪柵部門、製材製防雪柵部門、CLT 製防雪柵部門をそれぞれ拡張した 3 つの拡張産業連関表を作成した。部門を拡張する際に必要となる詳細な収支データを入手するために、製造メーカーにヒアリング調査を行った。収支データには防雪柵製造に関連する事務業務、製造業務、施工業務が含まれており、産業連関表上で該当する産業部門に分類した。そして、分類した収支データを既存の公共事業部門から抽出し、防雪柵部門を拡張することで拡張産業連関表を作成した。この拡張産業連関表を用いて、投入係数、県内自給率、移輸入係数、逆行列係数、雇用係数等を算出し、北海道内への地域経済波及効果を推計した。

製材は道内の製材所で加工しており、CLTは道産カラマツを一度岡山県に輸送し、岡山県内のCLT加工工場で加工し、再び北海道まで輸送している。そのため、現状の自給率について林業部門は100%、製材部門は100%、合板・集成材部門は0%と設定した。また、将来シナリオとして、道内でのCLT加工を想定し、合板・集成材部門の自給率を100%とするCLT道内加工シナリオを作成した(表6.1-1)。

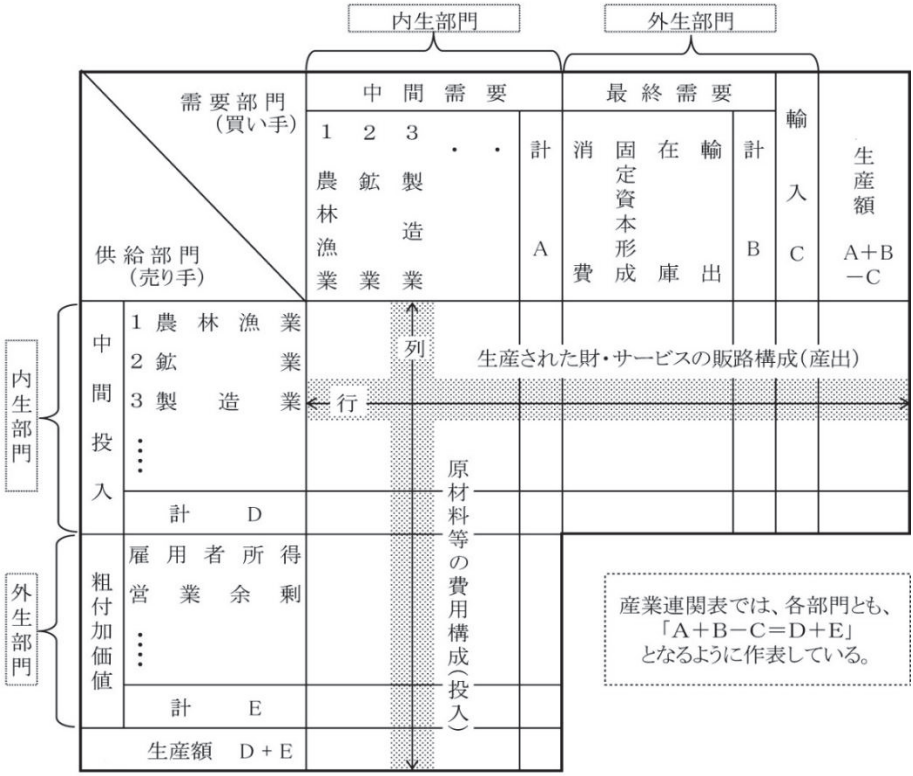


図 6.1-3 産業連関表の概念(出典:総務省 HP)

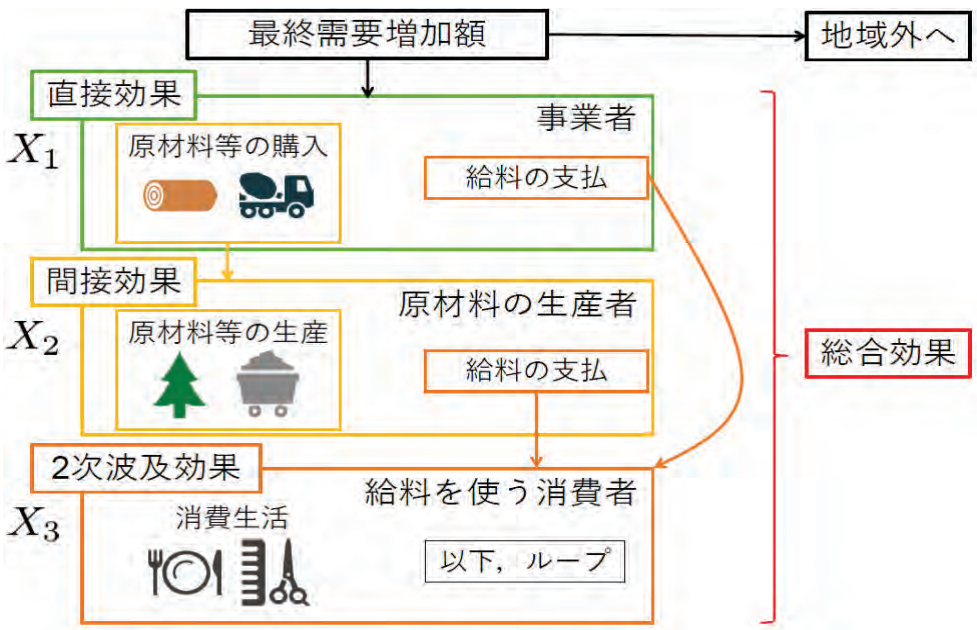


図 6.1-4 地域経済波及効果の対象

表 6.1-1 地域経済波及効果の分析シナリオにおける設定

		現状シナリオ	将来シナリオ
CLT加工地		岡山	北海道
自給率	林業部門	100%	100%
	製材部門	100%	100%
	合板・集成材部門	0%	100%

6.1.3 分析の結果

現状シナリオにおける CLT 製造に伴う地域経済波及効果を 表 6.1-2 に、将来シナリオすなわち北海道内で CLT 加工を行うとの仮定に基づく地域経済波及効果を表 6.1-3 に示す。この中で波及効果倍率とは、総合効果の生産誘発額を最終需要増加額で除した値である。また、第一次間接効果の部門別の生産誘発額の上位 5 部門を表 6.1-4 に示す。

鋼製防雪柵部門の波及効果倍率は 1.46 倍となった。第一次間接効果の部門別生産誘発額を見ると、鋼材やその原料である鉄鉱石を域外から移輸入していることから、流通関連の部門への生産誘発額が大きくなったと考えられる一方で、林業部門への波及効果はほとんどなかった。

製材製防雪柵部門の波及効果倍率は現状では 1.81 倍となった。製材、林業、その他の木製品などの部門への生産誘発額が大きくなり、特に林業部門の第一次生産誘発額は 0.75 百万円であった。将来シナリオでは波及効果倍率が 1.83 倍となり、現状と比較すると 0.019 増加した。生産誘発額の上位 5 部門に変化はなく、林業部門への第一次生産誘発額は 0.78 百万円と、現状と比較して 0.023 百万円増加した。

CLT 製防雪柵部門の波及効果倍率は現状では 1.48 倍となった。現状では CLT を域外で加工して移入しているため、鋼製防雪柵同様、流通関連の部門に大きく影響したと考えられる。林業部門の第一次生産誘発額は 0.031 百万円であった。将来シナリオでは波及効果倍率は 2.00 倍となり、現状と比較すると 0.52 増加した。部門別にみると、合板・集成材部門および林業部門への波及効果が大きくなった。林業部門の第一次生産誘発額は 0.72 百万円で、現状と比較すると、0.69 百万円増加した。これは製材製防雪柵の結果とほぼ同じ値となった。CLT は製材よりも加工度が高いことから、多くの部門に影響を与え全体的な波及効果が大きくなる一方で、多くの部門に影響が分散することで川上である林業部門への影響が製材製とほぼ同等となったと考えられる。

以上の結果から、地域内での CLT 加工が可能になれば、製材製防雪柵よりも CLT 製防雪柵の方が地域への経済波及効果が大きくなる可能性があり、製材製防雪柵と同程度の林業への還元も期待できることが明らかになった。なお、本分析では、原材料の生産から、材料輸送、製造段階までを対象としており、運用や廃棄、リサイクル利用等については対象としていないため、それらの段階を含めたライフサイクル全体での分析を行うことが求められる。

表 6.1-2 現状シナリオにおける地域経済波及効果

	鋼製	製材製	CLT製
最終需要増加額（百万円）	4.55	6.67	7.22
総合効果生産誘発額（百万円）	6.63	12.10	10.71
波及効果倍率（倍）	1.46	1.81	1.48

表 6.1-3 将来シナリオにおける地域経済波及効果

	鋼製	製材製	CLT製
最終需要増加額（百万円）	4.55	6.67	7.22
総合効果生産誘発額（百万円）	6.63	12.23	14.48
波及効果倍率（倍）	1.46	1.83	2.00

表 6.1-4 第一次間接効果の生産誘発額の上位 5 部門

	鋼製	製材製		CLT製	
		現状	将来	現状	将来
1	道路輸送	製材	製材	道路輸送	合板・集成材
2	鋼材	林業	林業	商業	林業
3	商業	道路輸送	道路輸送	その他の木製品	道路輸送
4	銑鉄・粗鋼	その他の木製品	その他の木製品	電力	商業
5	電力	商業	商業	鋼材	その他の木製品

参考文献

- 1) Tomohumi Huzita, Takanobu Sasaki, Shogo Araki, Chihiro Kayo, 「Life Cycle Regional Economic Impacts of Bridge Repair Using Cross-Laminated Timber Floor Slabs: A Case Study in Akita Prefecture, Japan」, Buildings, 12,(2) ,158, 2022.
- 2) 藤田智郁、井筒耕平、石川佳生、池田穰、加用千裕、村野昭人:北海道を対象とした Cross Laminated Timber の敷板利用による地域経済波及効果、土木学会木材工学研究発表会講演概要集 22、2023
- 3) 国土交通省 北海道開発局, 「平成 27 年北海道産業連関表(統計表一覧)」, <https://www.hkd.mlit.go.jp/ky/ki/keikaku/splaat000001yqxt.html> (参照:2024 年 12 月 17 日)

6.2 土木分野における CLT の普及に向けた広報活動

敷板、防雪柵、プラットホーム床版、水平地盤補強への利用技術等について、早期の社会実装を推進することを目的とした広報活動を展開した。主な活動内容を以下に示す。

- 設計施工に関する技術情報を整理し、第三者評価を得る可能性の模索
- 広報活動等を通じて得られた人脈などから得られた知見の活用
- 土木用 CLT の利用推進のためのプラットフォーム構築の実施
- 展示会などでの PR 活動を継続的かつ効果的に実施するためのフレーム構築の実施

6.2.1 CLT の土木利用に係る広報活動

本年度は、以下の展示会で土木用 CLT の広報活動を実施した(表 6.2-1)。

表 6.2-1 土木用 CLT の展示一覧

名称	実施期間	実施場所
メンテナンス・レジリエンス TOKYO2024	2024 年 07 月 24 日 ～ 2024 年 07 月 26 日	東京ビックサイト
第 7 回北海道都市開発・建設総 合展 2024	2024 年 10 月 09 日 ～ 2024 年 10 月 10 日	アクセスサッポロ
サイエンスアゴラ 2024	2024 年 10 月 26 日～ 2024 年 10 月 27 日	テレコムセンタービル

※メンテナンス・レジリエンス展は連携 WG の（株）アイゾールテクニカの出展ブースに参加した

※サイエンスアゴラ 2024 は土木学会 木材工学委員会の出展ブースに参加した

展示ブースへは多くの来場者があり、土木用 CLT のみならず、建築用の CLT や、国産木材を使用することで温暖化対策、花粉症対策などの環境負荷低減についても同時に紹介することができた。各展示会の状況を写真 6.2-1 に示す。

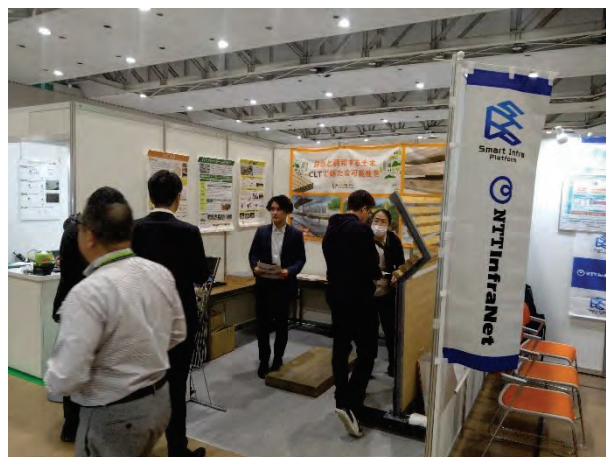
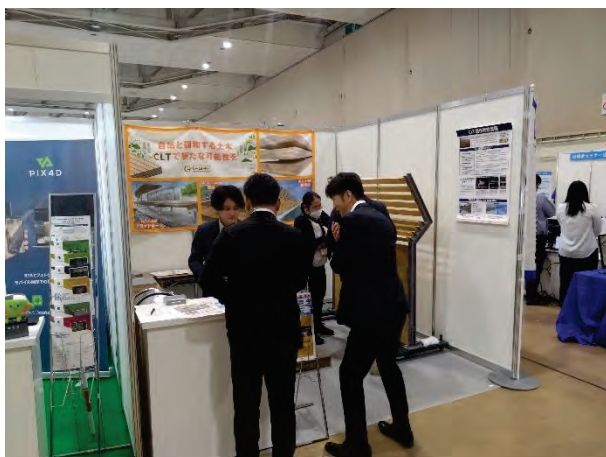


写真 6.2-1 展示状況

(上段:第 7 回北海道都市開発・建設総合展 2024、下段:サイエンスアゴラ 2024)

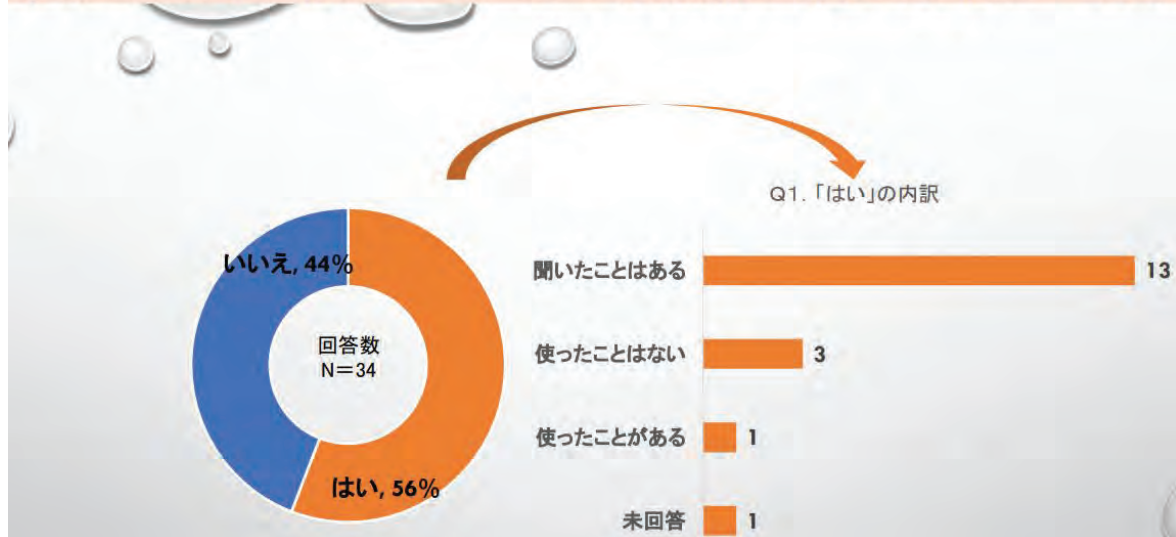
6.2.2 CLT の土木利用に係る意識調査結果の分析

土木用 CLT の利用拡大を目的に、次の 2 つの展示会で展示ブースの来場者を対象にアンケート調査を実施した。

- ・「メンテナンス・レジリエンス TOKYO2024」(アンケート回答者数 15 名)
- ・「第 7 回北海道都市開発・建設総合展 2024」(アンケート回答者数 19 名)

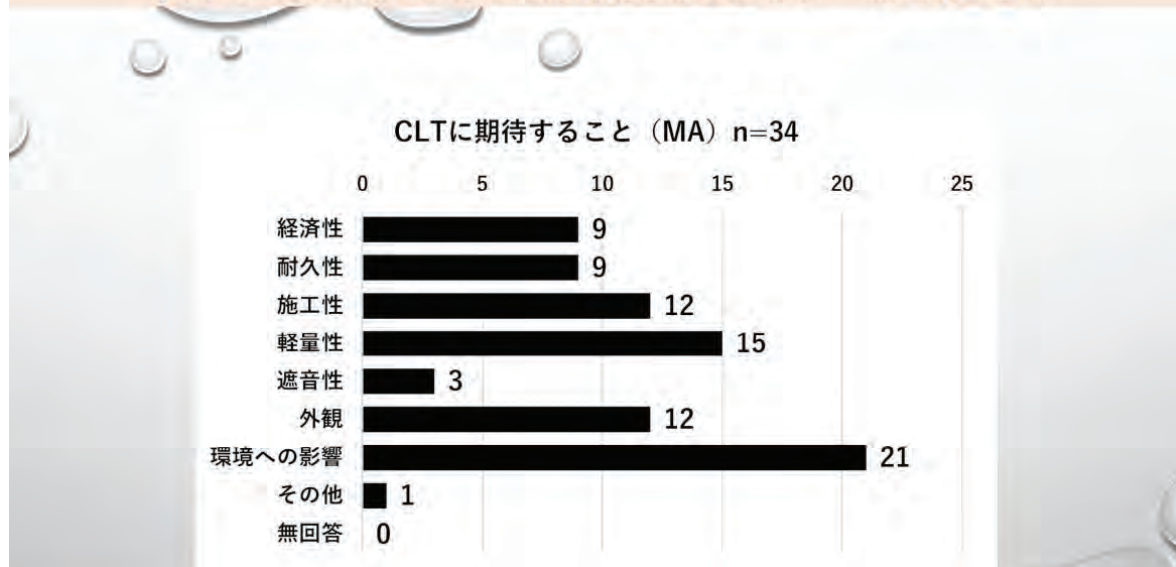
アンケート調査結果を以下に示す(図 6.2-1)。

Q 1. CLT（直交集成板・国産材）という木質材料をご存じでしたか(※一つに○)



回答の半数以上は CLT を知っていることが確認できたが、内訳を見ると「聞いたことはある」程度であった。このことから土木用 CLT を一般建設資材として広く PR することが重要である。

Q 2. CLTに期待できることは何だと思いますか ※複数回答可



環境への影響、施工性、軽量性に多くの回答を得た。環境への影響は CLT の原材料である木材は、炭素固定に貢献することが広く周知された結果であると考えられる。施工性および軽量性については、他材料に比べ軽量であることや、加工時に特殊な技術や機材が不要である木材の特性が理解されている結果である。

Q 3. CLTの価格について、同性能のコンクリート製品に対してどの程度だと思いますか



土木CLTの価格に対するイメージは、同性能のコンクリートと比較して100～150%の範囲に多くの回答を得た。このことから、価格面では他材料と比較して不利ではないと考える。また、このアンケート調査の結果は、今後、土木用CLTの価格設定を行う際の参考になる。

Q 4. CLT (塗装無し)の耐用年数はどのくらいだと思いますか



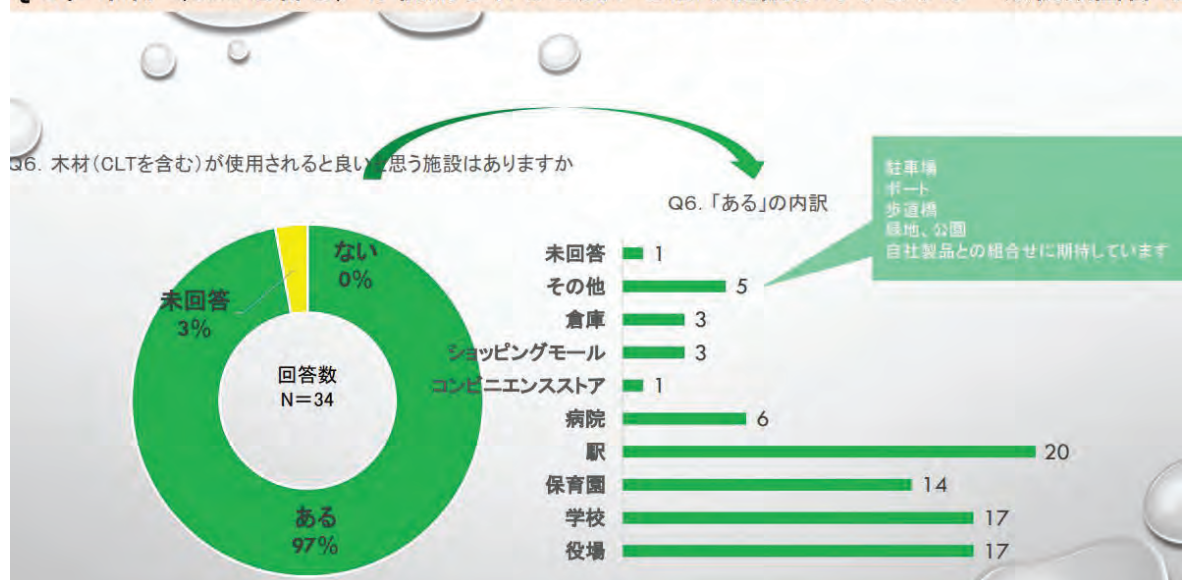
土木CLTの耐用年数については、未処理の状態では15年が一つの目安であると考えられる。ただし、耐久性については使用環境などにより大きく差異が生じることから、屋外が多い土木分野での利用については、使用方法について正しい知識を適切に周知することが重要である。

Q 5. 木材（CLTを含む）に対する不安はありますか ※複数回答可



土木CLTの耐用年数については、未処理の状態で15年が一つの目安であると考えます。ただし、耐久性については使用環境などにより大きく差異が生じることから、屋外が多い土木分野での利用については、使用方法について正しい知識を適切に周知することが重要である。

Q 6. 木材（CLTを含む）が使用されると良いと思う施設はありますか ※複数回答可



回答から判断すると、木材の利用促進に対する意識は低くなく、多くの公共施設での利用がイメージされている。土木用CLTについてもこれらの結果を参考にすることで、より効果的なPR活動を展開できる。

Q 7. CLTをご覧になった感想をお聞かせください ※複数回答可



「情報が欲しい」、「使用現場が見たい」に多くの回答を得た。これは展示ブースへの来場者が土木用CLTに興味を抱いた結果であると考ええる。また、「社内で検討したい」、「使ってみたい」にも回答が集まったことから、実際の使用に対して積極的であると判断する。

図 6.2-1 アンケート結果(問 1～6)

上記のアンケート調査より以下の点が確認できた。

- 回答者の約半数以上が CLT を知っていた
- CLT を知っている人の大半は「聞いたことがある」程度であった
- 価格面で CLT は他材料に対して不利ではない
- CLT を含む木材に対して、耐久性などに不安を感じる結果を得た
- CLT に関する情報を今以上に発信する必要がある

アンケート調査の結果から判断すると、現状で CLT の認知度が高いとはいえない。したがって、今後は今以上に普及活動を行う必要がある。アンケート調査結果より、CLT に対する認識や知識に個人差があることが想定されるので、情報配信に用いる資料や講習内容についてはコンテンツの作成時に留意が必要であろう。また、使用に際してその耐久性に不安を感じる回答も多かったことから、使用方法をはじめ耐久性に関する正しい情報を適切に伝える必要がある。

6.2.3 土木分野での CLT の普及に向けての課題

土木分野での CLT の普及に向けての課題を以下に整理する。

①展示会等への出展

令和 6(2024)年度は、建設・建築に関連する展示会に出展し、多くの有益な意見を得ることができた。今後も展示会等に出展し CLT そのものの周知するとともに、土木用 CLT の新しい利用方法についても積極的に模索するべきである。

その際の注意点として木材に特化した展示会だけではなく、コンクリートや鋼材など一般的な建設資材を取り扱う展示会や、道路、鉄道、維持管理、防災、環境など目的が明確な展示会に出展し、土木用 CLT の需要拡大や、新しい利用方法に関する情報の獲得を意識する必要がある。

今年度の出展結果をもとに、今後、出展を提案する展示会を以下に示す（表 6.2-2）。

表 6.2-2 出展を提案する展示会一覧

カテゴリ	展示会名	開催時期 (令和 7 年度)	主催	場所
鉄道	鉄道技術展	2025 年 11 月	産経新聞社	幕張メッセ
道路	ハイウェイテクノ フェア	2025 年 10 月	公益財団法人 高 速道路調査会	東京ビッグサイト
総合	建設開発総合展	2025 年 10 月	一般社団法人日 本能率協会	アクセスサッポロ
災害復旧	ミリタリーエンジニ アテクノフェア	-	一般社団法人 防 衛施設学会	
メンテナンス	インフラ検査・維持 管理・更新展	2025 年 7 月	一般社団法人日 本能率協会	東京ビッグサイト
災害	自然災害対策展	-	日本経済新聞社	東京ビッグサイト
環境	グリーンインフラ産 業展	-	日刊工業新聞社	東京ビッグサイト

今年度に報告されている地盤補強としての利用は、災害復旧に有効な利用方法である。災害時にはその復旧に自衛隊が尽力されることから、上表のミリタリーエンジニアテクノフェアなどに出展し、災害復旧用材としての周知と情報収集に努めることを提案する。

また、土木用 CLT は他材料とは異なり、災害現場で必要な用途に転用することも可能であることも重要な PR ポイントである。

②講習会の開催に関する提案

アンケート調査の結果、「情報が欲しい」、「使用現場が見たい」に多くの回答を得た。これは、建設に携わる多くの人が土木用 CLT に興味を持っている結果であると考えられる。展示会への出展も PR 効果が期待できるが、興味を持った人対象に土木用 CLT の理解を深度化するには講習会の開催が効果的である。そこで、今後は土木用 CLT に加え、CLT の生い立ちをはじめ、SDGs や ESG 経営に関連する環境負荷低減に関する情報も交えるなどの工夫を行い、受講者の技術レベルや目的を考慮した講習会を開催することを提案する。

③技術評価について

土木用 CLT の利用方法について検討を行い、試験施工などで実際に使用が開始されている。今後、より社会実装を充実させるためには、適切な使用方法を明確にする必要があり、その対応として第三者機関による技術評価が有効である。

技術評価を得ることで発注者、受注者、設計者、施工者が共通の指標で計画、計画、施行および評価を行うことが可能になる。

土木分野での技術評価として（公社）土木学会の技術推進機構では技術評価制度を行っている。そこで既に実績のある以下の 3 つの利用方法を対象に技術評価の取得に向けた準備を行った。

- プラットホームに代表されるスラブとしての土木用 CLT
- 施工現場での敷板としての土木用 CLT
- 防雪柵に代表される壁体としての土木用 CLT

④土木用 CLT の活用について

過年度の事業では土木用 CLT の開発に取り組んできた。その中には曲がりや丸みを帯びたラミナを用いた CLT や、ラミナの配置枚数を減らしラミナどうしを密着させない CLT などが提案されている。また、それらの用途を模索する目的で、想定された用途ごとの要求性能などについて委員会内でヒアリングを行っている。今年度の事業で得られた新しい情報や知見を踏まえ、このヒアリング結果を参考に、土木用 CLT の利用について整理を行った。

また参考のため、令和 4 年度（2022 年度）に実施したヒアリング結果の一部を以下に示す。

<敷板に関するヒアリング結果>

W0-3		記入者	北林 慶試一 石川 佳生	Date	2022/8/22												
用途 敷板にもちいるCLTパネル																	
性 能	要求性能 の目安	備 考															
強度	3	1)1t車が乗って破損しない程度であれば問題ありません（接地した状態で使用し、空間が生じるような橋梁のような使用は想定していません）															
強度のばらつき	2	一定の範囲内であれば問題ありません															
外観	1	全くこだわりません															
密実性	1	一定の強度が担保されていれば問題ありません															
表面平滑性	1	耐スリップ性を考慮すると、むしろ、平滑でないほうが良いかもしれません															
耐久性（耐用年数）	2	3～4回程度転用することが可能な耐久性があれば良い															
仕上がり寸法のばらつき	2	輸送時、施工時に影響がない範囲であれば多少のばらつきは許容できます															
おおよその形状寸法	幅2,000×長3,500×厚90（mm）																
		<table border="1"> <tr> <th colspan="4">CLTのタイプ</th> </tr> <tr> <th>O （省ラミナ）</th> <th>D （土木用ラミナ）</th> <th>R （プレーナ省略）</th> <th>W （高含水率）</th> </tr> <tr> <td>☐</td> <td>☐</td> <td>☒</td> <td>☐</td> </tr> </table> 具体的な必要強度の検討が必要ではあるが、省ラミナ、欠点ラミナ、プレーナ省略、高含水率ラミナすべてのタイプの適用が可能である。 特にプレーナ省略タイプは、車両走行時の耐スリップ性へ貢献できる可能性がある。また、強度の検討を行う際には、施工時または運搬時のケースを加える必要がある。				CLTのタイプ				O （省ラミナ）	D （土木用ラミナ）	R （プレーナ省略）	W （高含水率）	☐	☐	☒	☐
CLTのタイプ																	
O （省ラミナ）	D （土木用ラミナ）	R （プレーナ省略）	W （高含水率）														
☐	☐	☒	☐														

<防雪柵に関するヒアリング結果>

WG-3	記入者	北林直試 今井良	Date	2022/8/24								
用途 防雪柵に用いるCLT												
性 能	要求性能 の目安	備 考										
強度	3	設計風速50m/sとした場合の風荷重1.845N/m ² を前提に、1枚当たりのCLT材を4000mm×650mmとした場合、かかる等分布荷重1.199N/mを許容できる強度を必要とします。										
強度のばらつき	3											
外観	2											
密実性	2	強度が担保できれば問題ありません。										
表面平滑性	3	表面塗装において影響が出ない程度であれば問題ありません。										
耐久性（耐用年数）	4	耐用年数約20年であるが、この年数に拘わらず傷んだら交換する、もしくは傷む前に交換して木質バイオマス燃料として二次利用する										
仕上がり寸法のばらつき	4	鋼製の支柱に固定するため、ある程度の精度は必要だと考えています。										
およその形状寸法	4000mm×650mm×60mm											
		CLTのタイプ <table border="1"> <thead> <tr> <th>O (省ラミナ)</th> <th>D (土木用ラミナ)</th> <th>R (プレーナ合板)</th> <th>W (高含水率)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>☐</td> <td>☐</td> <td>☐</td> <td>☐</td> </tr> </tbody> </table> 壁体に作用する風荷重に対応できれば、他の性能に対する制約は少ないため、すべてのタイプの適用が可能である。 風荷重を直接受けるCLTの表層（フェイス・バック）は密実である必要があるが、中間層（コア）は省ラミナの適用が可能である。			O (省ラミナ)	D (土木用ラミナ)	R (プレーナ合板)	W (高含水率)	☐	☐	☐	☐
O (省ラミナ)	D (土木用ラミナ)	R (プレーナ合板)	W (高含水率)									
☐	☐	☐	☐									

＜防音・防護柵に関するヒアリング結果＞

No. 3	記入者 森林総研 原田真樹	Date	2022/8/24								
用途 遮音・防護柵にもちいるCLTパネル											
性 能	要求性能 の目安		備 考								
強度	5		設計強度：垂直荷重590N/m以上、水平荷重390N/m以上（「防護柵の設置基準」における転落防止と横断防止を設計目的とするP種の場合）、風荷重3.0kN/m（遮音壁の基準による）。強度の保証が必要という点で5（JAS材）。								
強度のばらつき	3		ユニットの両端部（支柱に取り付け部分）については、強度のばらつきがあると接合部の設計ができない。その他の部分（例えば中央部分）については、防護柵の場合は上記の強度以上であればばらつきがあっても問題ないと思うが、遮音機能を付加する場合は均質でないと制御が困難である。								
外観	1		遮音・防護柵を設置する場所によって変わるが、景観施設等でなければ外観は問題ないと思う。								
密実性	3		「密実性」をラミナ間の隙間と仮定すると、防護柵の場合は欠点となる。逆に遮音壁の場合は吸音材を装填する等に使えるためプラスの効果となる。								
表面平滑性	1		遮音・防護柵については、表面平滑性に対する要求は低いと考えられる。ただし、表面加工がラフであると、水が停留しやすく、排ガスの油煙等も沈着しやすいため、部材の交換時期が早まる可能性は考慮すべきである。								
耐久性（耐用年数）	5		遮音・防護柵のビジネスモデルのシナリオにおける最適な交換時期があると思われる。現時点では長い方がよいと考える。								
仕上がり寸法のばらつき	3		長さについては現場での切断も比較容易であると考えられることから問題ないと思うが、厚さについては、支柱に入らない場合は削る作業が必要となるが、これは切断と比較して手間が掛かる。従って、厚さ方向については仕上がり寸法のばらつきは小さい方がよい。								
おおよその形状寸法		6000（長さ）×1150（巾）（強軸）×90（厚さ）									
		CLTのタイプ <table border="1"> <thead> <tr> <th>O (オレンジ)</th> <th>D (ダークブルー)</th> <th>R (レッド)</th> <th>W (ホワイト)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>☐</td> <td>☐</td> <td>☐</td> <td>☐</td> </tr> </tbody> </table> 壁体に作用する荷重に対応できれば、すべてのタイプの適用が可能である。 風荷重を直接受けるCLTの表層（フェイス・バック）の状態には使用上の配慮が必要となる。		O (オレンジ)	D (ダークブルー)	R (レッド)	W (ホワイト)	☐	☐	☐	☐
O (オレンジ)	D (ダークブルー)	R (レッド)	W (ホワイト)								
☐	☐	☐	☐								

ヒアリング結果等をもとにした各利用技術の今後の展開についての提言を以下にまとめる。

●敷板(CLTマット)

敷板については既に実装されており成果を得ている。既存の技術としては敷鉄板があげられるが、敷き鉄板と比較して CLT マットは軽量であることから施工性は良好である。特に一回の輸送量が多くできることや、場内での小運搬が容易であるなどのメリットは大きい。今年度には鋼製キャタピラによる走行試験を実施しその特性も確認できた。今後はCLTマットどうしの連結や、繰り返し利用に関する検討やCLTマットのトレーサビリティなどの課題があるが、実際の施工現場での利用拡大に取り組むことは十分可能である。また、通常の重機を対象とした敷板としての利用も十分可能であるが、軽量の建設機械や車両、歩行などの通行場所への適用は合理的で効果が高い。また、金属製の IC タグを用いた管理は、CLT マットのトレーサビリティや転用する際の履歴の把握を的確に実施できる。今後、実際に現場で使用するCLTマットにICタグを設置し、維持管理を適切に行うための情報収集に努めることを提案する。

●プラットホームの床板

プラットホームの床板への適用は令和 5 年度(2023 年度)より追加され、すでに実構造物で使用されている。暴露試験の結果や実施工から得られた情報を加味し、実情を加味した改善に取り組んでいる段階である。土木CLTは、これまでに使用されていた他材料で製造されたスラブに比べ軽量であることから、施工性が良好であることが評価されている。また、現場での加工も可能であることから他材料に比べ優位性は高いと考える。並行して実施している暴露試験の結果から、短期(仮設)での使用について問題は無いと考えられるので、今後は長期の使用(本設)を視野に入れ、継続的な検討を行うことが好ましい。

実構造物に設置するにあたっては、土木用 CLT として開発された材料により表面処理を行った。当初はCLTの素材面を積極的にアピールする案も挙げられたが、プラットホームは、基本的に車両への乗降のための設備なので、長時間滞在する利用者は多くない。また、雨水や紫外線の影響を受けるだけでなく、利用者が移動する際に滑動などの発生を抑え安全に利用できることが前提である。したがって、今回使用した表面処理は、既存のコンクリートスラブと類似した配色なので利用者の違和感は少なく、安全に歩行できる表面処理であると考ええる。

また、過年度の事業で曲がりや丸みを有するラミナを用いた土木用 CLT の検討が進められた。プラットホーム床板の断面は、荷重作用時の応力よりもたわみが支配的になることが多い。これらを考慮し、仮設に用いる土木用 CLT については、その内層には曲がりや丸みを有するラミナを用いることも有効である。具体的な用途としては、鉄道駅での改修工事や多くの駅で実施されている可動式ホーム柵の設置工事など、長期の耐久性が要求されない仮設材としての適用を提案する。

●防雪柵

防雪柵については、令和 4 年度(2022 年度)より実構造物レベルでの試験施工も実施しており大きな問題も生じていない。土木CLTの防雪柵については、降雪の無い夏季にどのように収納するかなどの課題は残るが実装可能な状況である。また、防雪柵では、設計時に吹雪を伴う暴風雨を用いて設計を行っており、柵としての設計法は整理されているので、今後は防風柵、防砂柵などへの適用も視野に入れながら展開するべきである。柵の壁体にCLTを用いる場合、プラットホームのスラブとは異なり通行者の視野に入りやすい特徴がある。また、通行人がその上を通行することはないので、歩行の安全性を確保する必要が無いことから、適切な耐久性を確保し、必要に応じてCLTをアピールする使用方法も可能である。

防雪柵の検討では、作用する荷重に対して流通性の高い CLT は応力的に過大になる可能性があることが指摘されている。しかしながら汎用性の低いCLTを用いることは経済性を含め合理的とは言い難い。防雪柵への要求性能を考えると、表裏の表層については面としての気密性を確保する必要があるが、コアに位置する中層についてはその必要は少ない。そこで、この中層に曲がりや丸みを有するラミナの配置や、ラミナを密着させ

ない配置を行うことで、軽量化も含めた合理化が可能になる。ただし、曲げ応力が支配的ではない支柱付近については、せん断力や固定部に局所荷重が作用する可能性があるので注意が必要である。

今年度の事業で土木用CLTの広報活動や実用が促進され、アンケート調査をはじめ、実用面では施設の発注者、受注者および利用者など広く多くの方から合理的な利用に向けた情報や改善点などの情報を収集することができた。また、金属製のICタグは、CLTマット以外の土木用CLTにも適用できるので、適切な維持管理に向けた情報収集の手段の一つとして適用できることが確認できた。

今後は得られた情報を整理し、過年度の事業で開発を行ってきた土木用CLTの適用も視野に入れながら、引き続き適切な普及活動を継続することを提案する。

7 課題と展望

7.1 本年度の成果を踏まえた今後の課題

7.1.1 基礎試験

基礎試験においては、地盤・海洋・淡水環境における暴露期間 3 年目の結果を得た。暴露期間の増加に伴い、環境による劣化傾向の差異が顕著になる傾向が認められた。また、力学的性能の一つである圧縮強度および圧縮ヤング係数は暴露期間が長くなるに従って低下したが、一部の試験体について 2 年目と同等の結果を示す等、下げ止まる可能性も示唆されたため、今後さらに暴露することにより、劣化傾向の把握に向け、引き続き経過観察を行う必要があると考える。

7.1.2 土木用 CLT の規格

土木用 CLT の規格については、本年度で骨格の概要は定まった。今後は、一つ一つの項目について、具体的な規格として求める水準の検討が必要である。

その際には、具体的に市場に展開しようとしている利用技術とも連携を図り、それぞれの利用技術の性能を担保し得る CLT が規格の中で確かに位置づけられるようにしなくてはならない。

また、規格を協会規格等の自主規格と位置付ける場合には、その適正さを証明する方法も並行して検討が必要である。

7.1.3 利用技術

敷板については、今年度、CLT 敷板表面の摩耗損傷状況を確認するために、重機を 100 回周回させた疲労試験を行った。結果として 100 回の周回では大きなダメージに至らなかったことから、今後、さらに測定回数を増やして実施する必要がある。また、周回によるダメージと曲げ強度との関係も検証することが求められる。

さらに、現在継続している暴露試験も継続し、特に地面に接している CLT 敷板の裏側の状況を十分に確認する必要がある。

また、リース事業としての展開も視野に入れ、金属タグを用いた管理方法の有効性を検証する。

プラットフォーム床板については、今年度開始した暴露試験を継続して、継続して使用した際の問題点等を抽出し、鉄道事業者に対して安全・安心な材料として提供できるエビデンスを整えることが重要である。

防雪柵については、防雪柵として利用した CLT 板を、忌避剤を塗布したマットとして利用する効果を検証するために、来年度、牧場にて検証実験を行う予定としている。防雪柵は設置されている時に自然環境にさらされる以外の大きなダメージを受けないこともあり、忌避マットに限らず、循環型の利用を構築しやすい利用技術である。今後もリサイクル利用の方法については、幅広い視点で考案してゆくことが求められる。

7.2 CLT の土木利用の社会実装を果たすための展開

本年度は、建設・建築に関連する展示会に出展し、有益な数々の意見を得ることができた。また、CLT 自体がまだ、すべての人に浸透した材料ではないこともわかった。今後も展示会等には可能な限り出展し CLT そのものの周知を図るとともに、土木用 CLT の新しい利用方法についても積極的に広報を展開し、幅広く意見を収集するべきである。

その際の注意点としては、木材に特化した展示会だけではなく、コンクリートや鋼材など一般的な建設資材を取り扱う展示会や、道路、鉄道、維持管理、防災など出展の目的が明確な展示会をねらい、土木用 CLT の需要拡大や、新しい利用方法の獲得を意識する必要がある。

またこうした幅広い PR 活動によって得られた意見や情報等を整理し、現在、研究開発が進められている利用技術のみならず、新しい利用技術の開拓にも、チャレンジしていくことが重要である。

そして得られた知見については、学術的な評価を得るため、論文発表は積極的に、かつ多方面に行うと共に、土木分野での CLT の利用技術について、早期に第三者機関による技術評価等を得ることを目指すべきである。技術開発が成熟しても、使い手の側の信用を得て、採用して頂く機会を得るには、第三者評価が必要である。技

術評価等を得ることで技術としての信用を得ることができるだけでなく、発注者、受注者、設計者、施工者が共通の指標で計画、計画、施行および評価を行うことが可能になる。

また、土木事業は大半が公共事業によるものである。そのため、事業主側では、幅広い視点で地域貢献を求めることとなる。例えば投入された資金に対して、地域や林業・木材加工業等の関連産業にどの程度還元されているのか、すなわち経済波及効果等を踏まえた経済評価、あるいは環境影響評価などを踏まえた環境評価も重要な技術採用における判断指標となる。今後は、開発されている利用技術について、経済評価や環境評価の明確なデータを整備し、地域にとって、あるいはわが国にとって、「採用すべき技術」として成熟させていくことを目指したい。

