



TOHOKU  
UNIVERSITY

# CLTを活用した木造建築の可能性

東北大学大学院 教授 前田 匡樹  
(宮城県CLT等普及推進協議会幹事)






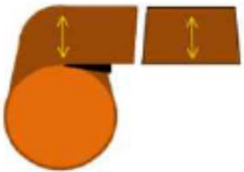


# 発表の内容

- ◆ CLTとは
- ◆ CLT建築の実例（海外）
  - 典型的な中低層建築（学校、公共施設など）
  - プレファブ・ユニット化と量産化
  - CLTの特徴を活かしたシンボリックな建築
- ◆ CLT建築の実例（日本）



# CLT(Cross Laminated Timber)とは

- ◆ ひき板(ラミナ)の層を各層で互いに直交積層。
- ◆ 寸法安定性に優れ、大断面の部材を形成できる。
- ◆ 断熱性、遮音性、耐火性に優れる。

繊維方向 原料	平行	直交
ひき板 	集成材 	CLT 
単板 	LVL 	合板 



TOHOKU  
UNIVERSITY

# CLTの特徴

- ◆ 1990年代に欧州で開発される
- ◆ 幅1.25～3m、長さ16.5mの面材が製作可能
- ◆ 厚さ15cm～30cm。PC版に匹敵する強度
- ◆ 壁式・モノコック・シェル新しい木造建築

←→従来の木造：線材（柱・梁）





# CLTの建築構造への利用例

## Fields of application, 2D



Schickhofer G (2012) Presentation, Edinburgh, Scotland, 30<sup>th</sup> October 2012; adapted

	line supported	cantilever	with openings	point supported
walls				
floors		 e.g. balcony	 e.g. chimney e.g. staircase	 e.g. glass facade
roofs   folded elements		 e.g. porch roof		
roofs   curved elements			 e.g. roof light	



# 欧州（スイス）での木造建築の普及状況

- ◆ 1993年基準では2階建まで。耐火性能が確認され法的に2003年に6階建までが可能になり、Vision2015では8階建まですべて可能に。
- ◆ 木造の割合：新築戸建13.9%、新築集合住宅6.6%  
戸建改修29.9%、集合住宅改修28.7%
- ◆ 木造の普及の理由：環境性、技術発展、木造建築のメリット
- ◆ コンクリートとの混構造、ハイブリッドなどの考え方や技術が発展し、木造部分をファサードに見せることに対するこだわりも強くない。



# 欧州（スイス）での木造建築の普及状況

- ◆ 1990年代に大型木造建築の最初の事例が建設された。2006年に6階建集合住宅。2008年にチューリッヒに6階建の集合住宅が続き、普及が加速した。最近は、住宅、オフィス、商業複合ビルなどの事例が増えている。
- ◆ 木造によるリノベーション（増築）の事例も増えている。軽量で、乾式、短工期がメリット
- ◆ 将来は広葉樹材の利用拡大。より高層化。スイスでは、10階建てが計画中。世界では、18階（バンクーバー）、オーストリア（24階）などが計画中。



TOHOKU  
UNIVERSITY

# CLT建築の実例

- ◆ 典型的な中低層建築（学校、公共施設など）
- ◆ プレファブ・ユニット化と量産化
- ◆ CLTの特徴を活かしたシンボリックな建築





TOHOKU  
UNIVERSITY

# Kuchl木工技術専門学校 (オーストリア Kuchl)

- ◆ 木工技術学校 (College) の校舎の改築として、完成直後の3階建の建物。壁及び床がCLTで、集成材の梁を組み合わせて使用している。





TOHOKU  
UNIVERSITY

# Kuchl木工技術専門学校 (オーストリア Kuchl)

- ◆ 階段部分には、幅3.5mの1枚ものパネルを3階まで立ち上げている。構造はCLT壁は水平抵抗要素で、梁はピン接合(ラーメンは構成していない)



# Winklhof農学校寄宿舎

(オーストリア Oberalm)

- ◆ 全てCLTによる3階建の農学校の寄宿舎。設計・施工はBinderHolz社。600m<sup>2</sup>で、8週間で建て方が完了。



# Winklhof農学校寄宿舎

(オーストリア Oberalm)

- ◆ 全てCLTによる3階建の農学校の寄宿舎。設計・施工はBinderHolz社。600m<sup>2</sup>で、8週間で建て方が完了。



# Bishop's Stortford College (Stortford)

## Wynch College (ホール)

- ◆ CLT折板構造の特徴的な屋根
- ◆ 外壁は焼杉板張り



# Bishop's Stortford College (Stortford)

## Wynch College (ホール)

- ◆ 吹き抜けを有する13mの大スパン
- ◆ CLT床と腰壁の立体効果



# 教会に付属する集会所 (ドイツ・Oberhaching)

- ◆ 地下がRC造、1回の壁はレンガ造で、屋根面（水平面、三角部分とも）がCLT構造。2014年の建設。



# 教会に付属する集会所 (ドイツ・Oberhaching)

- ◆ CLTパネルを大きく使い、水平屋根、ホール部分の三角屋根とともに、すっきりして綺麗な印象を受ける。CLTパネルの極めて効果的で印象的な使用法の一つの例のように感じられる。







TOHOKU  
UNIVERSITY

# CLT建築の実例

- ◆ 典型的な中低層建築（学校、公共施設など）
- ◆ プレファブ・ユニット化と量産化
- ◆ CLTの特徴を活かしたシンボリックな建築



# アルペンホテルアンマーヴァルト(BMWホテル)

- ◆ 1, 2階がRC造、3-5階がCLT造のホテル。階段室・EVシャフトはRC造でコアを形成している。CLT部分は工場で1部屋のユニットとして生産され、現場で積み上げている工法で建設される。建物全体では96個のCLTユニットが用いられている。





TOHOKU  
UNIVERSITY

# アルペンホテルアンマーヴァルト (BMWホテル)



# 高齢者施設

(オーストリア Hellein)

- ◆ 5階建てで、1階がRC造、2階から上がRCコア＋CLT造。設計当初はRC造で計画を進めたが、隣接古い高齢者施設に入居者がおり、騒音や廃棄物を低減するために、プレファブ化を検討し、結果としてRCコア＋CLTユニットの構造が採用された。



# 高齢者施設

(オーストリア Hellein)

- ◆ CLTユニットは、最大のもので5m×8m、重量は20tで、運搬可能な最大のサイズである。ユニットは1日当たり4個製作し、建て方は3週間程度で完了した。結果的にRC造と比較して、半年工期が短くなり、テナント・家賃収入により、コスト面のデメリットは生じず。



# Murray Grove (London)

- ◆ 9階建て集合住宅。初期のCLT集合住宅として有名な建築。
- ◆ 外観からはCLTを見ることはできず、在来構造の建物と見分けはつかない
- ◆ 賃貸と分譲部分用に入り口は2か所に分かれている。



2017/12/23

講座2017



46



TOHOKU  
UNIVERSITY

# Brid Port House (London)

- ◆ 2011年竣工の8階建の集合住宅。外壁はレンガ(タイル?)仕上げで、外見は一般のRC造集合住宅と見分けはつかず、CLTとは分らない

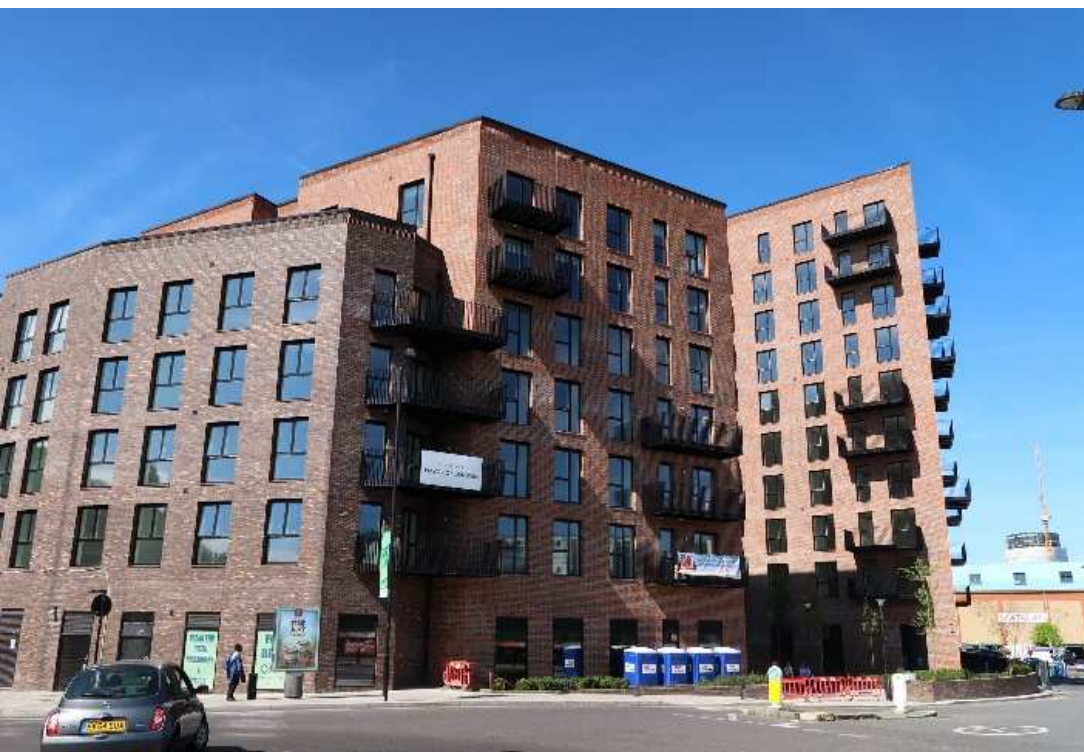




TOHOKU  
UNIVERSITY

# Dalston Lane (London)

- ◆ 5階建て、7階建て、10階建てなど複数の棟。
- ◆ 外壁はレンガ仕上げで、一般のRC造集合住宅と見分けはつかず、CLTとは分からない
- ◆ レンガの組積造壁を現場で施工し、CLT構造壁に固定





# University of East Anglia (Norwich)

学生寮 Barton House, Hickling House (2017年竣工)

- ◆ 5階建て、6階建てのほぼ同一構造形式の学生寮で合計床面積は12,000m<sup>2</sup>。Crome Courtと同様に、12部屋でキッチンを共用する形式。CLT構造であるが、表しは階段室のみ。外観からは、RC造など由来構造との見分けはつかない。





TOHOKU  
UNIVERSITY

# CLT建築の実例

- ◆ 典型的な中低層建築（学校、公共施設など）
- ◆ プレファブ・ユニット化と量産化
- ◆ CLTの特徴を活かしたシンボリックな建築

# Open Academy (Norwich)

- ◆ 2009年竣工。KLHのCLTパネルを使用。
- ◆ オープンスペースを囲む3つのリングで平面を構成し、リング部分の壁がCLT



# Open Academy (Norwich)

- ◆ 中央の円形のオープンスペース。周囲を3層に楕円形の教室が取り囲む。教科ごとに教室が色分けされ、シアターとカフェテリアの間仕切り壁を開放して一体で運用出来たり、様々な工夫がされている。



# Open Academy (Norwich)

- ◆ 屋根は集成材アーチに50mmのCLTパネルを載せて、ビスで固定しながら湾曲させた。
- ◆ 階段部など共用部はCLT表し





TOHOKU  
UNIVERSITY

# Rifの教会

(オーストリア Rif)

- ◆ 4年前に建設されたCLT構造の教会。壁はCLTパネルで、傾斜した屋根は集成材の梁にCLTパネルを貼っている。仕上げ面は、製材のまま暖かい空間を作るという設計者の意図。



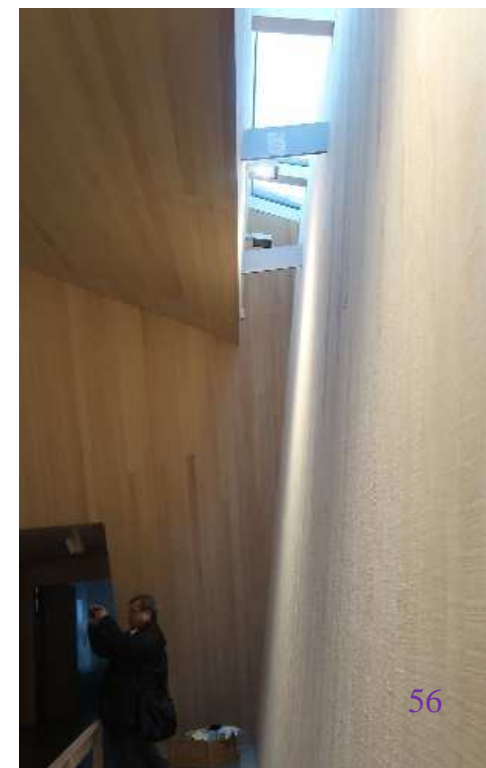


TOHOKU  
UNIVERSITY

# Rifの教会

(オーストリア Rif)

- ◆ 大版のCLTパネルをくみ上げて構成された教会内部の空間は、すっきりとしており、教会としての静寂で荘厳な空間をうまく作り出していると感じた。CLTパネルの特徴を活かした建築の一つの典型である。



2017/12/23

木造・木質建築担

56

# チューリッヒ動物園・象舎 (スイス Zurich)

- ◆ 直径80mのドーム状の穴の開いた曲面の屋根をCLTパネルで構成している。厚さ8cmのCLTパネルを3層重ねスクリューで互いに固定して、曲面を構成している。





# チューリッヒ動物園・象舎 (スイス Zurich)

- ◆ 施工では、まず足場を組みドームの形状の型枠を作り、その上に厚さ8cmのCLTパネルを乗せると、自然に型枠の形状にCLTパネルがたわみ、3層重ねた後に、ビスで接合することで、一体の曲面を構成した。



# Ely Boathouse, Cambridge University (Ely)

- ◆ ケンブリッジ大学ボート部の施設として、設計コンペを実施
- ◆ 山形の屋根は鳥が羽ばたくイメージ。総工費500万ポンドで、OBなどからの寄付。



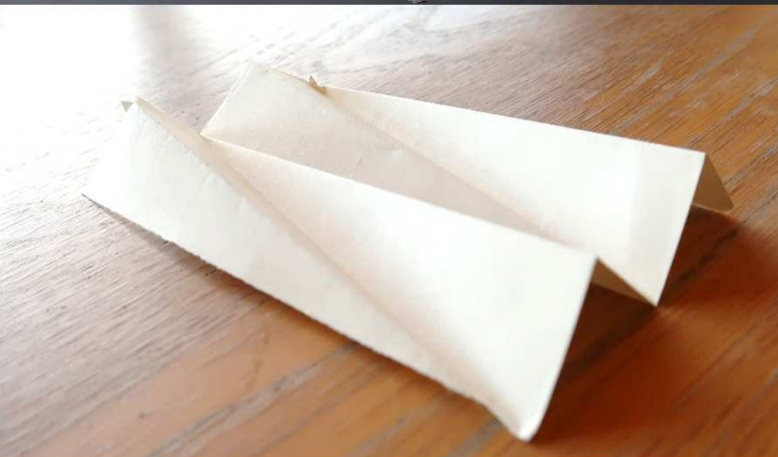
# Ely Boathouse, Cambridge University (Ely)

- ◆ 壁は補強レンガ造（穴あきレンガに配筋しコンクリート詰め）、床はRC造（厚さ300mm）、2階壁頂部はRC造リングビームが回っており、CLTパネルの屋根を載せている。



# Ely Boathouse, Cambridge University (Ely)

- ◆ 屋根の妻部の三角形屋根は反対側に向かって小さくなり、反対側の屋根とかみ合う形状





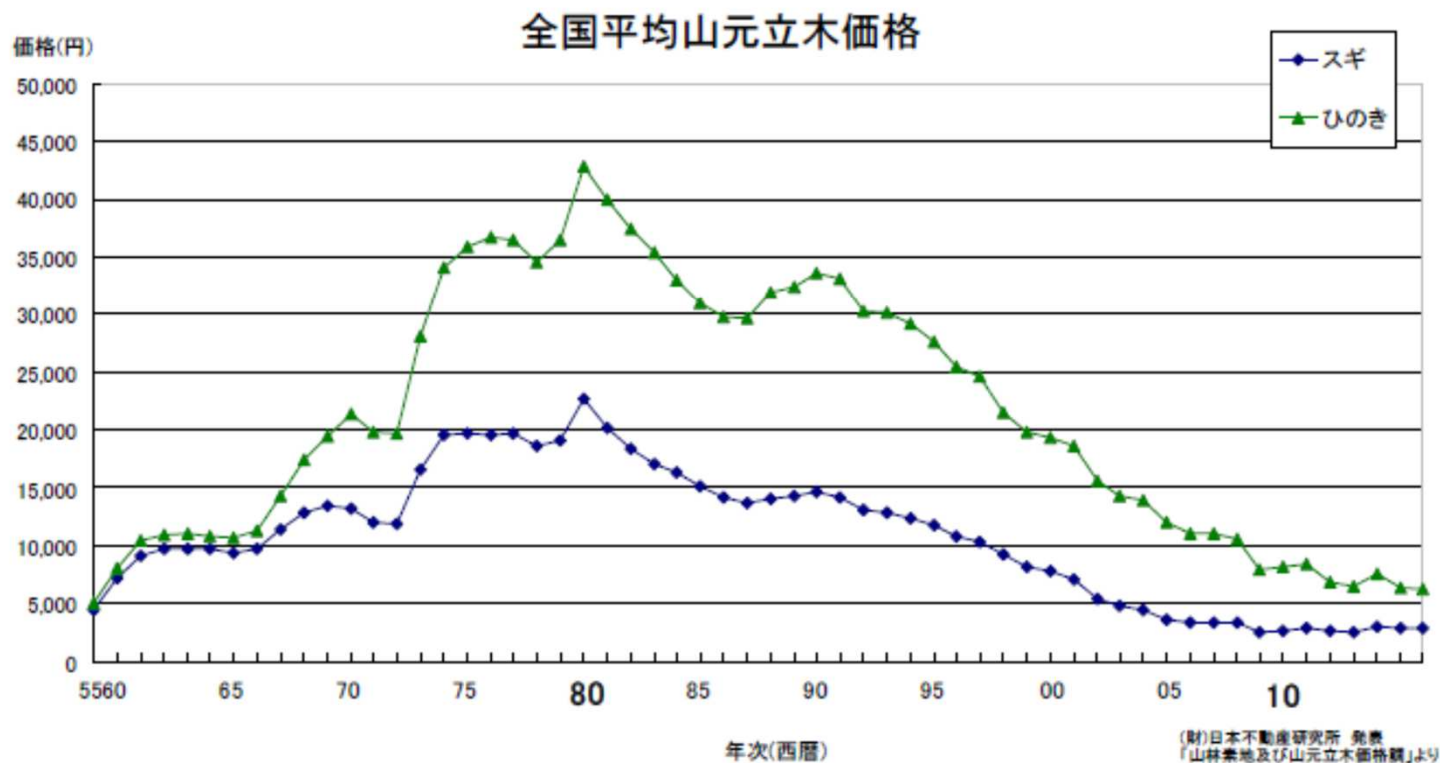
TOHOKU  
UNIVERSITY

# CLT建築の実例

## ◆ 日本のCLT建築



# 日本の立木の価格



'52 杉 2,537円

'80 杉 22,707円

'14 → '15 → '16

杉 2,968 → 2,833 → 2,804

桧 42,947円

桧 7,507 → 6,284 → 6,170

中島浩一郎氏(銘建工業)の  
講演資料より引用

2012年:ヒノキは前年よりマイナス18.6%と過去最大の下落率



TOHOKU  
UNIVERSITY

# 日本の生産体制

## JAS認定工場

2017年9月時点で  
8社、9工場



のCLTマップにて更新中  
<http://clta.jp/clt-map/>  
Googleマップより作成

中島浩一郎氏(銘建工業)の  
講演資料より引用

# 日本の事例

## 高知県森林組合連合会事務所

- ◆ 木造軸組工法による準耐火構造
- ◆ CLTパネルを耐震壁として使用





# 日本の事例

## 3階建集合住宅

- ◆ CLTパネル工法告示ルート1  
で設計
- ◆ 従来のRC造と同程度の建設  
コスト



# 日本の事例 久世駅木テラス

## ◆ CLTパネル工法告示ルート3 ?



2017/12/23





TOHOKU  
UNIVERSITY

# 岡山県真庭市の取り組み





TOHOKU UNIVERSITY

# 真庭市におけるバイオマス発電

## 真庭バイオマス発電(株)の概要

地域内外の木質資源



未利用材



間伐材



製材端材等

バイオマス集積基地等にて  
チップ化

真庭バイオマス発電株式会社  
地域関係団体で構成する新会社



10,000kWのバイオマス発電  
(一般家庭22,000世帯分の需要に相当)

### ■発電所の概要

発電能力: 10,000kW

必要燃料: 148,000t/年

内、未利用材(間伐材) : 90,000t

一般木材(製材端材等) : 58,000t

設置場所: 真庭産業団地

北1号地

運転日数: 330日/年

24時間稼働

雇用: 15名

運転開始: 平成27年4月

### ■運営スキーム

事業費: 41億円

・14億円は「森林整備加速化・  
林業再生基金」を予定

・売電価格(期間20年)

未利用材(間伐材) : 32円/kW(税抜)

一般木材(製材端材等) : 24円/kW(税抜)

事業主体:

真庭森林組合、真庭木材事業  
協同組合、銘建工業、真庭市  
など10団体で構成する新会社

資本金: 1億円

中島浩一郎氏  
(銘建工業)の  
講演資料より引用



# まとめ

- ◆ 従来の木質材料は無垢材、集成材とも線材であり、木造建築は柱・梁などの多数の線材を組んで、建物全体の剛性・強度を確保するのが主流（常識）であった。これに対して、CLTは大きな面材であることが特徴で、木造でありながら、面で建築を構成できるという点では、革命的な材料と言っても過言ではない
- ◆ 欧州では、この10～15年の間に着実にCLTが普及し、CLT構造による中高層・大規模建築が実現しつつある。そして、工場生産（プレファブ）や大きな面材などのCLTの特徴を活かした建築が様々な発想のもとに建築されている。



# まとめ

- ◆ これらの普及には、欧州各国のCLTの生産者、建築設計者、建築行政、及び、研究機関が連携し、新しくよい技術を開発することにチャレンジする姿勢が大きく貢献している。
- ◆ 欧州でも、CLT建築は必ずしも、RC造や鉄骨造などの既存の建築構造と比較して安価なものではない。しかしながら、地球環境問題から環境にやさしい建築として、消費者が積極的に選択するという土壤があるように思われる。



# まとめ

- ◆ 日本で今後CLT建築を普及させていくためには、
  - CLTにより実現できる建築の魅力を社会に伝えること
  - 生産者、建築設計者が積極的にCLT建築を提案すること(買いに来るのを待つのではなく)
  - 法規制(建築基準・告示)を緩和してCLTの特性を活かした多様な建物の建築を可能にすること
  - 上記をサポートするための技術開発のための研究を行うこと

が必要である。