

令和4年度 建築基準整備促進事業（調査事項M10）成果報告

CLT等を利用した住宅における評価方法基準化に関する検討

令和5年4月

実施事業者 株式会社アルセッド建築研究所

〔国立研究開発法人 建築研究所との共同研究〕

事業の背景・目的

- 現行の住宅性能表示制度の一部の評価項目において、**評価方法基準が整備されていない**ことからCLT等※¹を利用した住宅を評価できない。
- 特に、**劣化対策等級**はその住宅の耐用年数の判断基準として金融機関で活用される場合があるが、CLT等を利用した住宅は現行基準では評価できず、CLT等を利用した住宅の普及の隘路になっているとの指摘がある。



- 本事業は、CLT等を利用した住宅の普及を図るため、
 - CLT等を利用した工法の特徴を踏まえ、
 - 必要な性能検証実験等を行い、**CLT等を利用した住宅における評価方法基準の整備に資する技術的資料をまとめる**ことを目的とする。

※1 直交集成板 (CLTパネル)、集成材厚板パネル、LVLパネル、NLT (Nail Laminated Timber)、DLT (Dowel Laminated Timber)、等の大断面木質材料

事業の背景・目的

劣化対策等級3の評価方法基準と本事業の検討との対応

《外壁の軸組等の評価》

項目	チェック事項							
A.外壁工法の確認	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">外壁工法</div>							
B.保存処理の確認	<input type="checkbox"/> 通気構造等 <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">保存処理</div>				<input type="checkbox"/> 左記以外 <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">保存処理</div>			
C.小径の確認	<input type="checkbox"/> 防腐・防蟻処理あり <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">小径</div>		<input type="checkbox"/> 無処理 <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">小径</div>		<input type="checkbox"/> K3相当以上 <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">小径</div>		<input type="checkbox"/> その他 <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">小径</div>	
D.樹種の確認	<input type="checkbox"/> 無13.5cm以上 <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">樹種</div>		<input type="checkbox"/> 無13.5cm未満 <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">樹種</div>		<input type="checkbox"/> 無12cm以上 <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">樹種</div>		<input type="checkbox"/> 無12cm未満 <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">樹種</div>	
適・否の確認	適合	適合	適合	不適合	適合	不適合	適合	不適合
仕様の区分	[仕様Ⅰ]	[仕様Ⅱ]	[仕様Ⅲ]		[仕様Ⅳ]		[仕様Ⅴ]	
M10の検討	(□) 薬剤処理材		(ハ) 非薬剤処理材		(ハ) 非薬剤処理材		M10の検討対象外	

(□)

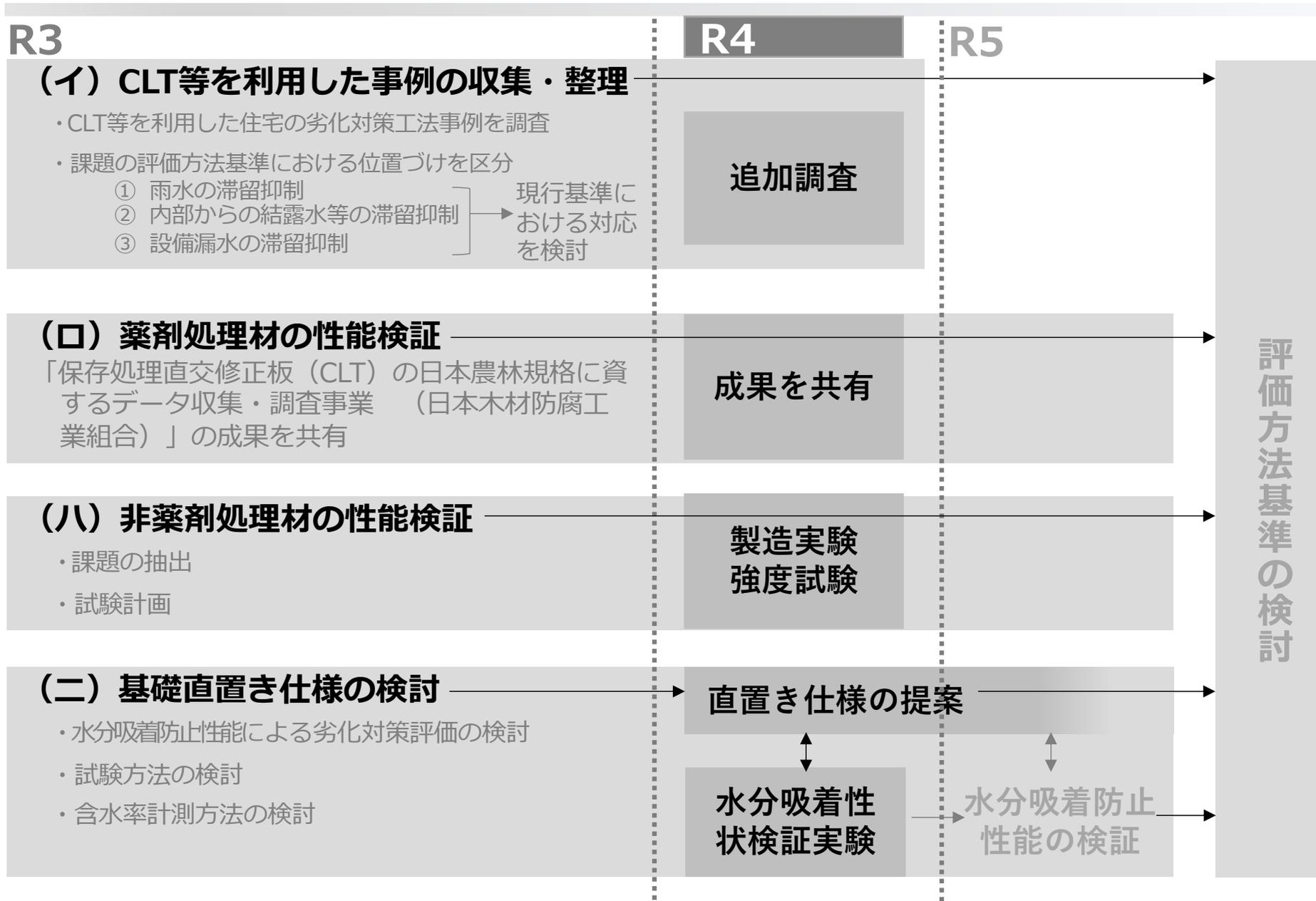
(ハ)

《土台の評価》

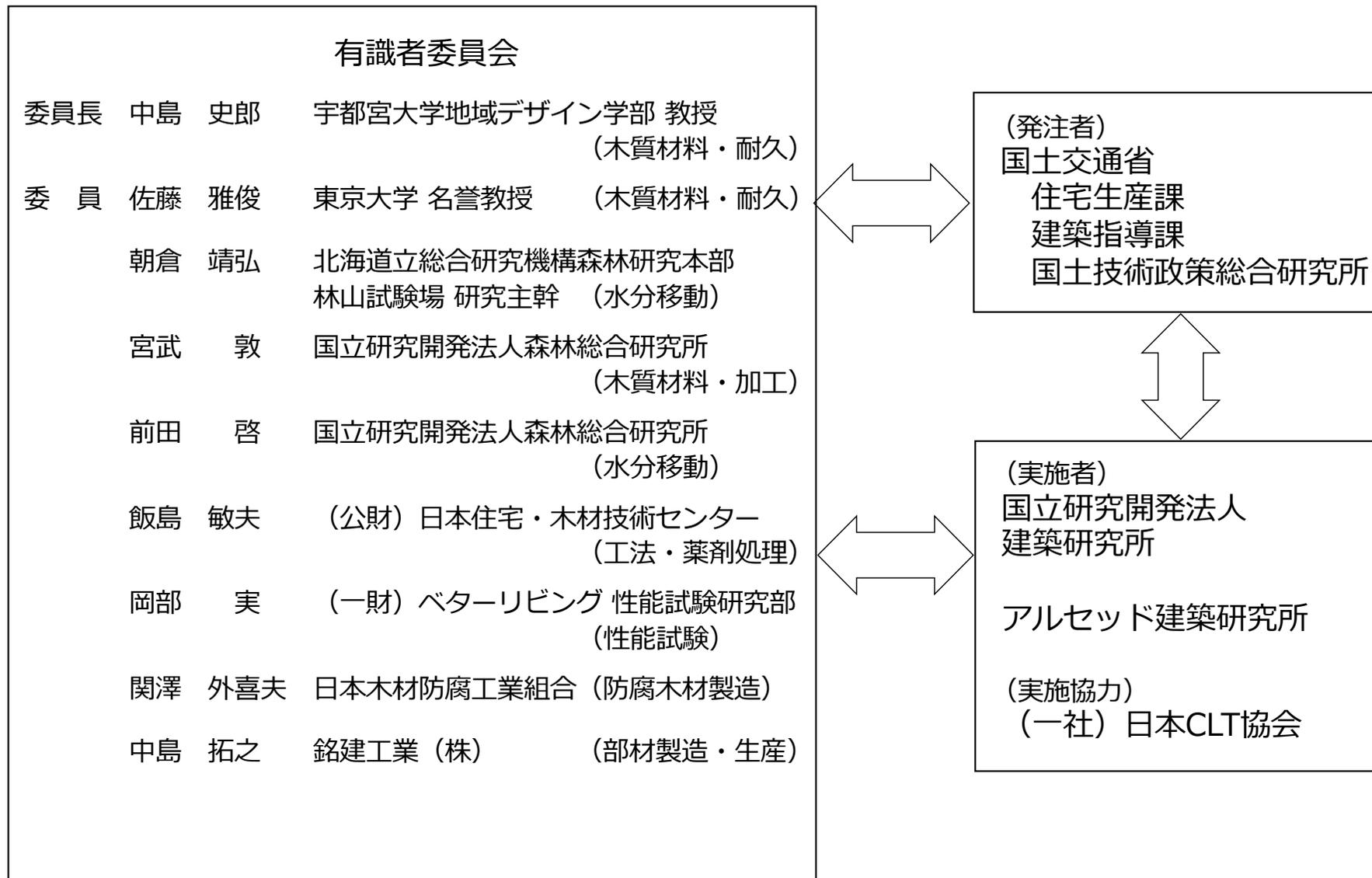
項目	チェック事項
<input type="checkbox"/> 保存処理	土台に接する外壁の下端に水切りを設けかつ以下のいずれかに適合。 <input type="checkbox"/> ヒノキ等に区分される製材 <input type="checkbox"/> K3相当以上の処理 (北海道北部はK2相当以上) <input type="checkbox"/> ヒノキ等により構成される集成材 <input type="checkbox"/> その他劣化の軽減に有効な措置
<input type="checkbox"/> 樹種	心材の耐久性区分D1の樹種のうち、ヒノキ、ヒバ、ベイヒ、ベイスギ、ケヤキ、クリ、ベイヒバ、台湾ヒノキ、ウェスタンレッドシーダー、等。
<input type="checkbox"/> 上記と同等以上	
M10の検討	土台なし..... (ニ) 基礎直置き仕様

(ニ)

調査・検討のフロー



検討体制



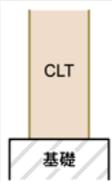
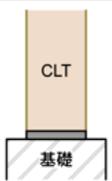
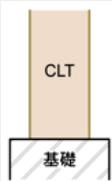
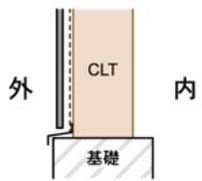
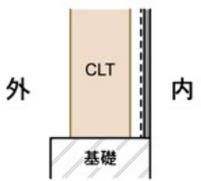
(イ) CLT等を利用した事例の収集・整理

(イ) CLT等を利用した事例の収集・整理

告示仕様のCLTパネル工法として一般に普及していると考えられる事例を調査し、水分吸着防止に配慮されている部分やリスクを生じている部分を整理して、水分吸着防止仕様の参考とした。評価項目は以下の5点。

- ① CLT脚部の形式 (直置き / 土台敷き)
- ② ネコ土台の有無
- ③ 基礎天端の水分滞留スペースの有無
- ④ 外壁通気工法の有無
- ⑤ 内部側防湿層の有無

脚部の形式はCLT直置きより土台敷きが若干多い。15件はCLT厚よりも基礎幅が広く**基礎天端に潜在的な滞留リスク**があるが6割は**ネコ土台で対策**されている。**外壁通気工法は8割**が採用。内部CLT現しが8件。内装をボードで仕上げた8件に**防湿シートは未施工**。

調査	① CLT 脚部の形式		形状 浸水リスク		雨水 浸水リスク	結露水 浸水リスク	備考
	直置き	土台敷	②ネコ土台	③ CLTより 基礎が幅広	④ 通気工法	⑤ 内側 防湿シート	
事例数	7	9	○あり : 10	○同一 : 1	○通気工法 : 13	○あり : 0	
	計16件		△なし : 6	△幅広 : 15	△通気なし : 3	△なし : 16	※内部CLT現し : 8
							

(口) 薬剤処理材の性能検証

(□) 薬剤処理材の性能確認

外壁通気工法と組み合わせる保存処理の仕様として薬剤処理CLTを選択することが可能かを検証するため、

「保存処理材条件を考慮した直交集成板 (CLT) の
日本農林規格化に資するデータ収集・調査」 (日本木材防腐工業組合)

の成果を共有する。

令和4年度の実施項目は以下の5つである。

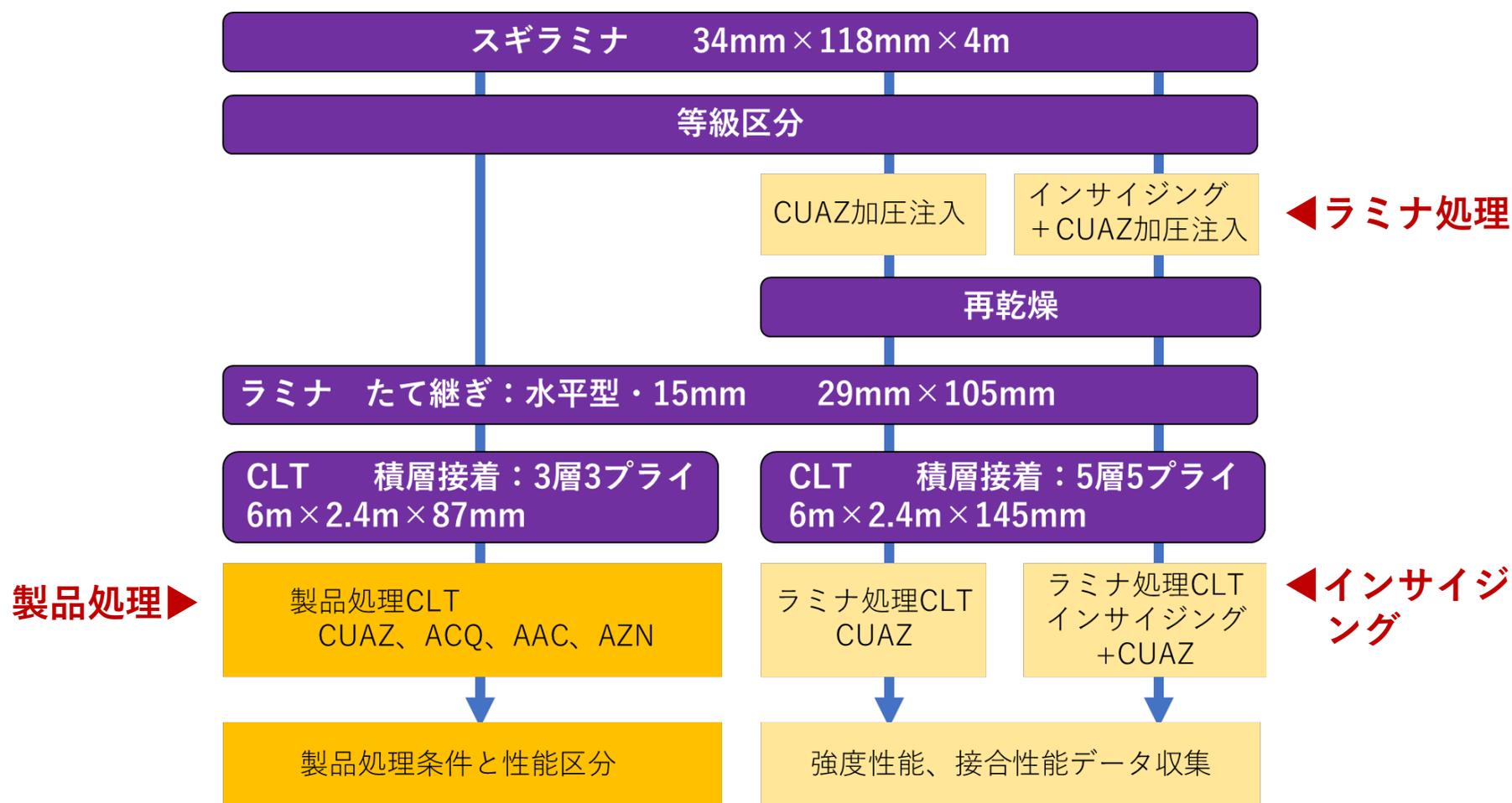
1. 保存処理条件の異なる**CLTの製造技術の開発**と性能評価
2. 保存処理CLTの規格に求められる**製造基準及び品質基準**
3. 使用環境に対応したCLTの保存処理への「**耐候性**」要求性能把握
4. 使用環境に対応したCLTの保存処理への「**耐久性**」要求性能把握
5. CLT等を用いた実使用建物の調査

1. 保存処理条件の異なるCLTの製造技術の開発と性能評価

□-1-1

CLTに保存処理を施す方法として「①ラミナ処理」と「②製品処理」を対象とし、それぞれの方法で保存処理CLTを試作し適正製造条件について検討した。

試験及び、試験体の概要を下表に示す。



1. 保存処理条件の異なるCLTの製造技術の開発と性能評価

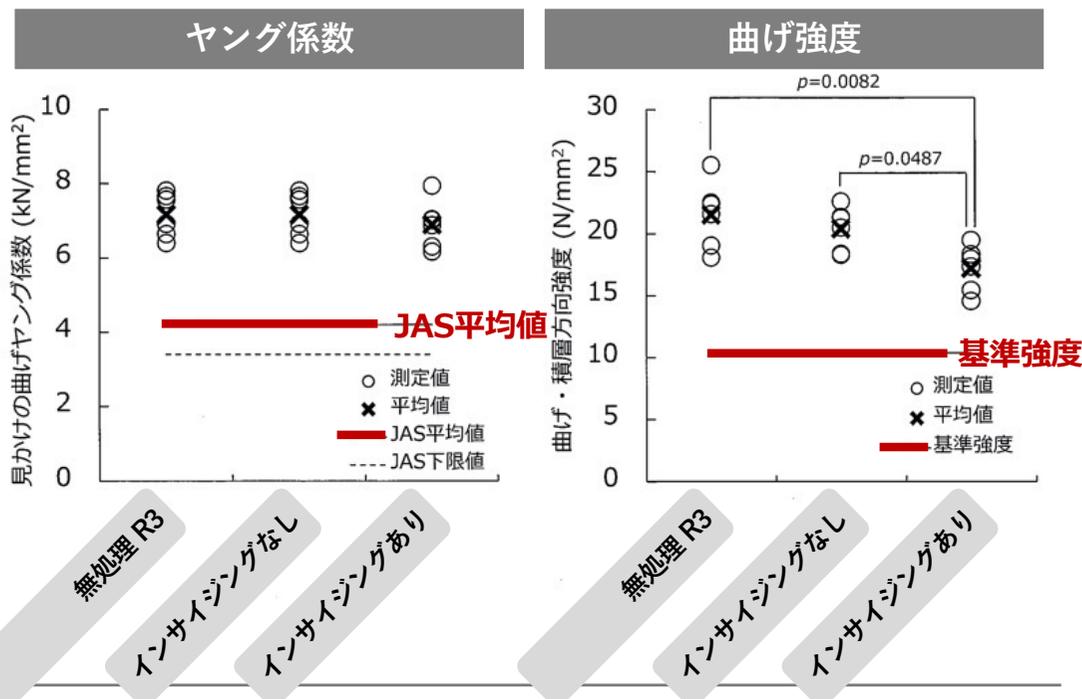
□-1-2

保存処理条件 ① ラミナ処理CLT

【試験内容】 製品試験データがないCUAZ処理ラミナを用いてCLTを試作しその強度及び接合方法についてデータ収集を図ると共に、**インサイジング処理**の影響についても検討した。

【試験結果】 曲げ強度が平均値で16%ほど低下するが、CLTパネルの強度等級をMx60-5-5とみなした場合その**基準値は上回っていた**。
また、**インサイジング処理の影響は曲げヤング係数には見られなかった**。

【考察】
一定の強度低下を見込んで**JAS基準を満たすCLTを製造することは可能**であると考えられる。



1. 保存処理条件の異なるCLTの製造技術の開発と性能評価

□-1-3

保存処理条件 ② 製品処理CLT

【試験内容】 保存処理CLTに要求される品質を満たすための適正な処理条件を、湿式処理 (ACQ、CUAZ、AAC)、乾式処理 (AZN) それぞれに対して検討した。



【試験結果】 「減圧+加圧」処理：△… 圧力を低くし処理時間を短くしても一定の注入量となってしまう。

「減圧のみ」処理：△… 注入量を減少させることはできるがばらつきが多い

「加圧のみ」処理：○… **圧力と処理時間を調節することで注入量を減少させると共にばらつきも抑えられる。**



【課題】 適正な注入条件に目途を立てることができた。

乾燥条件については引き続き検討する必要がある。

2. 保存処理CLTの規格に求められる製造基準及び品質基準

ロ-2

【現行のJAS・AQ認証による評価の課題】



主として土台等の軸材料を対象としてきた従来の体系の中で大判の面材料であるCLTを評価しようとする、現行のJAS・AQ認証の品質の製品を安定して製造・供給する適正条件は必ずしも確立されていない。

【解決方法の提案】

浸潤度を評価する箇所を現行の「製品の中央」ではなく「端部からの任意の箇所」とすることを提案する。

評価項目	測定対象	基準値
吸収量	ラミナ木口面を除くCLT材面の辺材部	薬剤毎に決められている性能区分に応じた基準値
浸潤度	CLTのラミナ木口面から50mmの面 (ラミナ木口面を除くCLT材面から10mmの部分)	辺材部の80% (心材部の80%)



【課題】

格付け検査や品質管理、建築物の耐久設計に応じた性能区分の明確化などの課題については引き続き検討が必要。

3. 使用環境に対応したCLTの保存処理への「耐候性」要求性能把握 □-3

【試験内容】 令和2年度：各種保存処理と塗装を施したスギCLTの屋外暴露試験を実施。
重量・色差等の計測とスキャナによる外観記録。

令和3年度：木口シール試験体を追加し、割れの計測を開始。

令和4年度：計測を継続し、保存処理と塗装の種類、暴露条件による違いを検討。



【試験結果】 屋外暴露中の質量変化は木口シールをした試験体では木口シールをしなかったCLTよりも緩やかで、木口シールによって水の侵入が抑制されたと考えられた。

暴露期間がさらに長くなると劣化の抑制効果が顕著になる可能性がある。



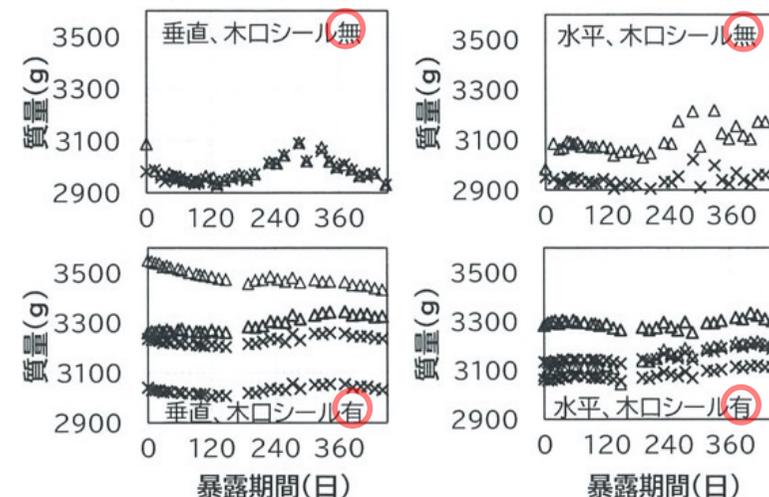
【課題】 今回は1～2年間という短期間の結果であり、変色や割れ等の劣化については今後も検討を要する。



写真 屋外暴露試験

写真 試験体詳細

図表 質量変化の測定記録



×無処理・塗装、△保存処理・塗装

4. 使用環境に対応したCLTの保存処理への「耐久性」要求性能把握 □-4

【試験内容】 暴露試験により、ラミナ接着がCLTの劣化リスクへ及ぼす影響、並びにCLT保存処理の有効性を検討した。(TL=トリプルレイヤーユニット)



2020 TL : 30×300mmの無処理スギ辺材ラミナ10本からなる層を3層直行させ、**接着せずにボルトで緊結固定したユニット。**

2021 幅はぎ接着TL : 幅はぎのみを接着したTLユニット。

2022 幅はぎ層間接着TL : 幅はぎ接着し層間も接着したTLユニット。

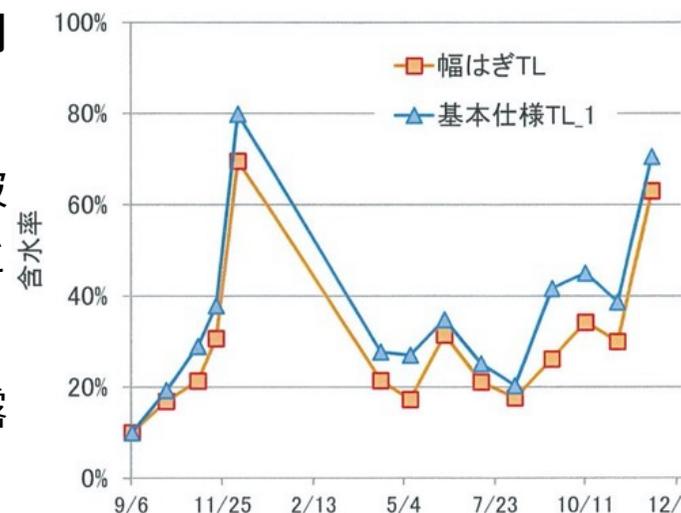


【試験結果】 **接着の影響** : 接着していない基本仕様TL2体の71%、79%に対して幅はぎTLでは50%であった。**幅はぎ接着は層内への滲水を抑制して劣化リスクを低減する効果が期待される。**

保存処理の効果 : 保存処理CLTの平均的被害度**0.1**に対して無処理では**2.0から3.0**となり概ね耐用限界に達した。



【課題】 長期的な耐久性を的確に把握するため暴露試験を継続して実証データを蓄積していく



(ハ) 非薬剤処理材の性能検証

(八) 非薬剤処理材の性能確認

外壁通気工法と組み合わせる保存処理の仕様として心材CLTを選択することが可能かを検証するため、

心材ラミナを用いて製造したCLT について以下の検証を行った。

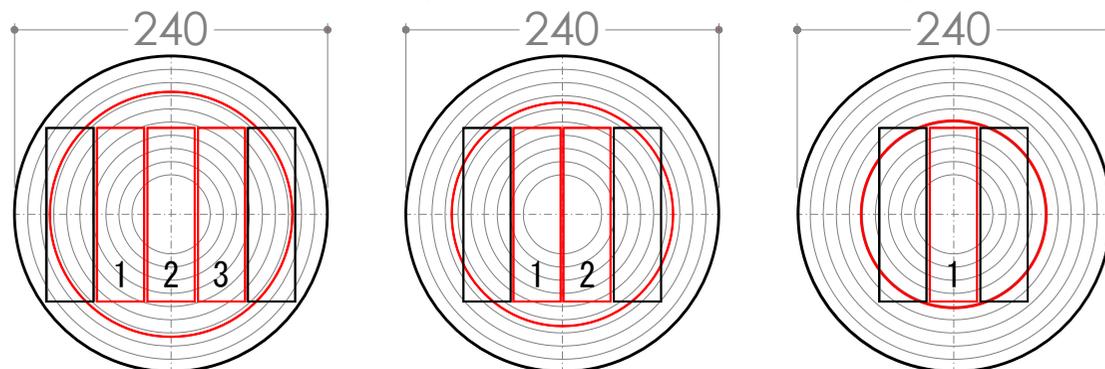
- 1. 製造可能性の検証……CLTパネルの製造実験**
- 2. 強度性能の検証……CLTパネルの強度試験**

1. 心材によるCLTパネルの製造検証実験

八-1-1

1-1. 心材ラミナの調達

【製材のイメージ】 辺材を含まない心材のみのラミナを集材するため、丸太断面の心材部の大きさに合わせて心材ラミナを製材した。



→3枚取り

→2枚取り

→1枚取り

振れが少ない丸太 ←

→ 振れが大きい丸太

ヒノキの推定心材率は昨年度の検討より60%と過程。

図の赤丸は振れた丸太の元末の心材部分が重なる範囲のイメージを表す。

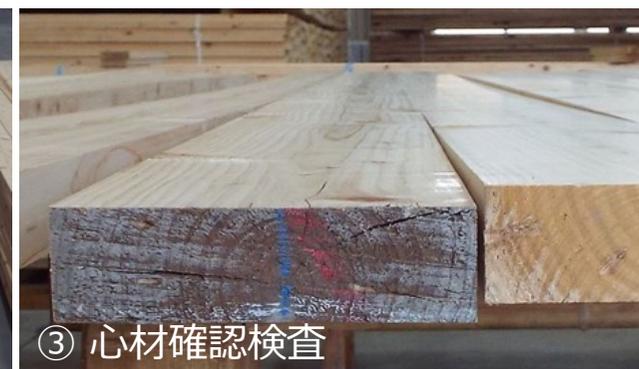
【製材の状況】 原木丸太の元末の振れの影響が大きく、**振れがほぼない場合は3枚採取**でき、**振れが大きいと2枚～1枚しか採取できないものがあった。**



① 心材ラミナ入荷時



② 心材確認検査



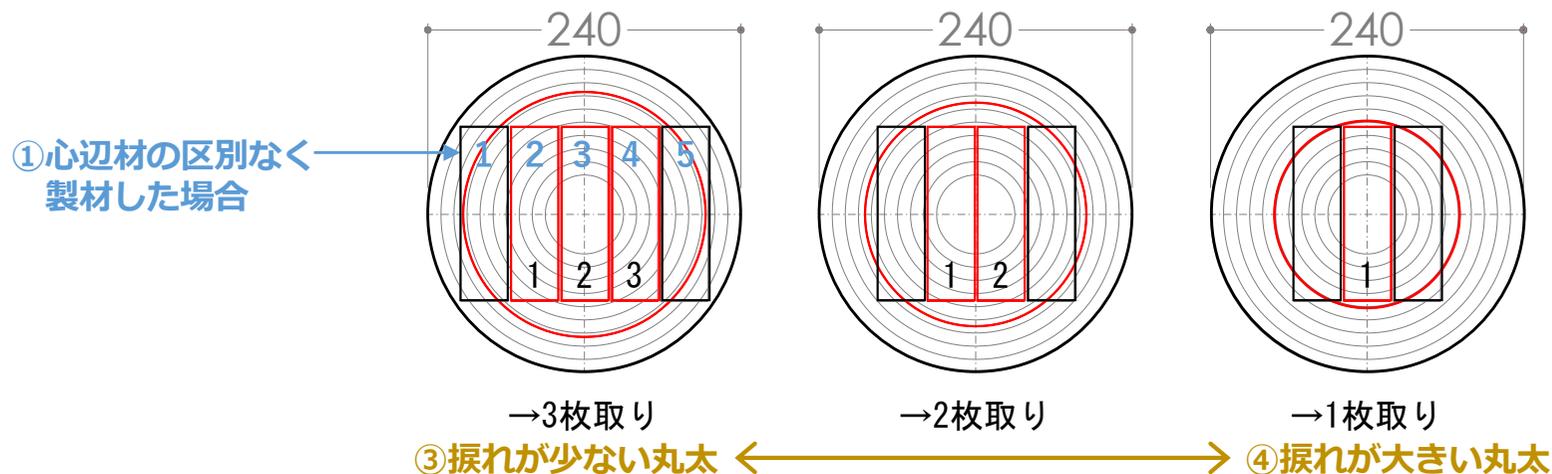
③ 心材確認検査

1. 心材によるCLTパネルの製造検証実験

八-1-2

1-2. 心材ラミナの歩留まりの検証 …… 心材ラミナのみの歩留まり

心辺材の区別なくラミナを製材した場合の歩留まりは**52.55%**…①。
 心材のみを製材した場合の歩留まりは、**振れのない丸太**で**31.53%**…③、
振れが大きい丸太では**10.51%**…④となる。



		丸太 径級	丸太 直径 [m m]	断面積 [m m ²]	推定 心材率 [%]	推定心 材直径 [m m]	ラミナ 厚[mm]	ラミナ 幅[mm]	ラミナ 採取枚数 [枚]	ラミナ 採取断面積 [m m ²]	ラミナ 歩留り[%]
①理論値	心辺材区別なし	24上	240	45,216	-	-	36	132	5	23,760	52.55%
②理論値	ヒノキ心材のみ	24上	240	45,216	60%	185.90	36	132	3	14,256	31.53%
③振れほぼなし	ヒノキ心材のみ	24上	240	45,216	55%	177.99	36	132	3	14,256	31.53%
④振れが大きい	ヒノキ心材のみ	24上	240	45,216	35%	141.99	36	132	1	4,752	10.51%

1. 心材によるCLTパネルの製造検証実験

八-1-3

1-3. 心材CLTパネルの歩留まりの検証 …… 心材ラミナ+別部材を製材

①心辺材の区別なく製材した場合

製造工程	工程毎の歩留まり	歩留まり(原木～製品)
原木 (丸太)	100%	100%
↓	↓	↓
原板 (ラミナ)	52.55%	100%
↓	↓	
乾燥、粗取り(グレーディング)	89%	
↓	↓	
縦継ぎ、仕上げ切削	87%	
↓	↓	
プレス (積層接着)	99%	
↓	↓	↓
製品(マサ-ボード)	100%	40.28%

③心材ラミナを製材した場合

製造工程	工程毎の歩留まり	歩留まり(原木～製品)
原木 (丸太)	100%	100%
↓	↓	↓
原板 (ラミナ)	31.53%	100%
↓	↓	
乾燥、粗取り(グレーディング)	89%	
↓	↓	
縦継ぎ、仕上げ切削	87%	
↓	↓	
プレス (積層接着)	99%	
↓	↓	↓
製品(マサ-ボード)	100%	24.17%

ラミナ+別製品歩留まり **-10%** (推測値)

⑤心材ラミナ+別部材を製材した場合

製造工程	工程毎の歩留まり	歩留まり(原木～製品)
原木 (丸太)	100%	100%
↓	↓	↓
原板 (ラミナ)	42.55%	100%
↓	↓	
乾燥、粗取り(グレーディング)	89%	
↓	↓	
縦継ぎ、仕上げ切削	87%	
↓	↓	
プレス (積層接着)	99%	
↓	↓	↓
製品(マサ-ボード)	100%	32.62%

ラミナ歩留まり **-20%**

製品歩留まり

-16%

-7.6%

丸太から心材ラミナが1枚しか取れなくても**残る部分から**辺材混じりラミナを含む**別製品を採材**することが可能で、**製品全体を見れば**心辺材区別なく製材した場合と同等の歩留まりも可能である。

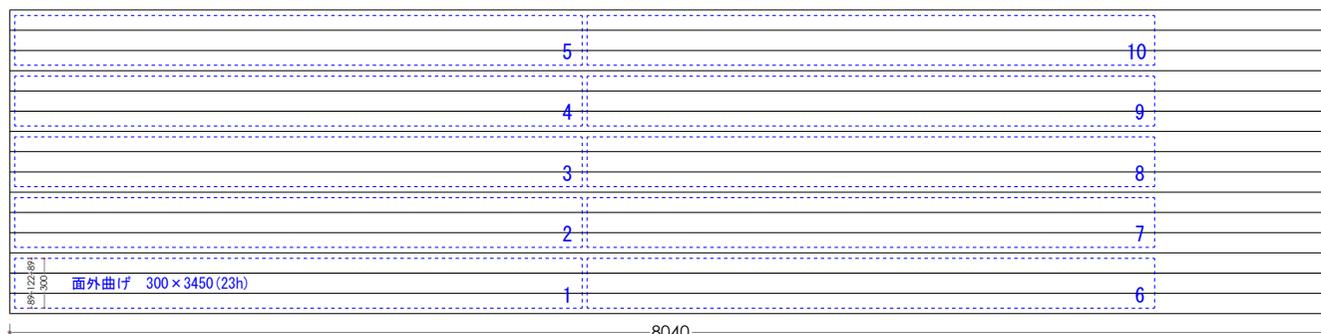
ただし、**心材ラミナの採材を優先**したことで木取りの効率が悪くなる場合がある。製材所へのヒアリングも行い、歩留まりが**10%程度低下**すると推測した。

製品歩留まりの**低下率は16%まで**大きくなり、**7.6%程度**に近づけることができると推測される。

1. 心材によるCLTパネルの製造検証実験

八-1-4

1-4. 心材CLTパネルの製造実験



マザーボード : 厚150×1830×8040

樹種 : ヒノキ (心材ラミナ)

層構成 : 5層5プライ

強度等級 : S90

ラミナ寸法 : 30×122mm

接着剤 : イソシアネート系

【製造】 グレーディングの結果、**心材だけを選別することによる強度低下はラミナの強度区分L10の範囲内に収まっており、強度等級Mx90のCLT製造が困難となるような強度低下は見られなかった。心材ラミナを使ったMx90の製造は可能。**

【経済性】 製造工程は通常のCLT製品と同じで、**変わるのは心材ラミナを集材し選別する工程のみ**。現時点では、心材ラミナ選別コストは薬剤処理コストに比べても安価であり、**製品として供給可能**と考えられる。



① 製造したマザーボード



② 切出した材料強度試験体



③ 切出した材料強度試験体

2. 心材CLTの実大強度試験

八-2-1

2-1. 試験内容

【試験体及び試験方法】

試験日：令和4年12月5,6日

試験機：株式会社東京衡機試験機製 WU-3MN

荷重条件：3等分点4点荷重方式

試験体：心材ヒノキCLT 同一等級構成S90 5層5プライ

試験体寸法：厚150mm × 幅300mm

長3,450mm (試験体厚さの23倍)

試験体数：計10体

支持スパン：3,150mm (試験体厚さの21倍)

荷重スパン：1,050mm (試験体厚さの7倍)

クロスヘッド速度：8mm/min

変位測定：変位は材中央部を測定し

変位計は(株)東京測器SDP-200Dを使用

曲げヤング係数：最大荷重の10%と40%の荷重増分と

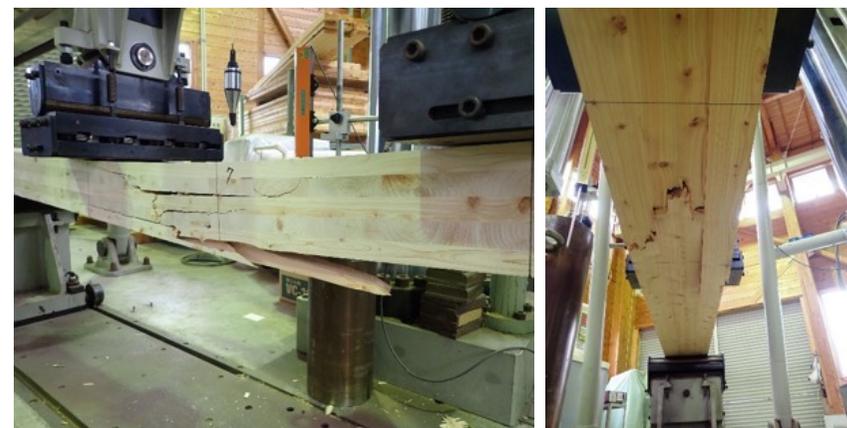
変形増分から算出

含水率：破壊箇所近傍から厚さ約30mmの試験片を

1体採取し、全乾法により算出



① 面外曲げ試験の様子



② 試験体No.7 破壊形態

2. 心材CLTの実大強度試験

八-2-2

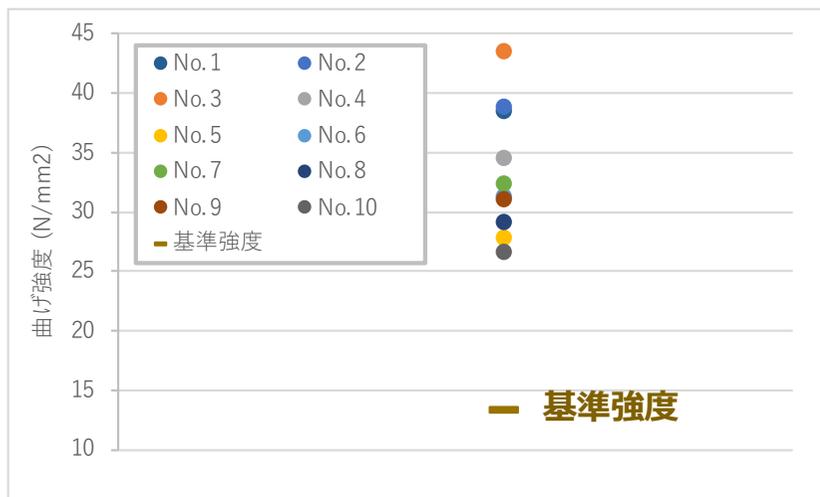
2-2. 試験結果……面外曲げ試験



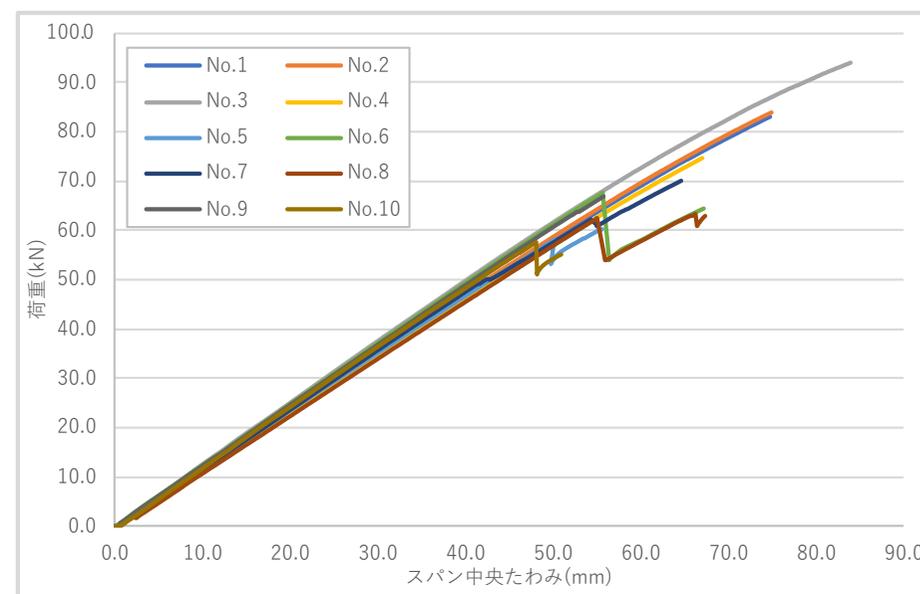
破壊形態は全て試験体最外層のフィンガージョイント部又は節を起点とする曲げ破壊であった。

全ての試験体が基準強度を上回る結果となった。

① 面外曲げ試験 (曲げヤング係数)



② 面外曲げ試験 (曲げ強度)



③ 面外曲げ試験 (荷重・たわみ関係)

2. 心材CLTの実大強度試験

八-2-3

2-3. 試験結果……減圧加圧剥離試験／ブロックせん断試験

マザーボードの接着性能をJASに準じて評価した結果を表に示す。

【減圧加圧剥離試験の結果】

剥離率は最も高いもので3.6%、その他は0.0%と低い値を示した。

【ブロックせん断試験の結果】

木破率は最も低いもので90%、その他は100%となりほぼ木破で破断した。

【JASに準拠した評価】

減圧加圧剥離試験、ブロックせん断試験とも供試した**全ての試験片が基準を満たし接着性能が良好**であることが示された。

試験体名	減圧加圧剥離試験	ブロックせん断試験(直交)
(n=4)	剥離率 (%)	木部破断率 (%)
No.1	0.0	100
No.2	3.6	100
No.3	0.0	100
No.4	0.0	90
JAS 基準値	10	65

(八) 非薬剤処理材の性能確認

今後の課題

心材ラミナのみで製造するCLTの運用上の定義について検討が必要。

本検討で製造した心材によるCLTは、製品となった段階で、

- **外観目視できない内層のラミナが全て心材であることを確認する方法がない**
- **心材のみを原材料としたCLTを製造する場合に、それを定めた規格や基準がない**

ことから、

心材ラミナのみで製造するCLTを**運用上どのように定義するか**、引き続き検討が必要である。

(二) 基礎直置き仕様の検討

(二) 基礎直置き仕様の検討

CLTパネル工法について、土台を用いずに

CLTパネルを基礎に直置きして劣化対策等級3を満たす仕様

を検討するために、

CLTと製材土台の**水分吸着性状を定量的に把握する**実験

を行い、

直置き仕様を検討した。

R3

(二) 基礎直置き仕様の検討

- ・水分吸着防止性能による劣化対策評価の検討
- ・試験方法の検討
- ・含水率計測方法の検討

R4

直置き仕様の提案

水分吸着性状
検証実験

R5

水分吸着防止
性能の検証

評価方法
基準の
検討

1. 水分吸着性状検証実験の目的

二-1

■ 直接水中に浸して水分の吸着性状を検証 【水没】 極端な条件で実験

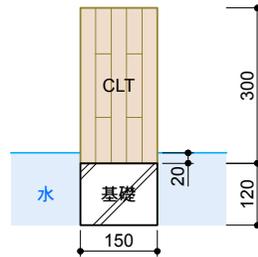
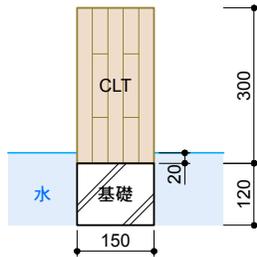
CLT

A.CLT

各3体

A-1. スギCLT

A-2. ヒノキCLT



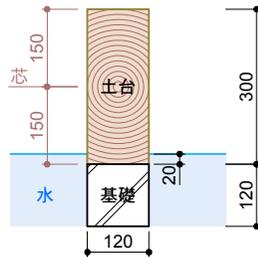
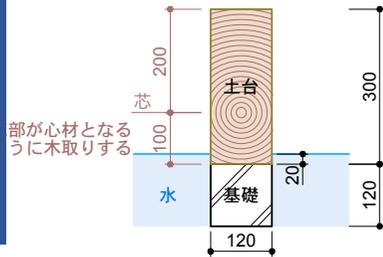
土台
目標

B.土台水分吸着防止性能の比較対象

各3体

B-1. ヒノキ心材

B-2. スギ (辺材含む心持ち材)



1. CLTが水分をどのように吸着するか

CLTが水分をどのように吸着するかを実験により定量的に把握する。

2. 土台(製材)が水分をどのように吸着するか

製材土台が水分をどのように吸着するかを実験により定量的に把握する。

土台と同じように水分吸着を抑制するCLT直置き仕様を検討する(R4~R5)

■ RC基礎を介して水分の吸着性状を検証

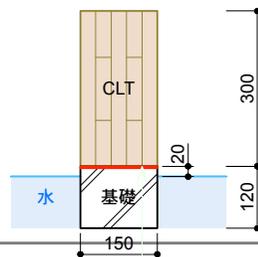
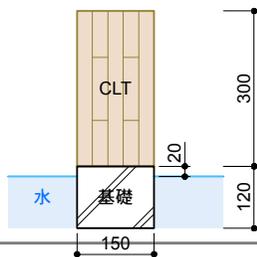
CLT

C.CLT

各2体

C-1. スギCLT

C-2. スギCLT+アスファルトルーフィング



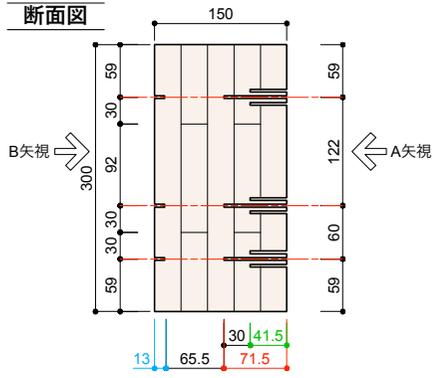
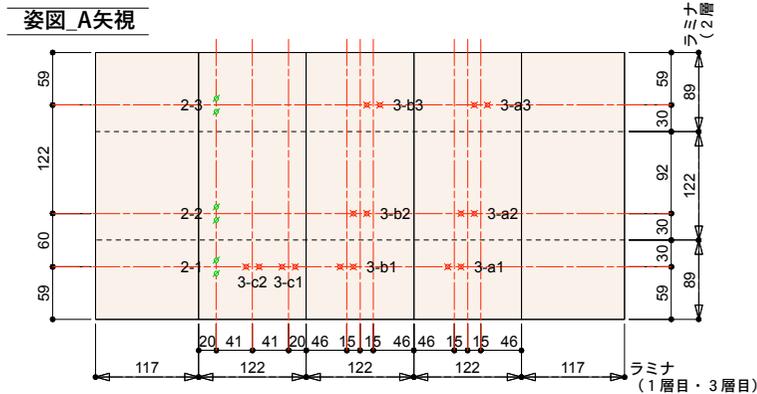
3. 基礎を介して水分をどのように吸着するか

コンクリート基礎からの水分移動を検証する

2-1. 試験体の種類 -1

二-2-1

【CLT】スギ・ヒノキ 300h

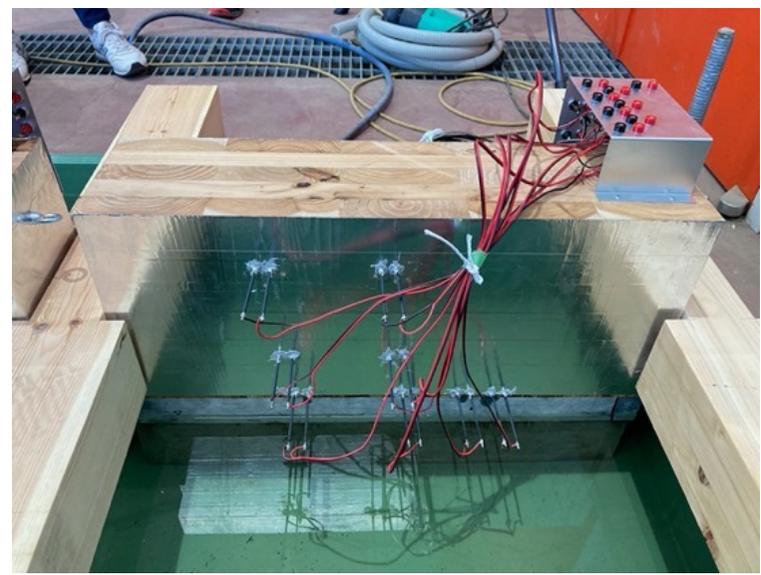
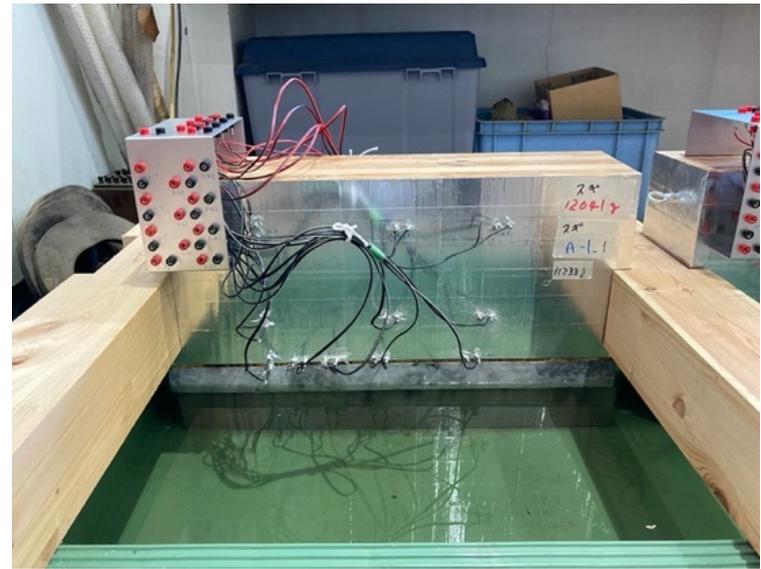
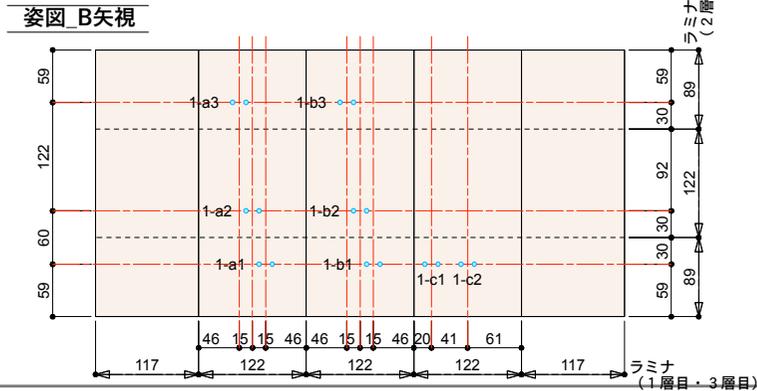


〈凡例〉

- 呼び孔_5.0φ d=13 1層目ラミナ
- d=41.5 2層目ラミナ
- ×× d=71.5 3層目ラミナ

〈数量〉

番号	スギ	ヒノキ
A-1	3	
A-2		3
C-1	2	
C-2	2	
計	5	3
ブランク試験体	1	1



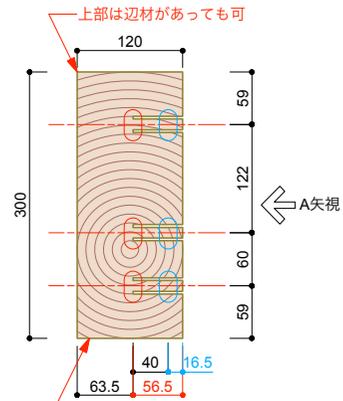
2-2. 試験体の種類 -2

二-2-2

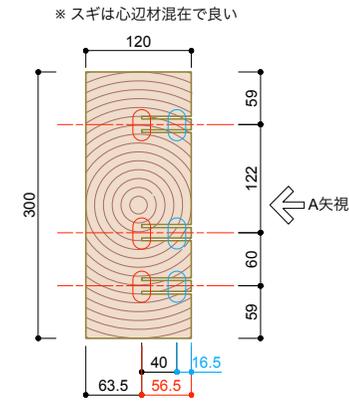
【製材】 スギ・ヒノキ心材 300h

断面図

B-1 ヒノキ心材土台 3体+1



B-2 スギ土台 3体+1



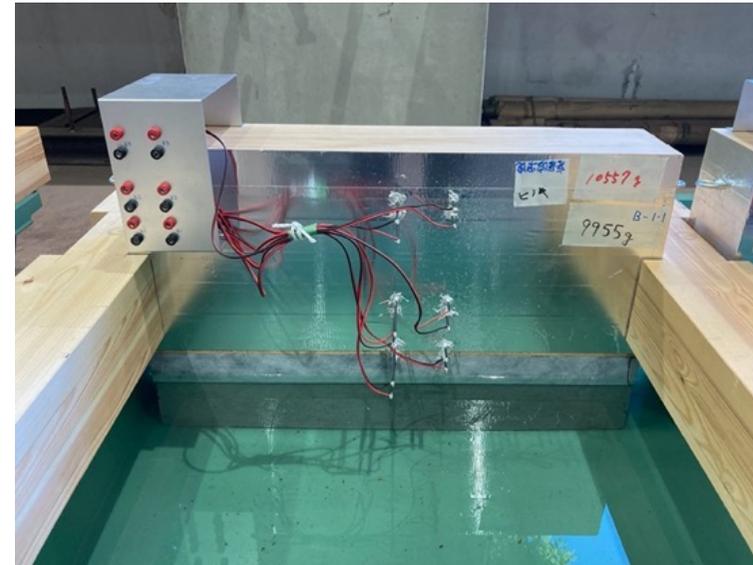
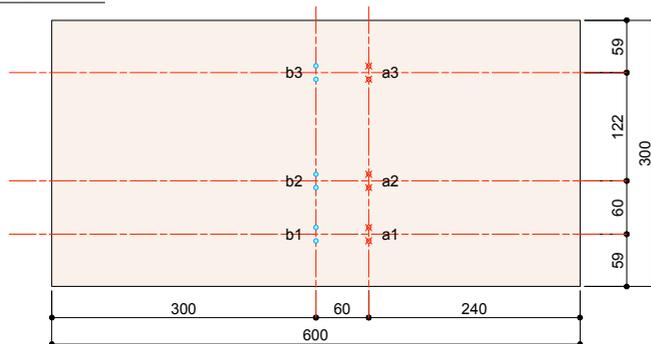
〈数量〉

番号	ヒノキ	スギ
B-1	3	
B-2		3
計	3	3
ブランク試験体	1	1

〈凡例〉



姿図 A矢視



2-3. 試験体の種類 -3

二-2-3

【CLTラミナ】 スギ・ヒノキ 300h

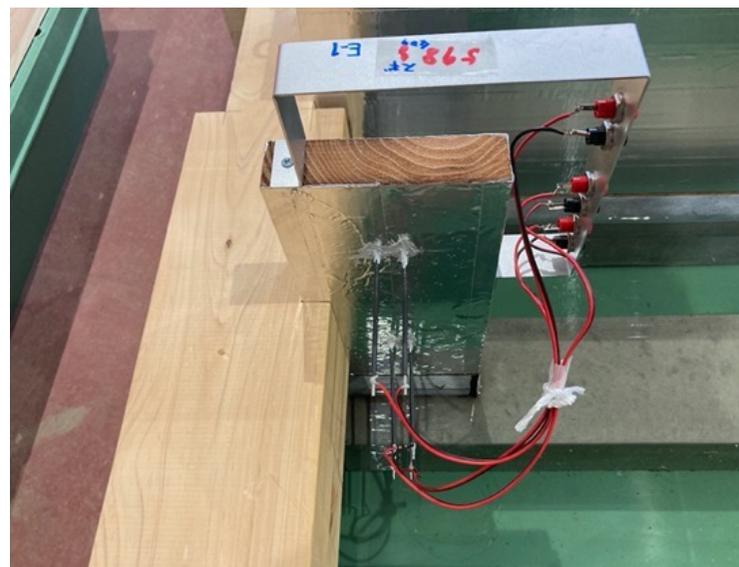
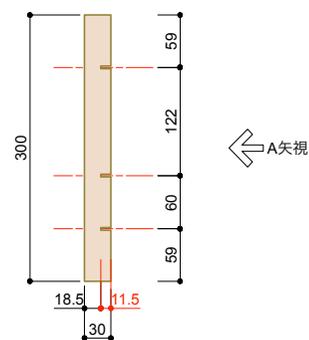
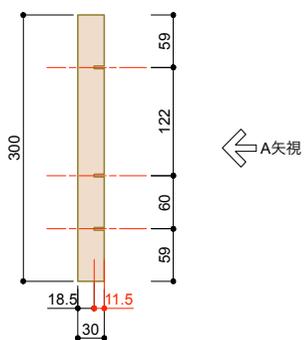
断面図

E-1 スギ

1体

E-2 ヒノキ

1体



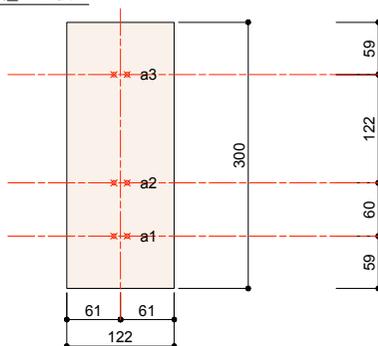
〈数量〉

番号	ヒノキ	スギ
E-1	1	0
E-2	0	1
計	1	1
ブランク試験体	0	0

〈凡例〉

呼び孔_5.0φ × × d=11.5

姿図_A矢視



2-4. 試験体の種類 -4

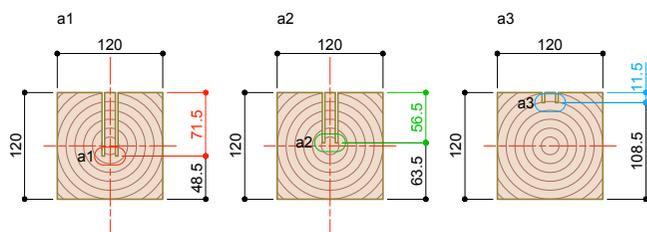
二-2-4

【製材】 スギ・ヒノキ心材 120h (流通材)

断面図

F-1 ヒノキ心材土台 3体+1

F-2 スギ土台 3体+1



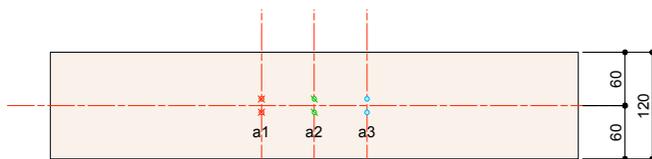
〈数量〉

番号	ヒノキ	スギ
F-1	3	
F-2		3
計	3	3
ブランク試験体D5・D6	1	1

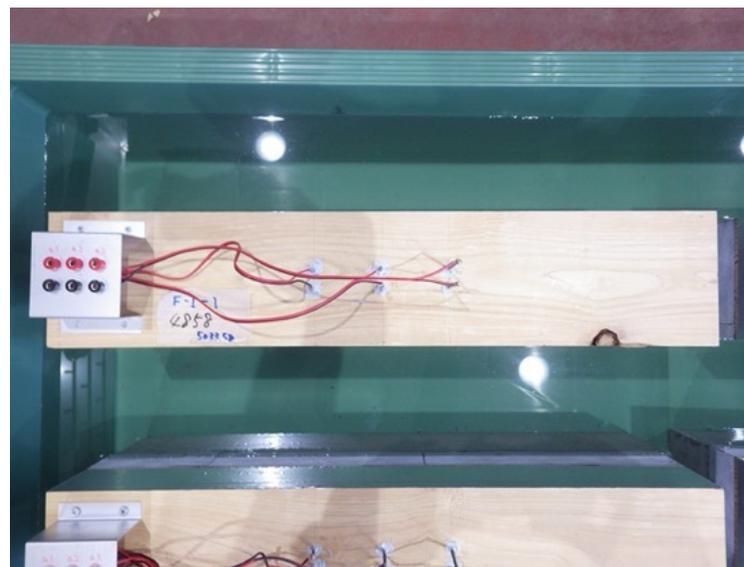
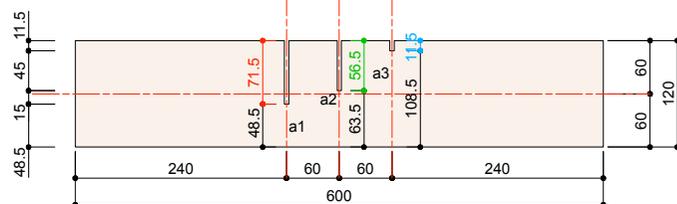
〈凡例〉

呼び孔_5.0φ	15	d=11.5
	15	d=56.5
	15	d=71.5

姿図_上面図

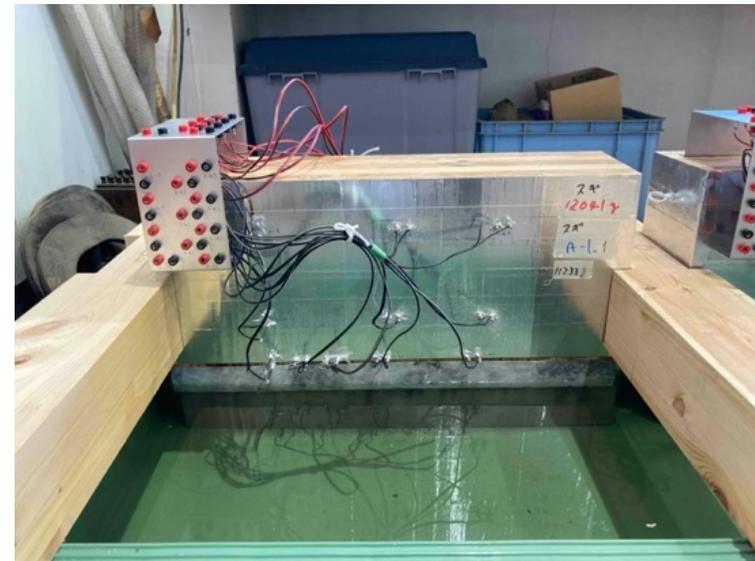
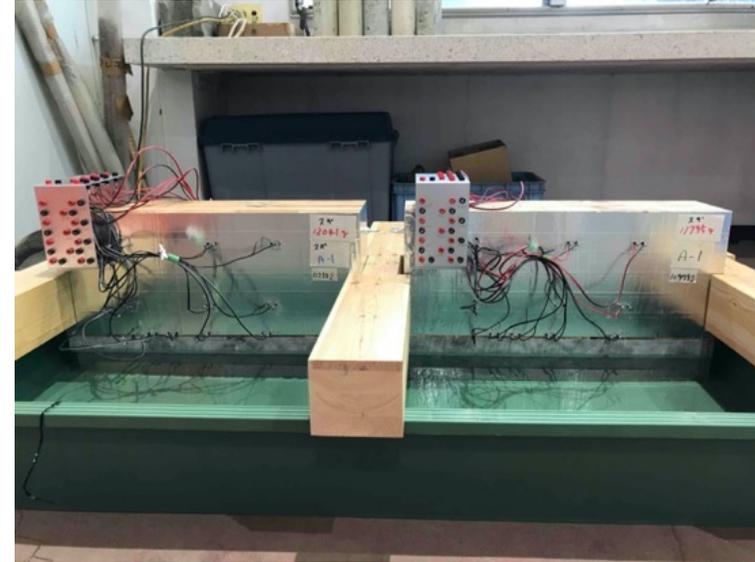
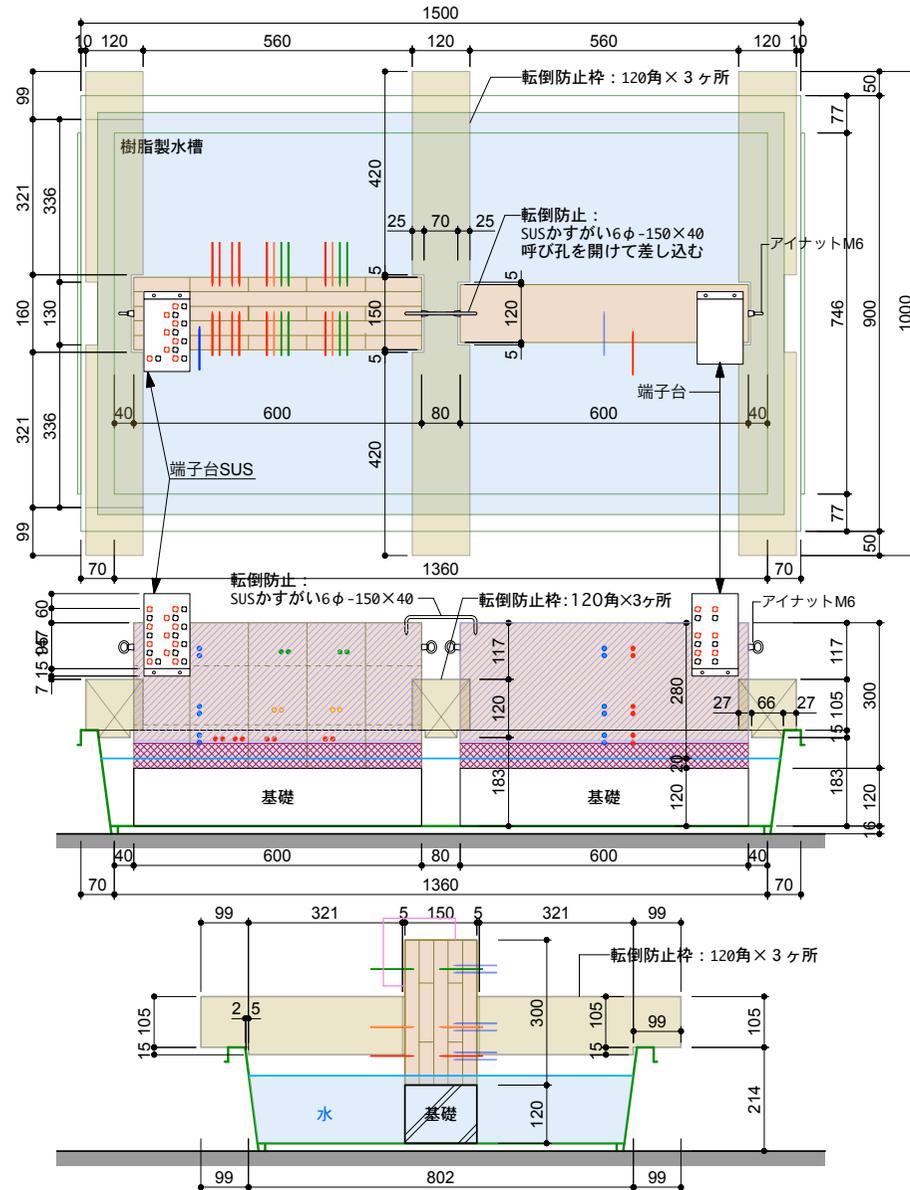


姿図_側面図 (A矢視)



3-1. 試験ユニット

ニ-3-1



3-2. 試験場レイアウト

ニ-3-2

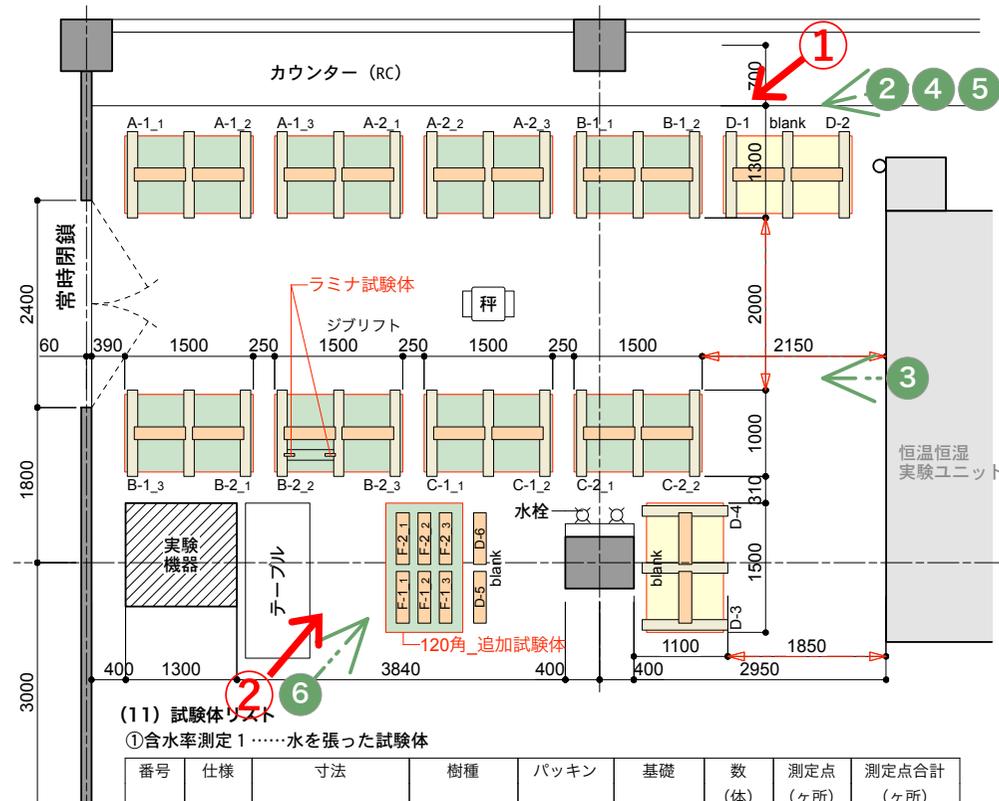


①



②

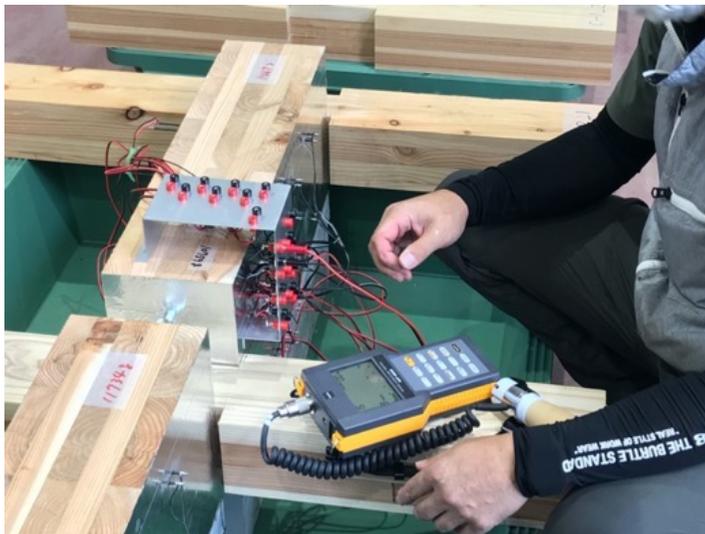
- プラスチックの舟 1 1 基を配置し、PC基礎と試験体固定用の栈木をセット。
試験体を設置して、所定の水位まで注水。



4-1. 含水率測定

二-4-1

■ 含水率測定 (電気抵抗式含水率計)



■ 重量測定



■ 水分吸着_測定スケジュール

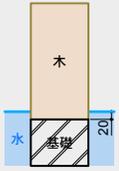
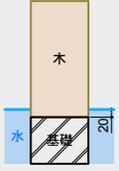
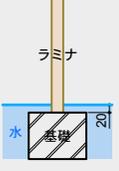
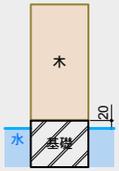
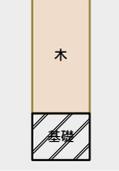
開始	1週目 ▶	2週目 ▶	3・4週目 ▶	5週目以降~ ▶▶
8/16	毎日	1回/2日	1回/3日	1回/週

■ 水分放出 (乾燥) _測定スケジュール

▶▶ ▶▶ 水分吸着継続	乾燥開始 10/26~
1回/週	1回/週

4-2. 試験体の種類と試験の経過

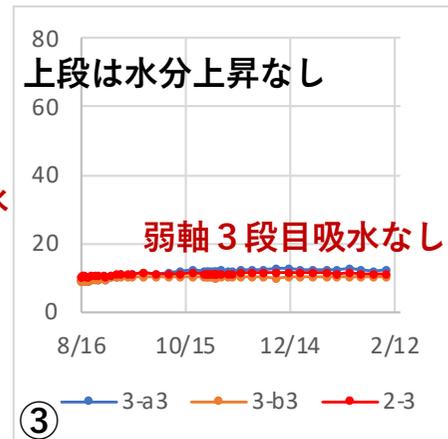
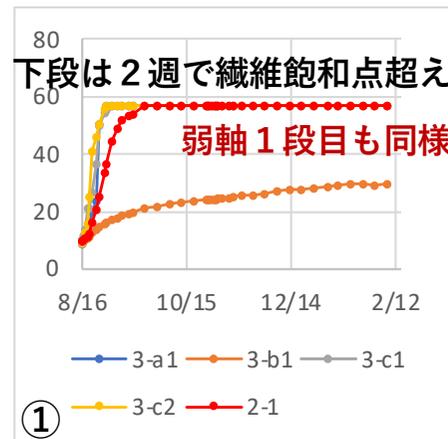
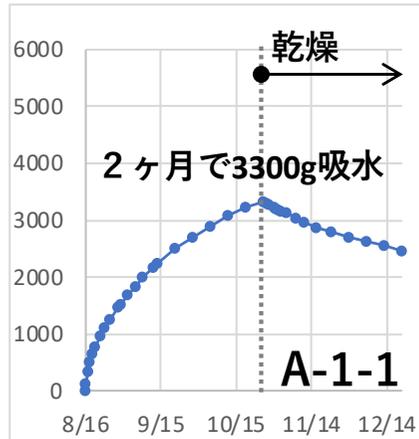
二-4-2

水深	試験体		数量	8	9	10	11	12	1	2
	A CLT	A-1スギ	3体	水分吸着			各1体：解体・全乾法測定 11/21			
		A-2ヒノキ	3体	8/16		10/26	各2体：乾燥へ移行			1/31
	B 製材	B-1ヒノキ心材	3体	水分吸着						
		B-2スギ	3体	8/16	10/5	◆ B-2スギ：中断				
	E ラミナ	E-1スギ	1体	水分吸着			乾燥へ移行			
		E-2ヒノキ	1体	8/16		10/26				
	F 製材 120角	F-1ヒノキ心材	3体		水分吸着					
		F-2スギ	3体		9/28					
	C CLT	C-1スギ	2体	水分吸着						
		C-2スギ+防水紙	2体	8/16						
	D ブランク	A-1/A-2 B-1/B-2 F-1/F-2	各 1体	水分吸着						
				8/16	9/28_Fを開始					

5-1. 測定結果-1…水中浸漬

【CLT】スギ 300h

ニ-5-1



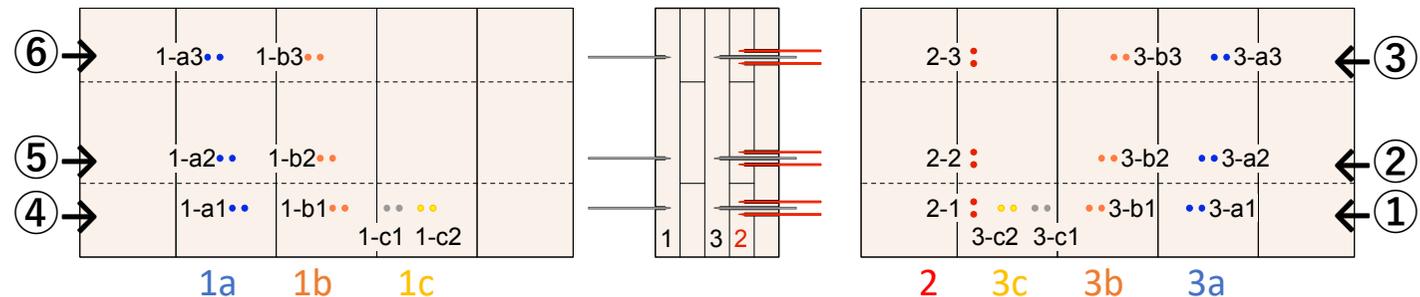
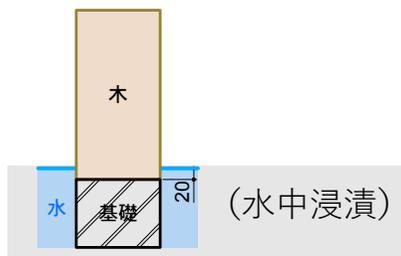
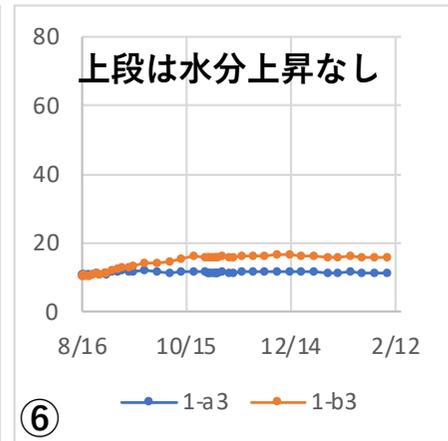
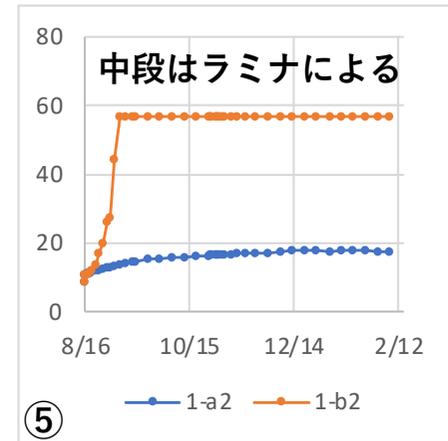
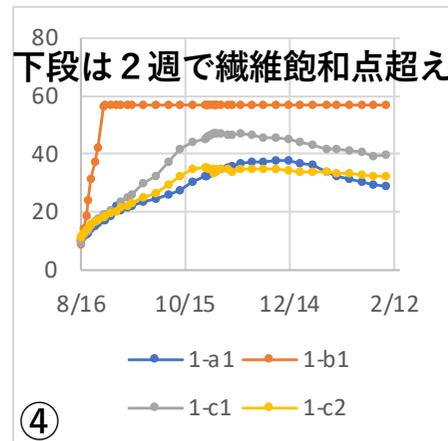
重量変化 (g)

吸水：2ヶ月で3300g

4日で800g

乾燥：2ヶ月で800g

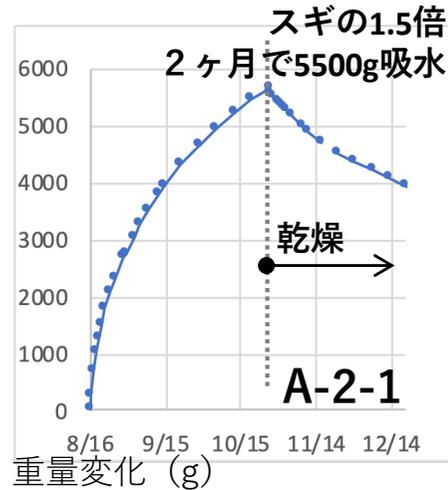
- 水分の吸収は早く進むが、放出（乾燥）は時間がかかる。
- 弱軸2段目にも吸水あり



5-2. 測定結果-2 …水中浸漬

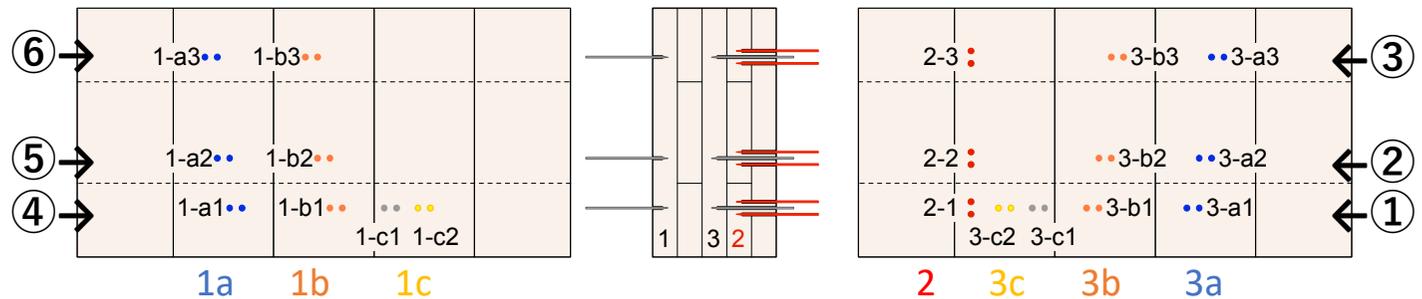
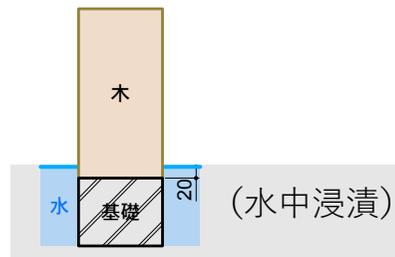
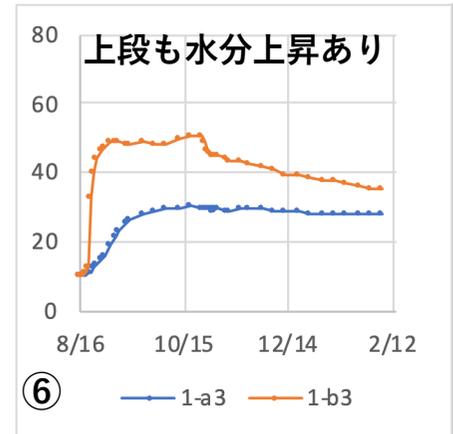
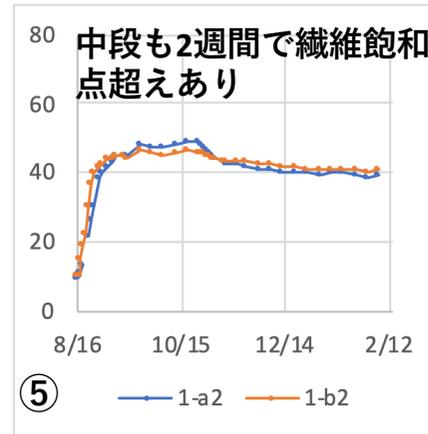
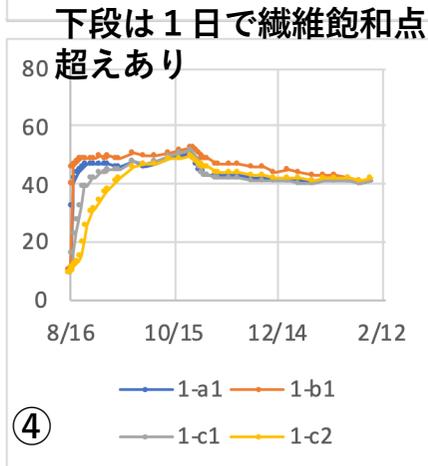
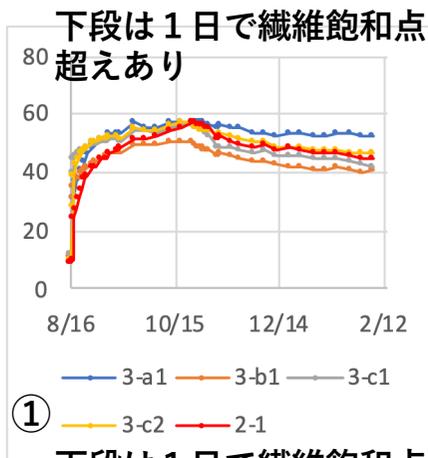
【CLT】ヒノキ 300h

ニ-5-2



吸水：2ヶ月で5500g
4日で1500g
乾燥：2ヶ月で1500g

- 水分の吸収は早く進むが、放出（乾燥）は時間がかかる。
- 弱軸3段目にも吸水あり

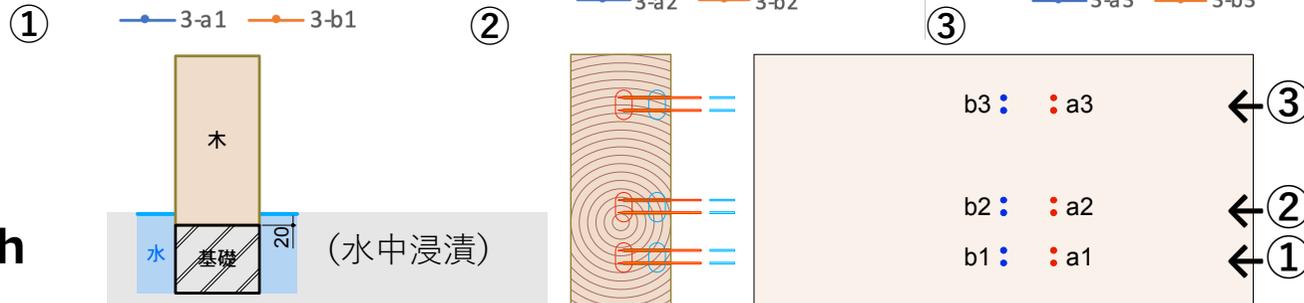
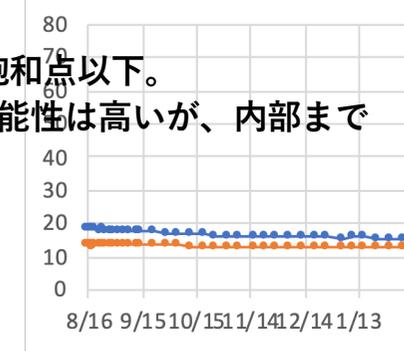
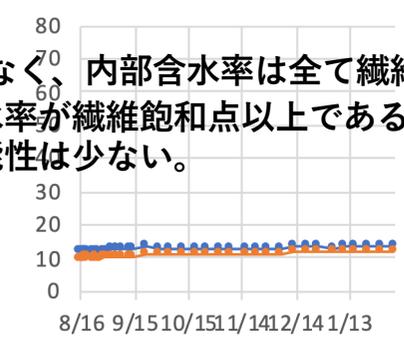
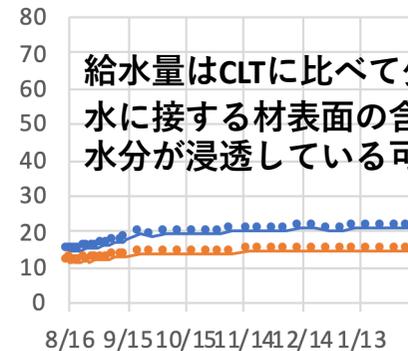
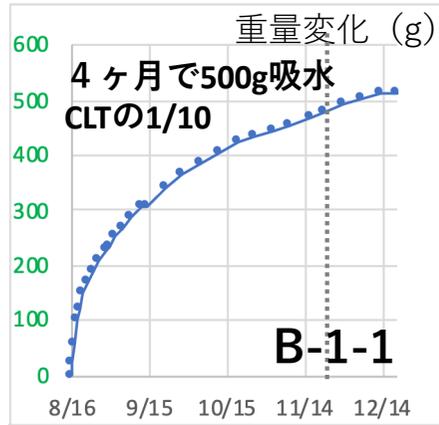


重量が減っても内部含水率の低下は少なく、乾燥は空気と接している部分で主に発生し、内部の水分減少は少ない。 38

5-3. 測定結果-3…水中浸漬

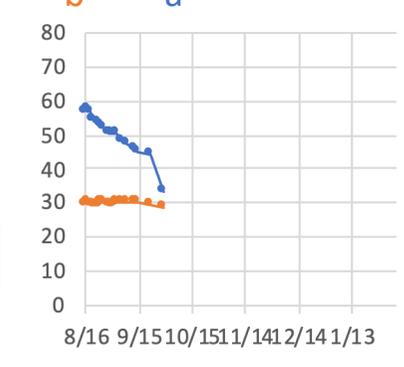
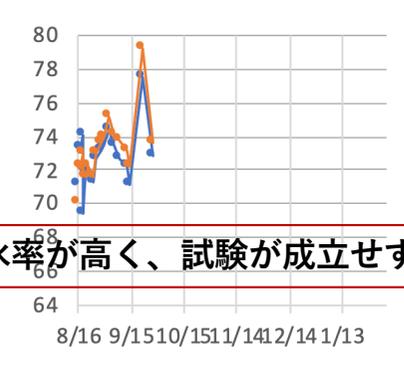
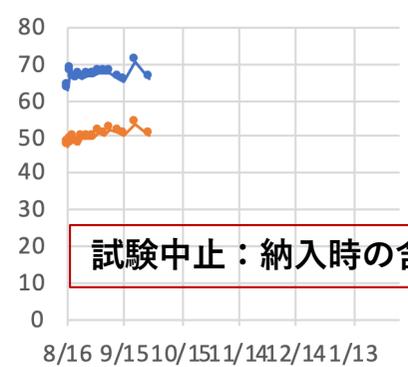
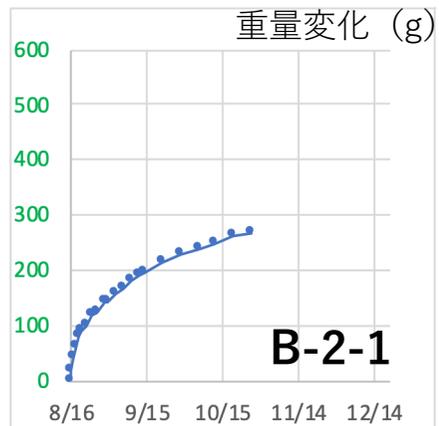
二-5-3

【製材土台】ヒノキ (心材) 300h



給水量はCLTに比べて少なく、内部含水率は全て繊維飽和点以下。
 水に接する材表面の含水率が繊維飽和点以上である可能性は高いが、内部まで水分が浸透している可能性は少ない。

【製材土台】スギ 300h

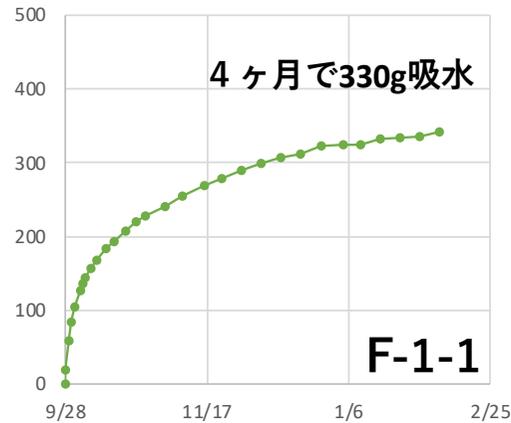


試験中止：納入時の含水率が高く、試験が成立せず

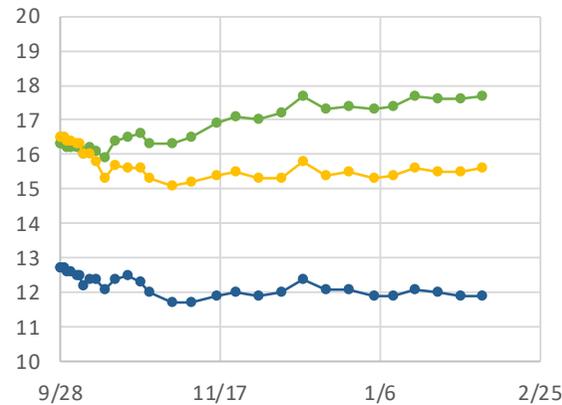
5-4. 測定結果-4

二-5-4

【製材土台】ヒノキ (心材) 120h



重量変化 (g)

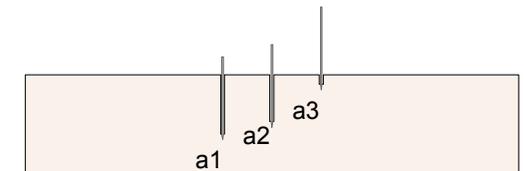


含水率変化 (%)

- 水分吸収による重量変化はあったが、内部含水率はほぼ一定であり、水分の吸収は水と接する表面近くに限定されていると考えられた。
- 上面近くの測定点a3では、逆に乾燥傾向が見られた。

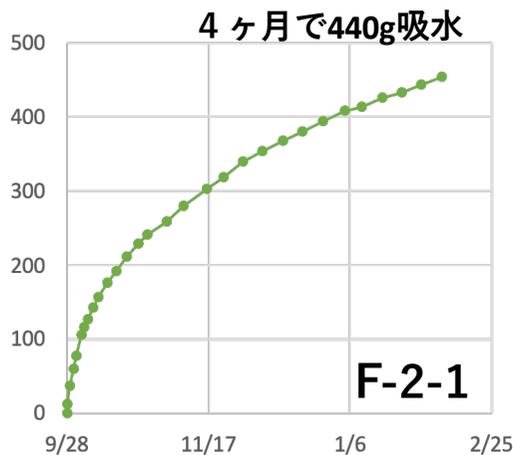


上面図

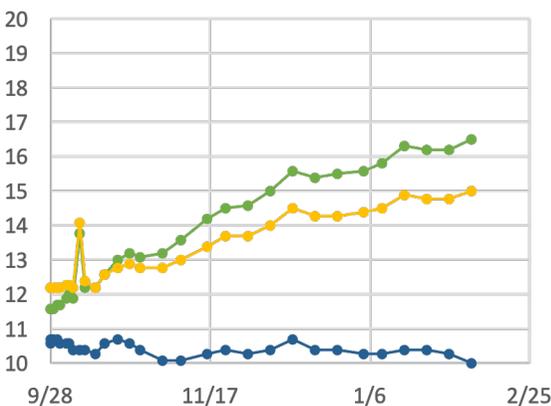


断面図

【製材土台】スギ 120h

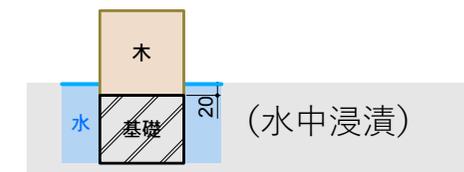


重量変化 (g)



含水率変化 (%)

- ヒノキ心材に比べるとやや含水率計増加が多かったが、上面近くの測定点a3ではヒノキと同様に乾燥傾向が見られた。



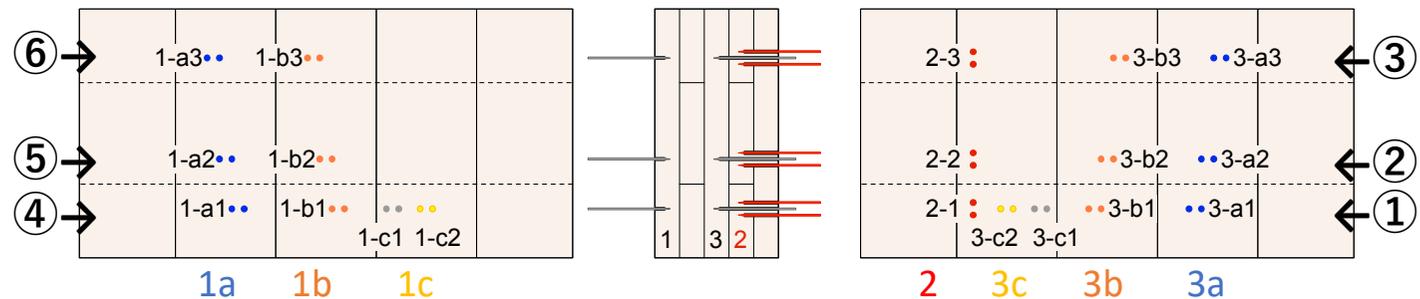
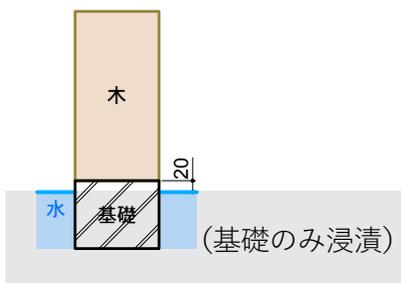
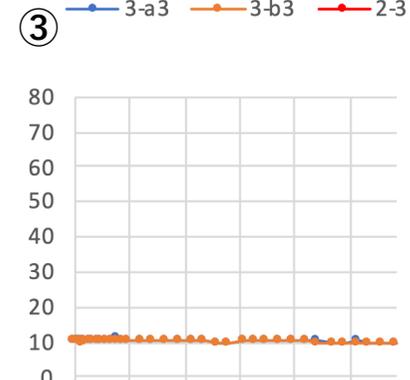
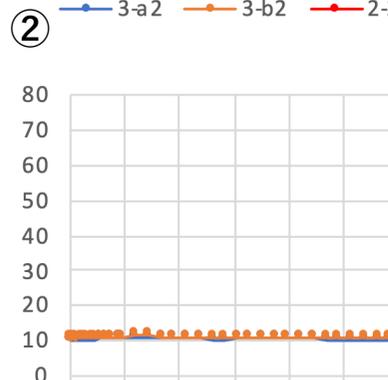
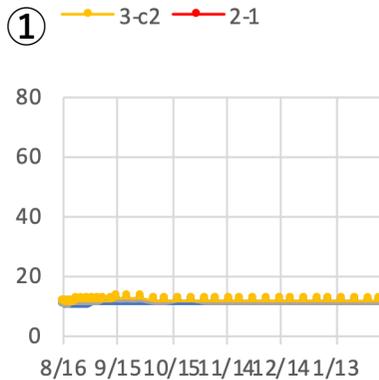
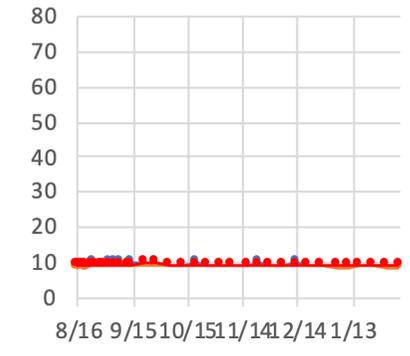
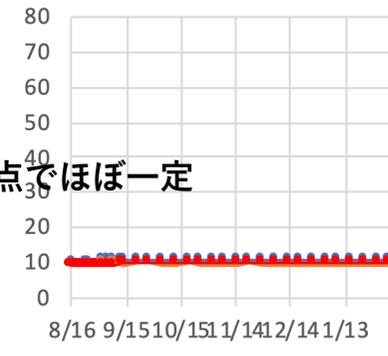
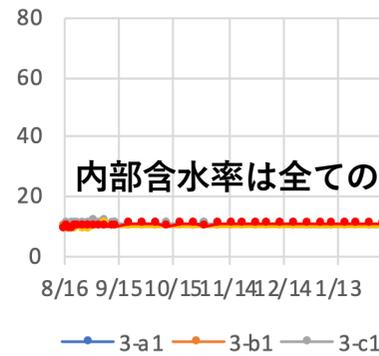
5-5. 測定結果-5 ……基礎のみ水中に浸漬

二-5-5



重量変化 (g) C-1-1

- 若干の重量増加が計測され、基礎と接する面で水分を吸着したと考えられた。
- 内部含水率はほぼ一定であった。水分の吸収は基礎と接する表面近くに限られていると考えられる。



5-6. 測定結果-6 ……基礎のみ水中に浸漬

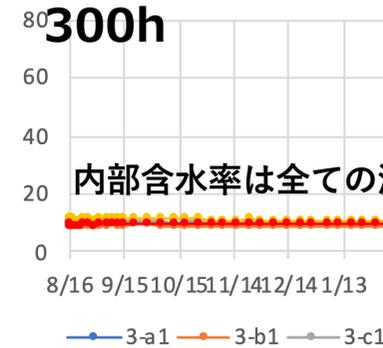
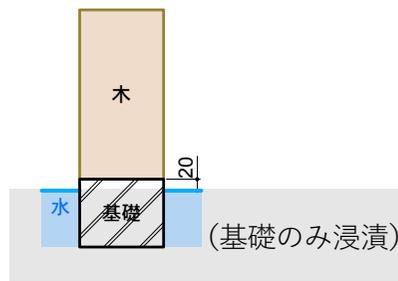
二-5-6

【CLT】ヒノキ (心材)



重量変化 (g) C-2-1

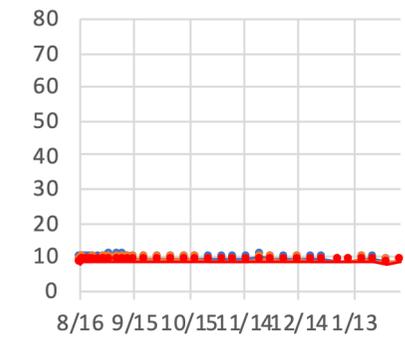
- 若干の重量増加が計測され、基礎と接する面で水分を吸着したと考えられた。
- 内部含水率はほぼ一定であった。水分の吸収は基礎と接する表面近くに限られていると考えられる。



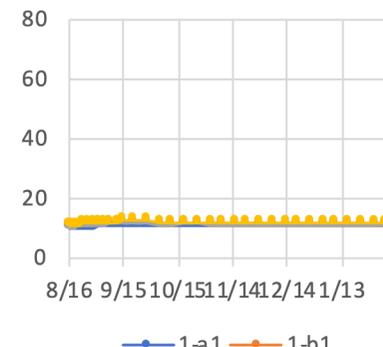
①



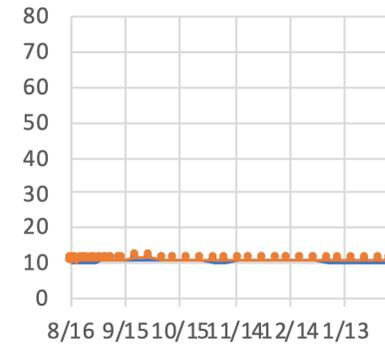
②



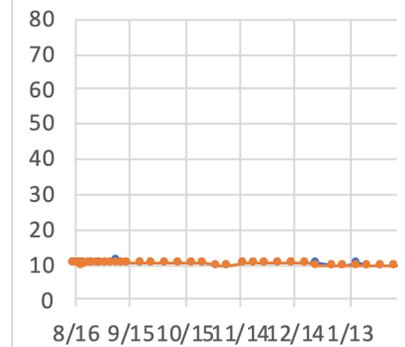
③



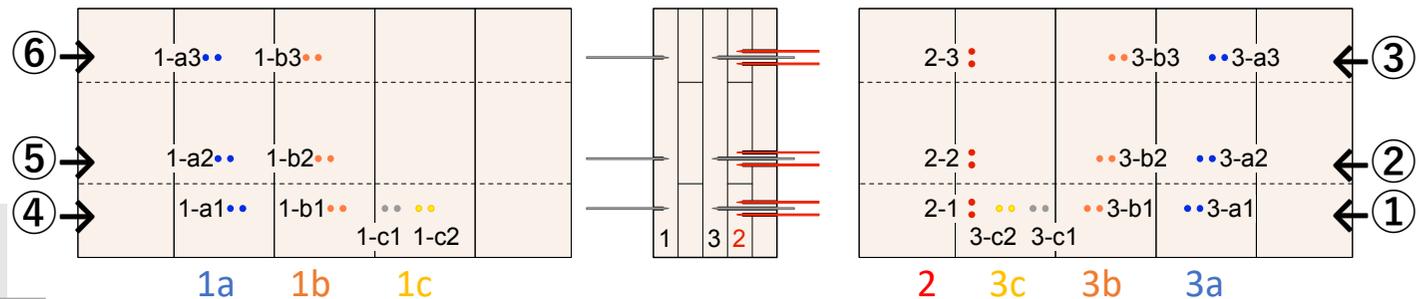
④



⑤



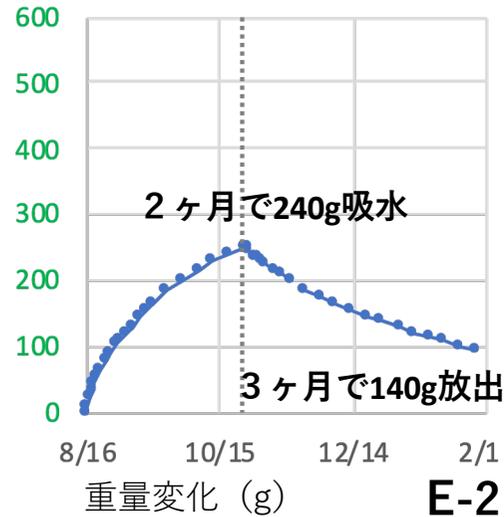
⑥



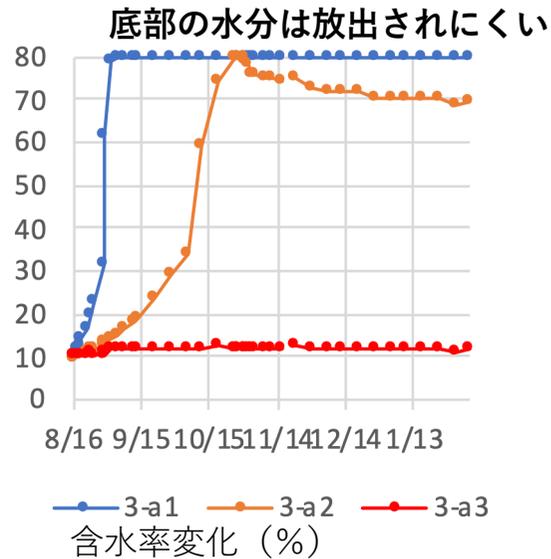
5-7. 測定結果-7

ニ-5-7

【ラミナ】 スギ



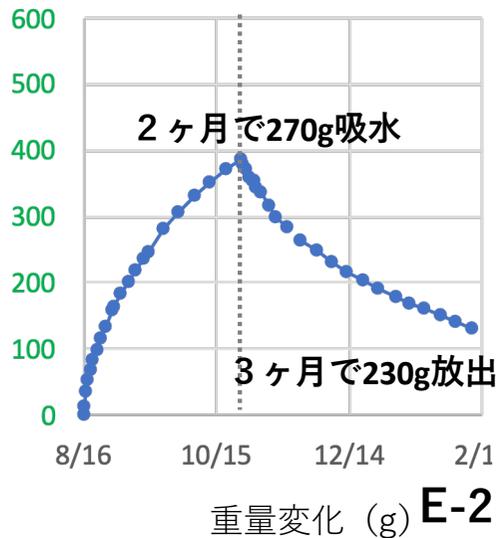
E-2



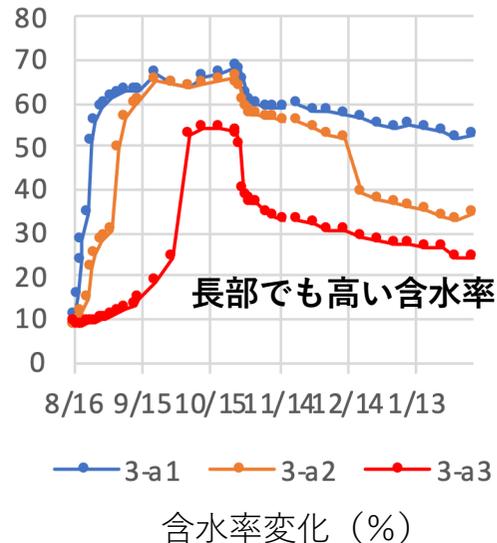
- 2ヶ月で240g吸水し、3ヶ月かかって吸収量の6割の140gを放出。
- 底部の内部含水率は2週間で平行含水率に達しその後変化がない。基礎と接する底部の水分は放出されにくい。



【ラミナ】 ヒノキ (心材)



E-2

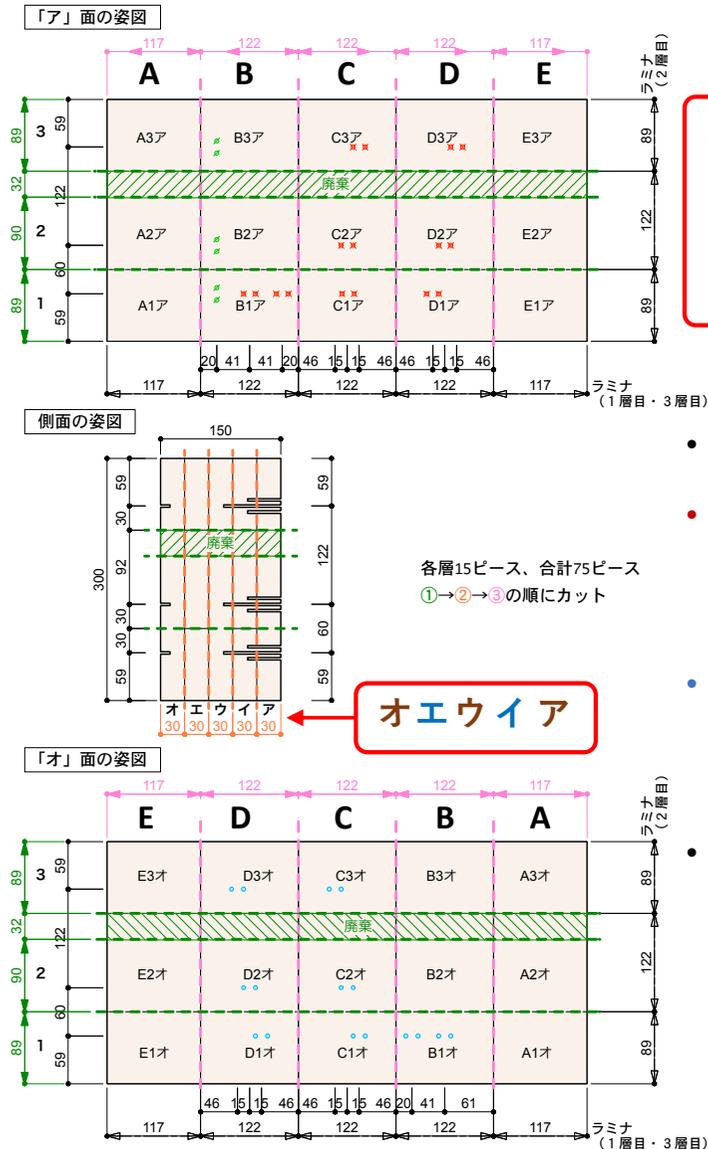


- スギに比べてヒノキの重量増加が大きく、ヒノキの水分透過率が高いことが確認された。
- 一部の試験体と同じく頂部に近い測定点a3でも高い含水率が測定された。ラミナ間の空隙等ではなく、ラミナ自体が水分を上部まで吸収していることが示された。

6-1. 全乾法による内部含水率

二-6-1

全乾試験用の試験片の切り出し



3
2
1

- 数値は全乾含水率を示す。
- **強軸層は最上部において繊維飽和点を超える場合がある。**
- **弱軸層の3段目においても繊維飽和点を超える場合がある。**
- 下線を引いた数字はフィンガージョイントがある試験体。この結果では水分影響に与える影響は明確ではなかった。

全乾試験による試験片の含水率

【凡例】

凡例 (%)
110-
90-110
70-90
50-70
30-50
10-30

【ヒノキA-2-3】

強軸層

ア	A	B	C	D	E
3	25%	60%	30%	52%	26%
2	64%	103%	61%	73%	70%
1	141%	129%	116%	121%	147%

弱軸層

イ	A	B	C	D	E
3	20%	23%	20%	19%	18%
2	29%	31%	30%	27%	24%
1	97%	91%	95%	69%	54%

【スギA-1-2】

強軸層

ア	A	B	C	D	E
3	28%	17%	14%	16%	14%
2	52%	53%	22%	21%	26%
1	137%	156%	125%	98%	139%

弱軸層

イ	A	B	C	D	E
3	16%	15%	14%	16%	14%
2	27%	28%	20%	26%	20%
1	51%	57%	43%	53%	44%

強軸層

ウ	A	B	C	D	E
3	21%	66%	20%	17%	30%
2	33%	102%	34%	39%	47%
1	94%	162%	88%	111%	95%

弱軸層

エ	A	B	C	D	E
3	40%	45%	52%	50%	47%
2	28%	28%	26%	26%	25%
1	94%	50%	35%	31%	53%

強軸層

ウ	A	B	C	D	E
3	25%	15%	14%	23%	14%
2	107%	66%	20%	132%	25%
1	173%	177%	118%	187%	148%

弱軸層

エ	A	B	C	D	E
3	17%	20%	27%	28%	26%
2	28%	25%	24%	24%	22%
1	72%	55%	50%	44%	44%

強軸層

オ	A	B	C	D	E
3	98%	37%	100%	46%	19%
2	135%	69%	128%	95%	34%
1	129%	141%	119%	147%	120%

強軸層

オ	A	B	C	D	E
3	35%	16%	20%	15%	14%
2	74%	23%	74%	26%	35%
1	158%	105%	150%	135%	136%

6-2. 含水率計と全乾法の測定値の比較

二-6-2

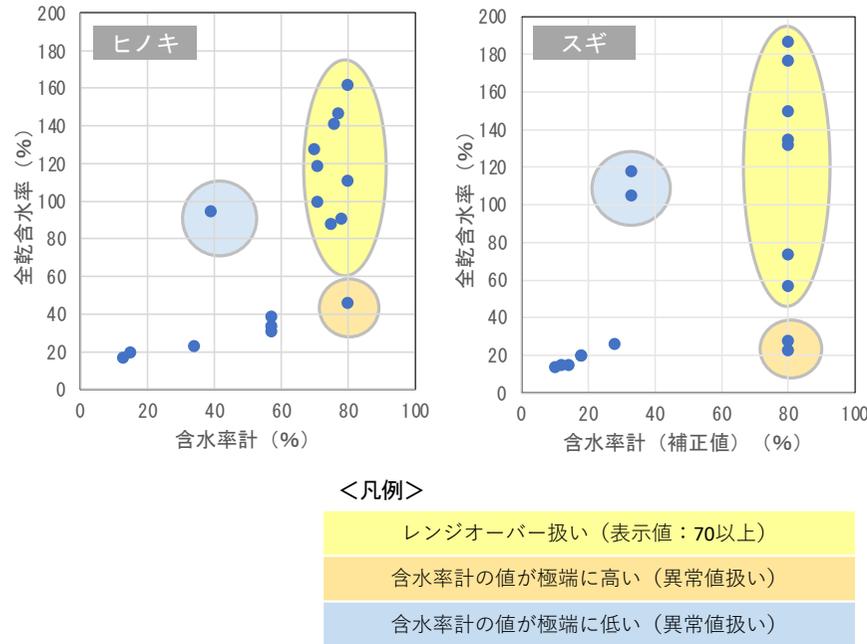
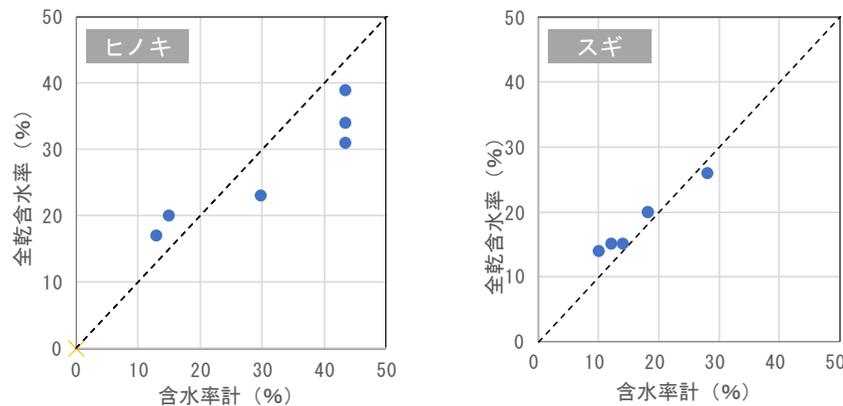


図40 含水率計と全乾含水率の関係



◀ 含水率計（横軸）と全乾法（縦軸）の値を比較-1

- レンジオーバーのもの
- 含水率計の値が極端に高いもの
- 含水率計の値が極端に低いものを異常値として削除

◀ 含水率計と全乾法の値を比較-2

- 両者は概ね一致していると言える。

7-1. まとめ……水分吸着性状検証実験

二-7-1

(1) 土台を水中に浸漬した場合の水分吸着性状の検証

- CLTにおいてはスギ、ヒノキとも水中に端部を浸漬した状態では強軸ラミナにおいて高い水分吸収が発生した。特に水分透過性に優れたヒノキでは、吸水から24時間後に繊維飽和点に達する部分も存在した。
- 全乾法による内部含水率の検討においては、端部が水に接している強軸ラミナだけではなく、弱軸の直接水に接しないラミナにおける含水率上昇も確認され、特にヒノキの場合に顕著であった。
- 土台を模した製材については、水分吸収は水と接する表面近くのみ限定されると考えられ、内部の含水率変化は小さかった。

(2) 基礎のみを水中に浸漬した場合の水分吸着性状の検証

- 基礎からのCLTへの水分移動による含水率上昇は接触部分近辺にとどまり、内部含水率には影響しないと考えられた。

7-2. まとめ……含水率計による内部含水率測定

二-7-2

(3) 含水率計による内部含水率測定の検証

- ステンレス針の測定端子を用いた**電気抵抗式含水率計**による内部含水率の測定値と**全乾法**による測定値は**概ね一致**した。このことから、実質的な測定範囲である含水率58%以下（できれば各樹種の測定レンジの測定範囲以内）であれば、**本測定方法は内部含水率の測定に有効**と言えた。異常値がいくつか発生していることから、この低減を検討する必要があると言えた。
- 全ての試験において言えることであるが、木材の液水の吸収はラミナの繊維方向、仮導管の状態等の組織構造の影響を受けるため、試験体毎、CLTにおいては試験体を構成する**ラミナ毎の個体差が大きい**ことが改めて確認された。
- **吸水量が少ない（重量変化が少ない）試験**においては、試験室の温湿度変化の影響を除するため、**ブランク試験体の設置が必要**であることが確認できた。

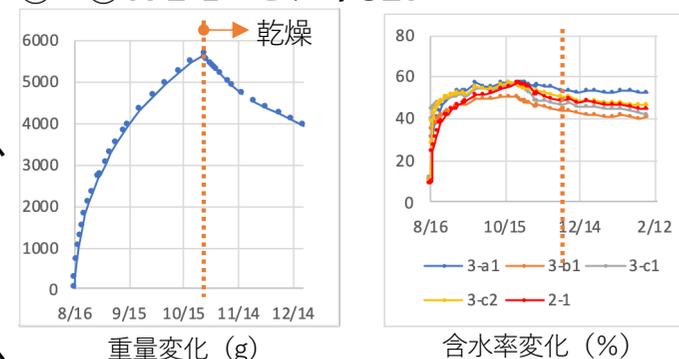
8-1. 基礎直置き仕様の検討……実験からの考察

二-8-1

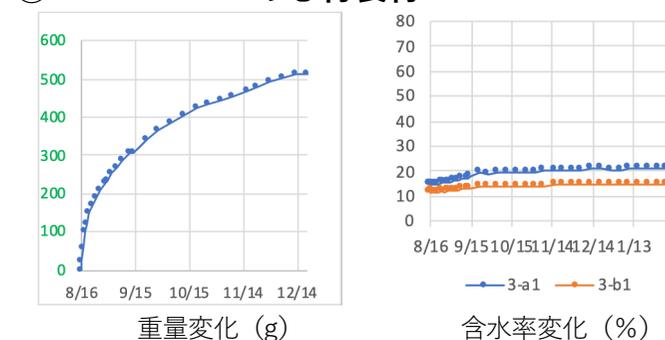
本年度の実験から得られたポイントは以下の4点である。

- ① **CLTが基礎と接する面に水分を浸漬させた状態では、強軸ラミナにおいて高い水分吸収が発生するだけでなく、水に直接接しない弱軸ラミナにも水分上昇が起こって、吸水量は数日のうちに繊維飽和点を超え、さらに上昇して含水率は60%を超える。**
- ② 水中への浸漬を停止すると徐々に吸収された水分が放出されるが、その**放出速度はゆるやかでなかなか進まない。**
- ③ 一方、**製材土台が基礎と接する部分に水分を滞留させた状態では、水分吸収は起こるがその程度はCLTの1/10程度**であり、水分に接する部材底部の**含水率も20%程度までの上昇にとどまる。**
- ④ CLTと基礎が接する面が滞留水の水面よりも上であり、**CLTの底部が水分に直接接していないならば、基礎を介しての水分の吸着は極めて限定的である。**

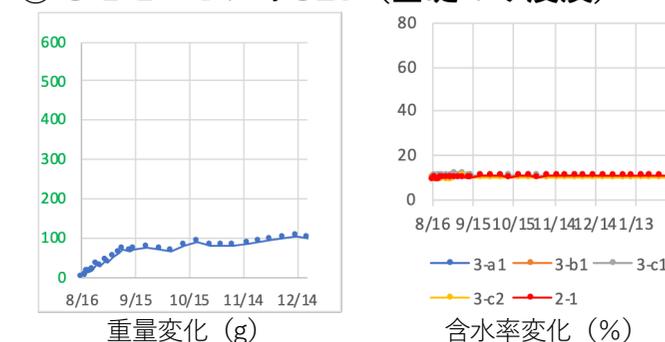
①・② A-2-1 ヒノキCLT



③ B-1-1 ヒノキ心材製材 h300



④ C-1-1 ヒノキCLT (基礎のみ浸漬)



8-2. 基礎直置き仕様の検討の方向性

二-8-2

■ 事故的漏水があってもCLTの底部が浸水しないこと

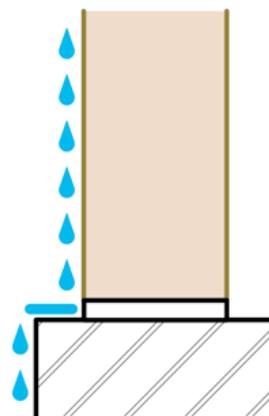
CLTの底部が水分に触れるとその水分は急速に吸収され、一度吸収された水分が放出されるには相当の時間を要することが実験により確認された。

含水率が繊維飽和点を超えて高い状態が継続すると腐朽の危険性が高まることから、**事故的に漏水があってもCLTが水分に接することがない構造**とすることが必須と考えられる。



【CLTと基礎が同幅】

CLT厚と基礎の幅が同一であれば、事故的な漏水があってもCLT底部を滲水させる水分の滞留は起こらない。



【CLT + ネコ土台 + 基礎】

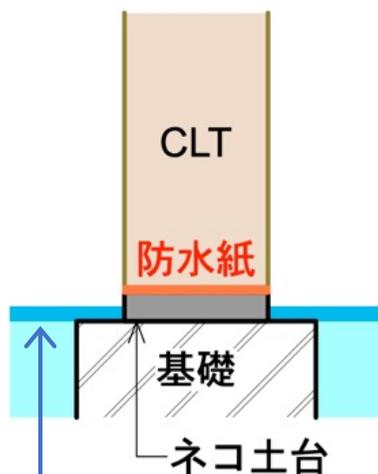
CLTの下にネコ土台を敷いて、基礎天端に事故的漏水が滞留してもCLT底部が滞留水に浸漬しない構造とする。

基礎をダブル配筋すると基礎幅はCLT厚より大きくなり、この対策が有効。

8-3. 令和5年度の試験の検討

二-8-3

■ 事故的漏水があってもCLTの底部が浸水しない仕様



- ① ネコ土台を敷いて、基礎天端に水分が滞留してもCLTの底面が浸水しない構造とする。

ネコ土台の材質

- モルタル
- 金属

- ② 防水紙を敷いてネコ土台を介した水分吸着を防止す

防水紙の材質

- 改質アスファルトルーフィング
- 透湿防水シート
- 基礎天端防湿シート
- WP塗装
- なし

ネコ土台の高さの半分まで浸水させて、基礎天端に事故的水分滞留状態を再現してCLT底面からの水分吸着を検証する。

M10. END