

# CLTの製造コストを半減し、施工コストを 他工法並みにする技術開発

## 国産材CLT普及促進コンソーシアム

研究代表者 塔村真一郎 (森林総研)

- A. 国立研究開発法人 森林研究・整備機構
- B. 株式会社 オーシカ
- C. 一般社団法人 日本CLT協会
- D. 国立大学法人 京都大学
- E. 株式会社 ドット・コーポレーション
- F. 地方独立行政法人 北海道立総合研究機構
- G. 国立大学 広島大学
- H. 国立大学 東京農工大学
- I. 一般社団法人 産業環境管理協会
- J. 有限会社 平子商店
- K. 鳥取県林業試験場
- L. 国立大学法人 東京大学
- M. 一般社団法人 サステナブル経営推進機構

## CLT活用施工技術開発コンソーシアム

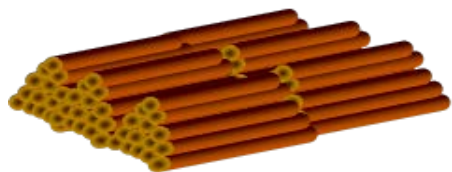
研究代表者 服部 順昭 (東京農工大)

- A. 国立大学法人 東京農工大学
- B. 国立研究開発法人 森林研究・整備機構
- C. 一般社団法人 日本CLT協会
- D. 国立研究開発法人 建築研究所
- E. 株式会社 竹中工務店
- F. 清水建設 株式会社
- G. 三井住友建設 株式会社
- H. 有限会社 平子商店
- I. 福島県 (協力機関)
- J. 国立大学法人 東京大学
- K. 立命館大学

前半：両課題の技術開発成果  
後半：コスト評価・環境影響評価

# CLT (Cross Laminated Timber) の普及により林業再生、循環型社会に貢献

再造林  
CO<sub>2</sub>吸収機能向上



スギ等国産材の  
利用推進



炭素の長期固定



建設中の中大  
規模CLT建築物

# CLTの普及に向けた新たなロードマップ ～需要の一層の拡大を目指して～（より抜粋）

CLT活用促進に関する  
関係省庁連絡会議

目標	取組事項	H29年度	H30年度	H31年度	H32年度	目指す姿
CLTを使い易くする	中高層建築物におけるCLTの利用が容易になるよう建築部材等の開発を促進	耐火性能の向上に向けた技術開発・国交大臣認定の取得（2時間耐火構造床・壁の開発等） 混構造建築物の設計・施工技術の開発	大臣認定仕様を普及させるための講習会等の実施		引き続き実施	中高層建築に木が使われる時代の到来
	樹種に応じた基準強度やより幅広い層構成により合理的な設計を可能にする	追加の強度試験データを収集し、整理がてき次第、追加告示化		引き続き実施		
	需給動向を踏まえつつ全国的な生産体制の構築	地方ブロックバランスを考慮した工場整備 CLT生産能力 H28: 5万㎡/年 → H29: 6万㎡/年 → H32: 10万㎡/年				
	CLTの標準化による効率量産体制への移行	施工性・汎用性の高いパネルサイズ等の情報収集・整理	標準規格の検討・作成			CLTの普及が先進地の欧米並みに充実
まとまった需要を確保してコストを下げ、広く民間建築物等におけるCLTの需要を創出	「基本方針」※1にCLT活用を明記		公共建築物等への積極的な活用 ※2			
材料コストや建築コストを下げる	H36年度までに年間50万㎡程度の生産体制を構築 CLT製品価格を半減(7~8万円/㎡に)し、施工コストを他工法並に					



材料コストや建築コストを下げる

**CLTの製造コストを半減する**

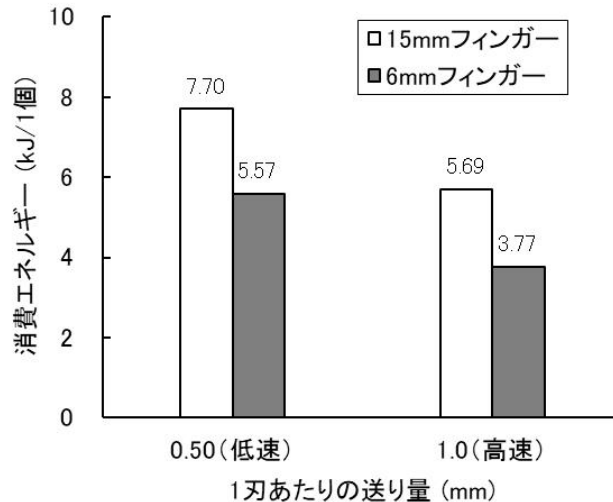
**施工コストを他工法並みに**

- CLT製造の効率量産化
  - ・ CLTの製造の効率化・標準仕様策定
- CLT用途開発による需要拡大
  - ・ 非構造用の用途開発・保存処理法の開発
  - ・ 中層大規模建築に2時間耐火性能付与
- 施工コストをRC造並みにする新たな施工法
- コスト・環境影響評価

# マイクロフィンガージョイントラミナを使ったCLT

従来の15mmから6mmに！

強度性能基準にも適合



## ■ ひき板をたて継ぎする際の製造の効率化

6mmのフィンガーで、消費エネルギーを約50%削減

歩留まり約1%向上 (1mの材をフィンガージョイントした場合)

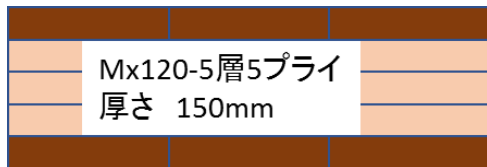
製造コストの削減に貢献！

# 量産化のための標準製品仕様の策定

CLTを用いた建築（住居、事務所、集合住宅）の床や壁毎に、標準製品サイズと仕様を策定

	床	壁	垂壁	腰壁
幅	1m, 2m	1m, 1.5m, 2m	645mm	675, 875, 1075, 1275mm
長さ	1m~4m	2.7m, 4.0m	1.0, 1.5, 2.0m	1.0, 1.5, 2.0m
厚さ (強度等級)	180mm (Mx90-5-5) 24mm (Mx90-7-7)	90mm (Mx60-3-3) 150mm (Mx60-5-5)	同左	同左

スギでは製造しにくい  
強度性能 ⇒



## 住宅用床の最適な製品仕様



← 接着剤・ラミナが多く  
必要でコスト高

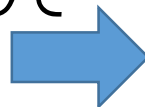


標準品の量産体制を確立し、製造コストを低減！  
特注品生産からの脱却で常時在庫確保可能！



# CLT保存処理技術の開発

- 深浸潤処理（特許申請中）  
インサイジング処理+薬剤処理
- ラミナの段階でインサイジングして  
表面に配置
- 既存の装置や設備で実施  
可能
- あらゆるサイズのCLTをプレ  
カット後でも処理が可能



輸出も視野に蒸暑地域への  
CLTの需要拡大に貢献！



実大サイズのCLTで検証



浸漬によるCLTの薬剤処理

# 中高層ビルに必要な2時間耐火CLT壁の開発

性能評価試験に**合格**

2時間耐火CLT外壁

2時間耐火CLT間仕切り壁



国交**大臣認定を取得済**

(申請者：日本CLT協会)



■ 実際の建物に使用可能

■ 中高層ビルの**どこにでも**  
**CLT壁を使用可能**

中高層CLT建築物の普及促進に貢献！



耐火試験中の炉内

試験後被覆材の脱落はない

試験後のCLTは全く  
焦げていない

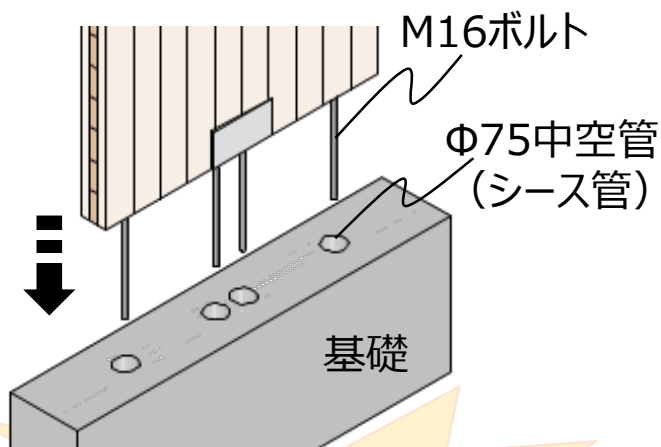
# CLTパネルの低コスト施工法の開発

## 施工精度の影響を受けない新工法

### 逆差しアンカー工法

プレキャストコンクリート構造で  
実用化されている工法の応用

現在の工法では、基礎コンクリートのボルトに、**ミリ単位**の施工精度が求められ**施工上のネック**に



**施工誤差の吸収が可能！**  
現在の一般的な工法と同等の  
構造性能！



逆差しアンカーグラウト



CLT建築物の施工現場



# CLT製造コストの評価とシミュレーションツールの開発

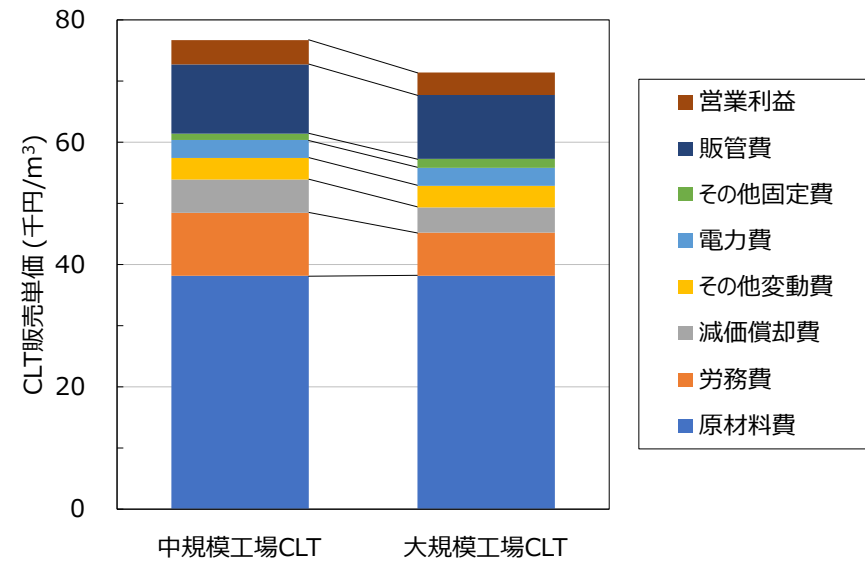
素材生産および原木流通コストの評価  
 原木・ラミナの輸送コストを推計し、CLT  
 生産システムの精緻化に資する情報を提供

原木輸送のトラックサイズ・輸送距離別  
 コストの推計結果

原木	輸送距離 (km)			
	25	50	75	100
トラックサイズ				
4 t	2,049	3,666	5,284	6,901
10 t	1,343	2,406	3,468	4,530
フルトレーラー	1,232	2,193	3,153	4,114

入力項目				出力項目			
1	輸送トラック	数量	200 台/年	105	CLT製造生産量	26,530 m <sup>3</sup> /年	
2	運賃	計算式	対距離で計算、または?	106	平均年製造量	37,374 m <sup>3</sup> /年	
3	シフト数	時間	180 日/年	107	材積		
4	シフト数	時間	2 シフト	108	7/9/1	0 m <sup>3</sup> /年	
5	トラックの長さ	長さ	3.0 m	109	7/9/2	0 m <sup>3</sup> /年	
6	トラックの幅	幅	9.0 m	110	7/9/3	0 m <sup>3</sup> /年	
7	トラックの高さ	高さ	0.27 m	111	7/9/4	0 m <sup>3</sup> /年	
8	トラックの重量	重量	7.29 t	112	7/9/5	0 m <sup>3</sup> /年	
9	トラックの燃費	燃費	2 ㎖/km	113	燃料消費率	49,208 ㎖/年	
10	トラックの燃費	燃費	50 %	114	燃料消費率	260 日/年	
11	トラックの燃費	燃費	05 ㎖/km	115	燃料消費率	2 シフト	
12	トラックの燃費	燃費	05 ㎖/km	116	燃料消費率	51,400 m <sup>3</sup> /年	
13	トラックの燃費	燃費	05 ㎖/km	117	燃料消費率	58.8 日/年	
14	トラックの燃費	燃費	05 ㎖/km	118	燃料消費率	7.65 ㎖/年	
15	トラックの燃費	燃費	05 ㎖/km	119	燃料消費率	8.11 ㎖/年	
16	トラックの燃費	燃費	05 ㎖/km	120	燃料消費率	27.21 ㎖/年	
17	トラックの燃費	燃費	05 ㎖/km	121	燃料消費率	4.11 ㎖/年	
18	トラックの燃費	燃費	05 ㎖/km	122	燃料消費率	31.32 ㎖/年	
19	トラックの燃費	燃費	05 ㎖/km	123	燃料消費率	1.54 ㎖/年	
20	トラックの燃費	燃費	05 ㎖/km	124	燃料消費率	31.32 ㎖/年	
21	トラックの燃費	燃費	05 ㎖/km	125	燃料消費率	31.32 ㎖/年	
22	トラックの燃費	燃費	05 ㎖/km	126	燃料消費率	31.32 ㎖/年	
23	トラックの燃費	燃費	05 ㎖/km	127	燃料消費率	31.32 ㎖/年	
24	トラックの燃費	燃費	05 ㎖/km	128	燃料消費率	31.32 ㎖/年	
25	トラックの燃費	燃費	05 ㎖/km	129	燃料消費率	31.32 ㎖/年	
26	トラックの燃費	燃費	05 ㎖/km	130	燃料消費率	31.32 ㎖/年	
27	トラックの燃費	燃費	05 ㎖/km	131	燃料消費率	31.32 ㎖/年	
28	トラックの燃費	燃費	05 ㎖/km	132	燃料消費率	31.32 ㎖/年	
29	トラックの燃費	燃費	05 ㎖/km	133	燃料消費率	31.32 ㎖/年	
30	トラックの燃費	燃費	05 ㎖/km	134	燃料消費率	31.32 ㎖/年	
31	トラックの燃費	燃費	05 ㎖/km	135	燃料消費率	31.32 ㎖/年	
32	トラックの燃費	燃費	05 ㎖/km	136	燃料消費率	31.32 ㎖/年	
33	トラックの燃費	燃費	05 ㎖/km	137	燃料消費率	31.32 ㎖/年	
34	トラックの燃費	燃費	05 ㎖/km	138	燃料消費率	31.32 ㎖/年	
35	トラックの燃費	燃費	05 ㎖/km	139	燃料消費率	31.32 ㎖/年	
36	トラックの燃費	燃費	05 ㎖/km	140	燃料消費率	31.32 ㎖/年	
37	トラックの燃費	燃費	05 ㎖/km	141	燃料消費率	31.32 ㎖/年	
38	トラックの燃費	燃費	05 ㎖/km	142	燃料消費率	31.32 ㎖/年	
39	トラックの燃費	燃費	05 ㎖/km	143	燃料消費率	31.32 ㎖/年	
40	トラックの燃費	燃費	05 ㎖/km	144	燃料消費率	31.32 ㎖/年	
41	トラックの燃費	燃費	05 ㎖/km	145	燃料消費率	31.32 ㎖/年	
42	トラックの燃費	燃費	05 ㎖/km	146	燃料消費率	31.32 ㎖/年	
43	トラックの燃費	燃費	05 ㎖/km	147	燃料消費率	31.32 ㎖/年	
44	トラックの燃費	燃費	05 ㎖/km	148	燃料消費率	31.32 ㎖/年	
45	トラックの燃費	燃費	05 ㎖/km	149	燃料消費率	31.32 ㎖/年	
46	トラックの燃費	燃費	05 ㎖/km	150	燃料消費率	31.32 ㎖/年	
47	トラックの燃費	燃費	05 ㎖/km	151	燃料消費率	31.32 ㎖/年	
48	トラックの燃費	燃費	05 ㎖/km	152	燃料消費率	31.32 ㎖/年	
49	トラックの燃費	燃費	05 ㎖/km	153	燃料消費率	31.32 ㎖/年	
50	トラックの燃費	燃費	05 ㎖/km	154	燃料消費率	31.32 ㎖/年	

CLT製造コストシミュレーション  
 ツールを開発  
 2つのCLT製造モデルを設定、販売単  
 価を試算し、コスト1/2 (15万円/  
 m<sup>3</sup>→8万円/m<sup>3</sup>) の可能性を提示



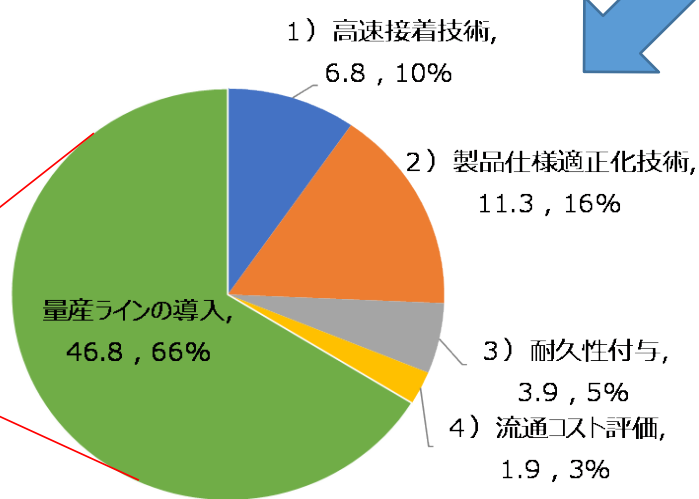
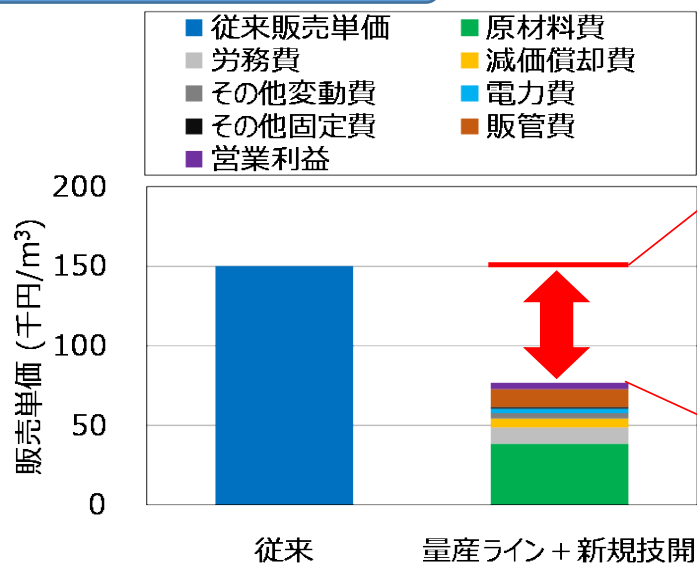
▲中規模および大規模工場CLTに  
 における販売単価の内訳

# 今回開発された技術

金額の単位：千円/m<sup>3</sup>

改善内容	販売単価 15万円/m <sup>3</sup>	量産ラインの 導入	研究項目						
			1) 高速接着技術			2) 製品仕様適正化技術		3) 耐久性 付与	4) 流通コスト 評価
改善内容	-	量産ラインの導 入	電力費 1/1000削減	歩留り70% →71%	プレス回数6回 →7回	充填率40% →50%	標準サイズCLT・保存処理CLT の普及で2シフト化	流通コスト減、 製材コスト減 (2.8→2.7万 円/m <sup>3</sup> )	
生産量 (m <sup>3</sup> /年)	設定なし	4,549	←	←	5,307	6,634	13,268	←	
製造原価	121.0	83.2	83.2	82.6	77.7	71.7	65.4	63.9	
販管費	21.5	14.8	14.8	14.7	13.8	12.8	11.6	11.4	
営業利益	7.5	5.2	5.2	5.1	4.8	4.4	4.1	4.0	
販売単価	150.0	103.2	103.2	102.4	96.3	88.9	81.1	79.2	
販売単価15万円/m <sup>3</sup> からの削減額	-	46.8	46.8	47.6	53.7	61.1	68.9	70.8	
各種改善による削減額	-	46.8	6.8			11.3		3.9	1.9

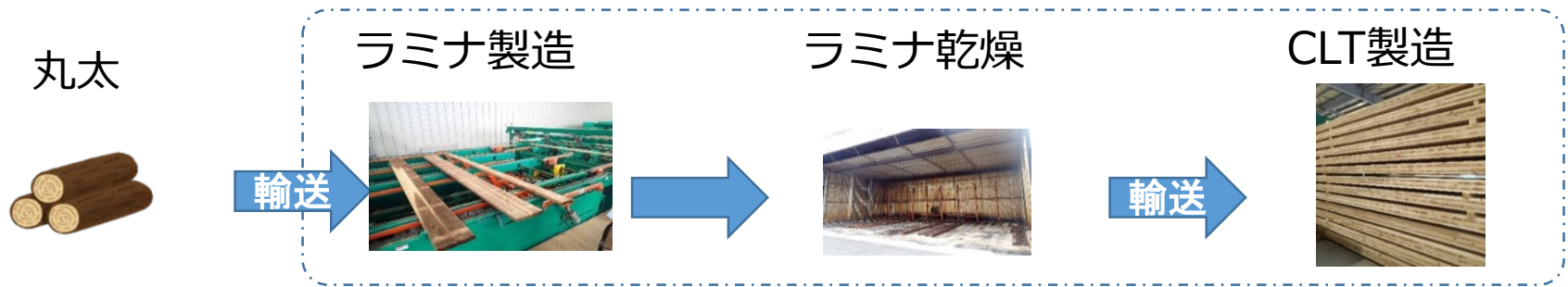
## 各種改善による削減額



経営判断の  
ツールとして  
利用可能!

# CLT製造の環境影響（LCA）評価

丸太生産からCLT生産に至るまでのサプライチェーンをモデル化し、これに基づき、CLTメーカー3社について**温室効果ガス排出量**と**外部コスト**（環境負荷から得られる社会コスト）を定量評価（日本初！）



## ■ 3社の生産量から加重平均値算出

→温室効果ガス排出量：**252 kg-CO<sub>2</sub>e/m<sup>3</sup>**

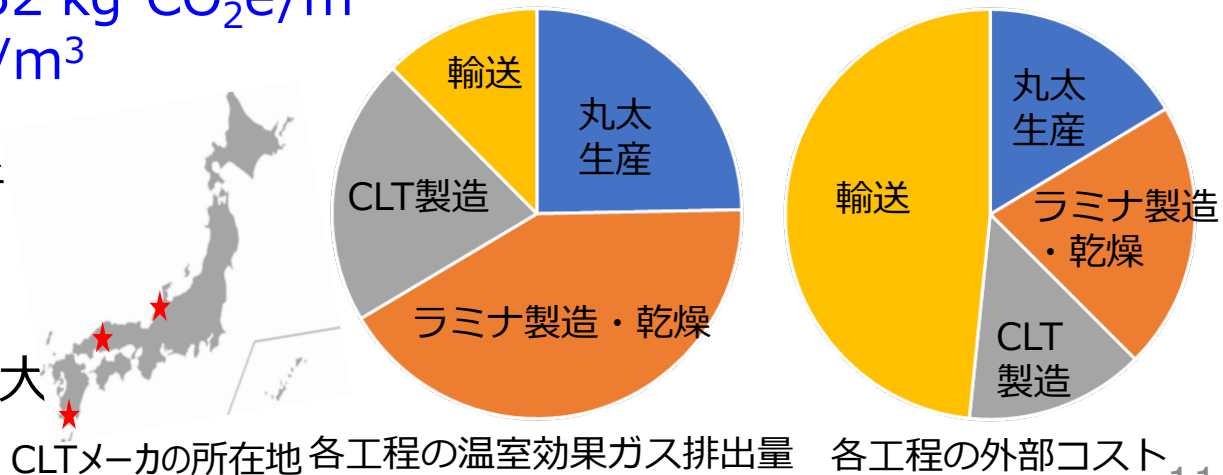
→外部コスト：**2,188 JPY/m<sup>3</sup>**

## ■ 各工程の環境負荷を解析

→温室効果ガス排出量は

「**ラミナ製造・乾燥**」が大

→外部コストは「**輸送**」が大



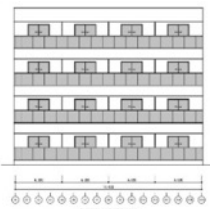
# CLTを使った建造物の施工方法別外部コストの比較

試設計データ（4階建て、延べ床面積等共通）を用いた環境影響評価の結果

試設計データ



CLT, CLT+S造



RC造



S造

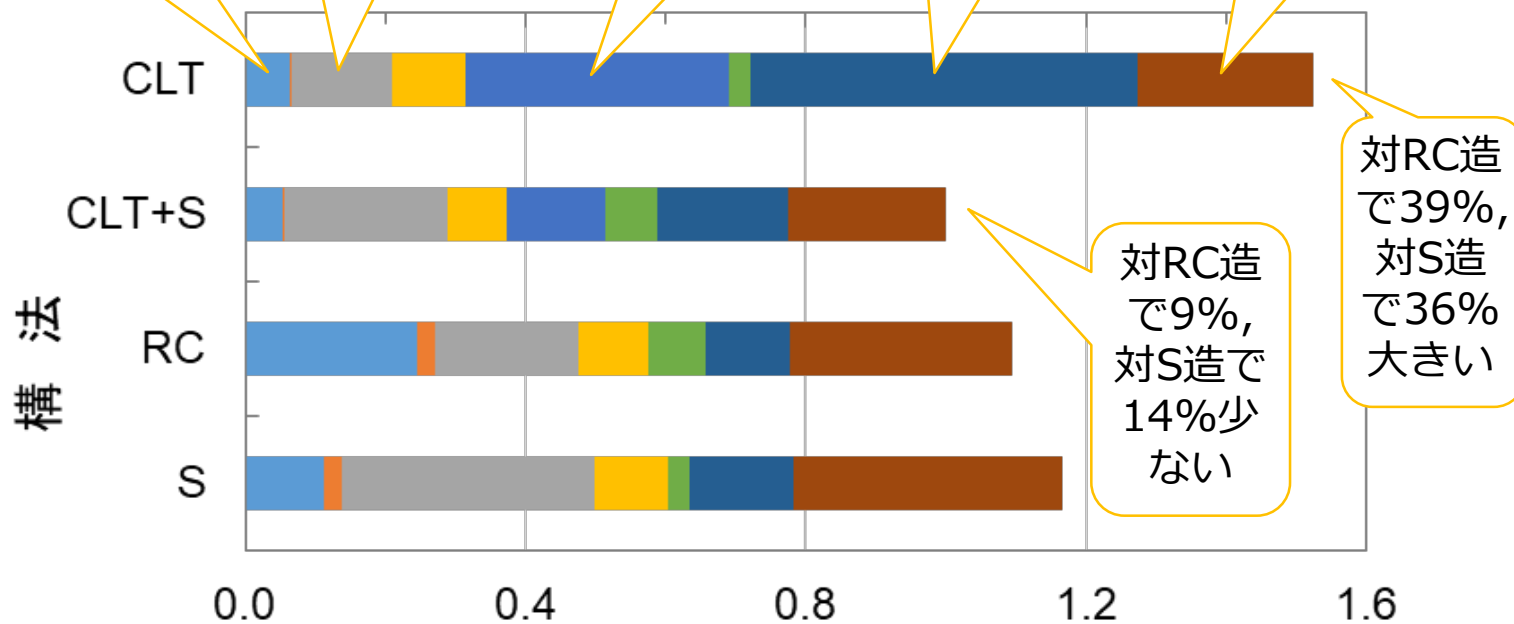
コンクリート  
使用量の減少

鉄鋼製品使用  
量の減少

CLT製造  
による増加

石膏ボード  
使用量の増加

その他の塗料  
使用量の増加



対RC造  
で9%  
対S造で  
14%少  
ない

対RC造  
で39%  
対S造  
で36%  
大きい

- コンクリート
- モルタル
- 鉄鋼製品
- 非鉄金属
- CLT
- その他木材製品
- 石膏ボード
- その他



# まとめ

- 本プロジェクトにより、CLTのコスト削減や需要拡大に必要な様々な技術が開発された
- 成果を実際に使っていくことでCLT普及拡大に貢献



**木材需要の増大  
林業経営体の経営強化**

さらなるCLT需要拡大のために



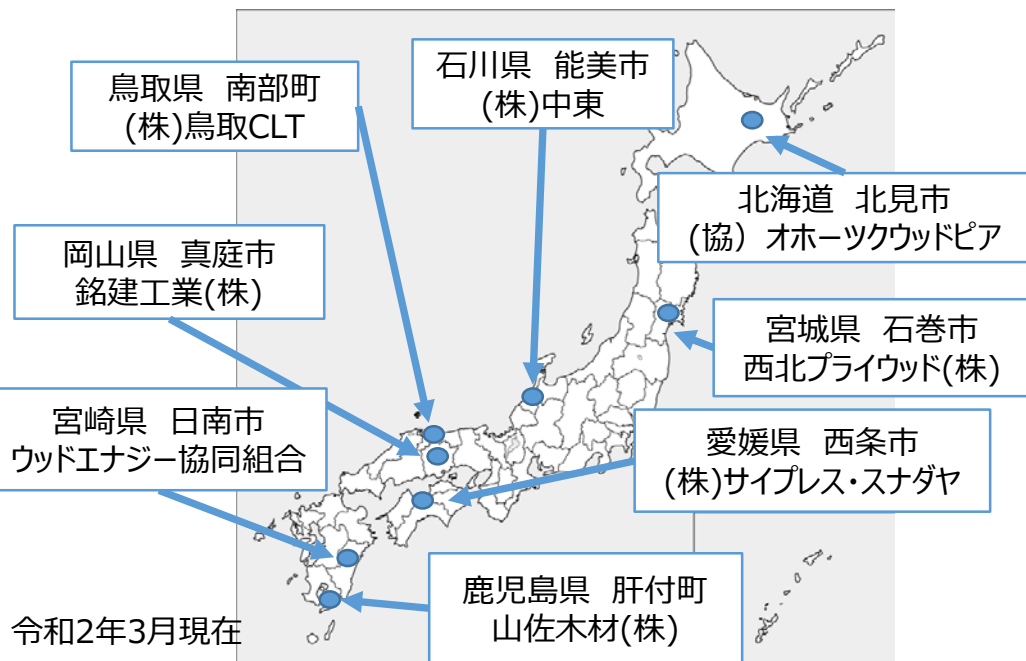
- サプライチェーンのコスト低減
- 低コスト耐火部材の開発
- 環境負荷の低減



- ユーザー側の環境意識改革  
(SDGs、ESG投資)



**林業の活性化  
循環型社会の構築**



令和2年3月現在

出典：合板検査会統計資料より

本研究は農研機構生研支援センター  
「革新的技術開発・緊急展開事業（うち経営体強化プロジェクト）」により実施した。