

2. 8. 2 実証事業の概要

実証事業名：フロントエンド新社屋の新築工事

建築主等／協議会運営者：株式会社フロントエンド／株式会社清和設計事務所

1. 実証した建築物の概要

用途		事務所		
建設地		愛媛県四国中央市		
構造・工法		CLT パネル工法		
階数		2		
高さ（m）		9.975	軒高（m）	8.585
敷地面積（㎡）		1936.66	建築面積（㎡）	340.99
階別面積(㎡)	1 階	327	延べ面積（㎡）	658.08
	2 階	331.08		
CLT 採用部位		壁、床、屋根		
CLT 使用量（m³）		加工前製品量 808.344 m³、建築物使用量 184.1142 m³		
CLT を除く木材使用量（m³）		39.8 m³		
CLT の仕様	（部位）	（寸法 / ラミナ構成 / 強度区分 / 樹種）		
	壁	90mm 厚/3 層 3 プライ/Sx60A, Sx90A 相当/スギ, ヒノキ		
	床	210mm 厚/5 層 7 プライ/ Mx60A, Mx90A 相当/スギ, ヒノキ		
	屋根	150mm 厚/5 層 5 プライ/ Mx60A, Mx90A 相当/スギ, ヒノキ		
設計期間		2023 年 1 月～2024 年 11 月（23 カ月）		
施工期間		2024 年 12 月～2025 年 7 月（8 ヶ月）		
CLT 躯体施工期間		2025 年 1 月中旬～下旬（1 週間）		
竣工年月日		2025/8/31		

2. 実証事業の目的と設定した課題

CLT 物件が増えている中で、CLT を構造体として利用しながら、ZEB 認証を取得している事例が不足しており、十分な情報が取得しにくい状況と言える。そのため費用対効果などの情報が少ないために、費用面での不安などから CLT および ZEB の普及の進行が遅れていると思われる。今回の実証事業では一つの事例として取り組むことで実例の増加、CLT 部材の流通量の増加によるコスト削減などの効果が見込まれる。また ZEB を利用する際に CLT の断熱性能としての効果の有効性を広めることで、より CLT の普及に繋がると考えられる。それだけではなく、地球環境にも考慮されることから企業イメージの向上にも繋がる事例として、全体として省エネルギー施策を進める要因となるため取り組む必要がある。

CLT を利用することによる ZEB 取得への貢献度の確認方法

- ・鉄骨造とのコスト比較

- ・工期への影響を踏まえた上での鉄骨造との工程比較
- ・事務所用途で CLT 構造利用時の注意事項の周知
- ・CLT と ZEB を組み合わせた事例の公表
- ・ZEB 取得のための外皮熱負荷軽減の工法例の事例

3. 協議会構成員

(設計) (株) 清和設計事務所：山本 竜太郎 (進行管理)
(構造設計) (株) ティ・ティ・アール設計：多田羅 健二
(施工) 井原工業 (株)：宝利拓史
(製材加工) (株) サイプレス・スナダヤ：
(施工) (株) 中成：中上 康介

4. 課題解決の方法と実施工程

CLT と ZEB とを組み合わせた事例として可能な範囲内での情報公開に務める。そのために他構造とのコスト比較や納まりおよび計画時の注意点、施工時の改善例をまとめることで、今後の普及に活かせられると考える。今後の課題として消費電力等のデータ収集を行う中で、想定されていた断熱性能が発揮されているかを確認する。

<協議会の開催>

2024 年 11 月：第 1 回開催、問題点洗い出し
第 2 回開催、配管位置等の計画および確認
12 月：第 3 回開催、着工前確認
2025 年 1 月：第 4 回開催、製材確認
2 月：第 5 回開催、木工事進捗および工事改善点等確認
2 月：第 6 回開催、実証事業の取りまとめ検討

5. 得られた実証データ等の詳細

設定した課題において次の結果が得られた。

(1) コスト比較

CLT パネル工法での費用は坪単価 約 82 万円であり、鉄骨造では坪単価 約 77 万円となった。今回の計画では鉄骨造の方がコスト的に有利となる結果となった。

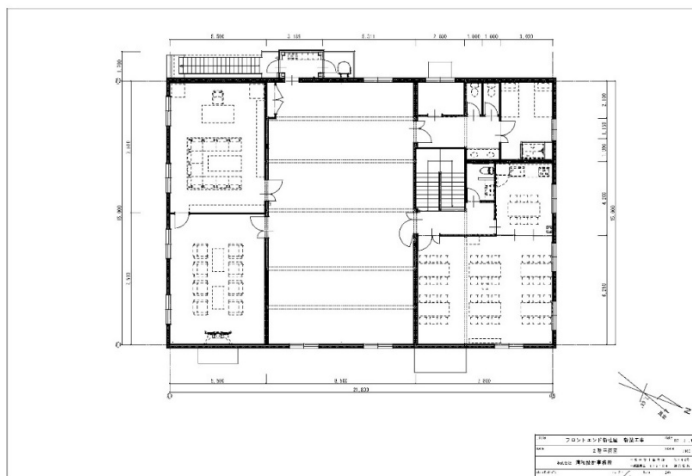
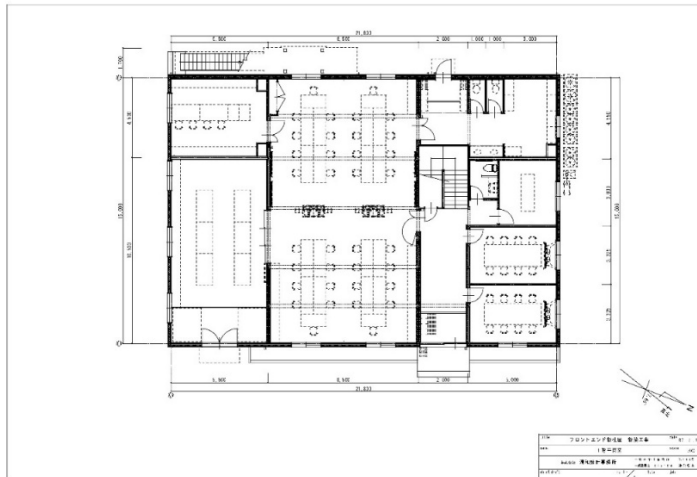
(2) 納まり

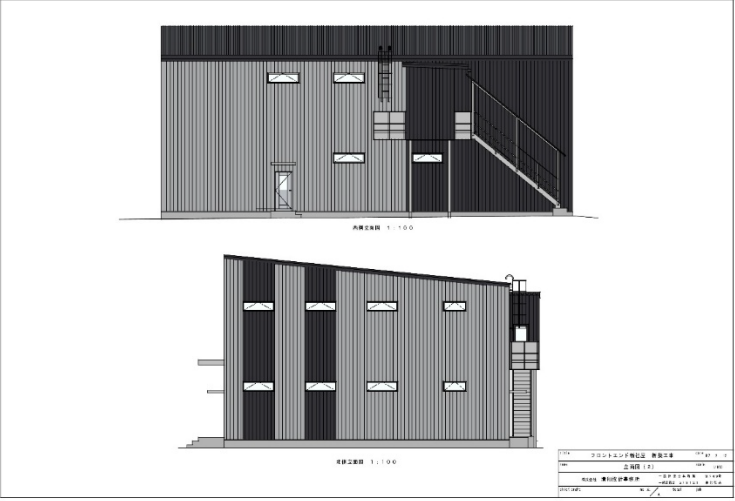
木質感の意匠性を考慮して可能なところの金物はフリーアクセスフロアおよび乾式二重床で床下に隠し、表面に金物が出る箇所は表面仕上げ材として見切材などを取り付けることでほぼ見えなくした。また施工性と省エネ性の観点から外断熱とし、樹脂サッシを使用した。

6. 本実証により得られた成果

本事業で得られたコスト比較、納まりのデータは今後のC L Tを構造体利用しながらZ E Bランクの認証を取得する事例に活用することができる。情報が少ない状況で採用を断念していた事例があれば同様のコストバランスおよび工法で建築可能となると思われる。

7. 建築物の平面図・立面図・写真等





2. 8. 3 成果物

1) コンセプト

本計画はもともと、建物の老朽化と昨今の自然災害を踏まえ本社の建て替えを計画したことから始まった。建て替えを計画するにあたり、快適な室内環境を実現しながらも地球環境に配慮した建物にするというコンセプトから、CLT の利用と ZEB ランクの取得を目指すこととなった。

CLT を利用するのは、構造体と仕上げ材を兼ねる合理性に加えて、断熱性や遮熱性などの複合的な効果も期待できるためである。また ZEB ランクにするのには光熱費の削減、快適性・生産性の向上、事業継続性の向上が理由として挙げられる。

特に昨今の気候変動及びその影響による災害などが猛威を振るう中、災害時等の非常時において必要なエネルギー需要を削減することができ、さらに再生可能エネルギー等の活用により部分的にはあってもエネルギーの自立を図ることができるように計画をすることは身を守ることに加えて事業継続性にも繋がる利点がある。

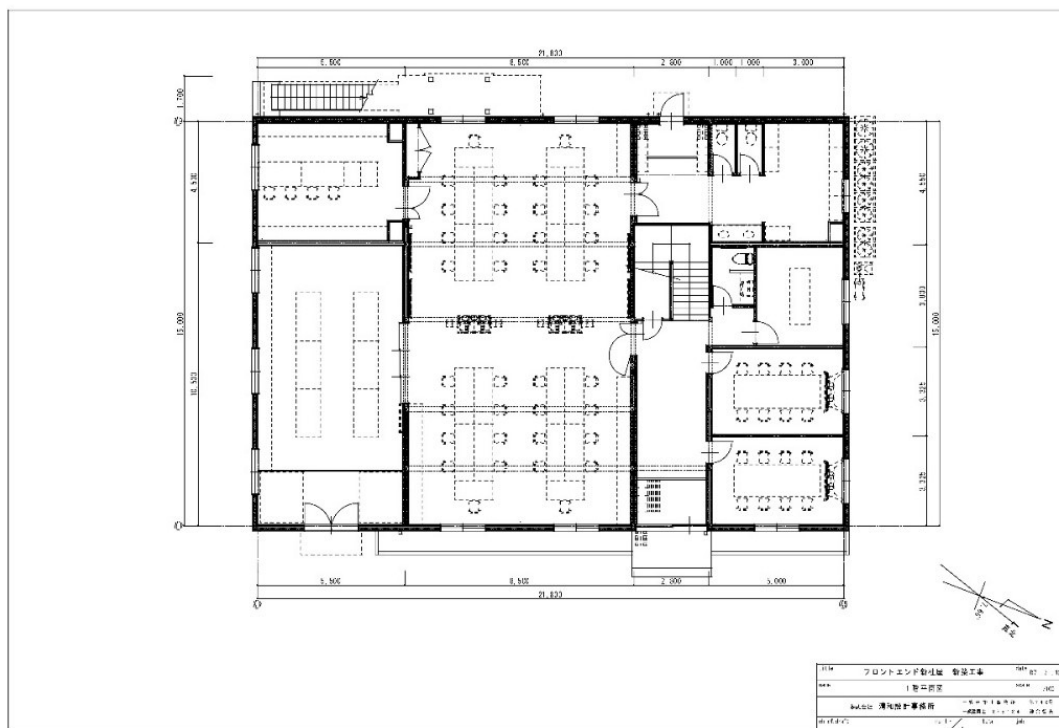
共にカーボンニュートラルも目指せる取り組みの中で、持続可能な社会を目指しながら快適な室内環境を実現することを目的として今回の計画を進めている。

2) 意匠計画

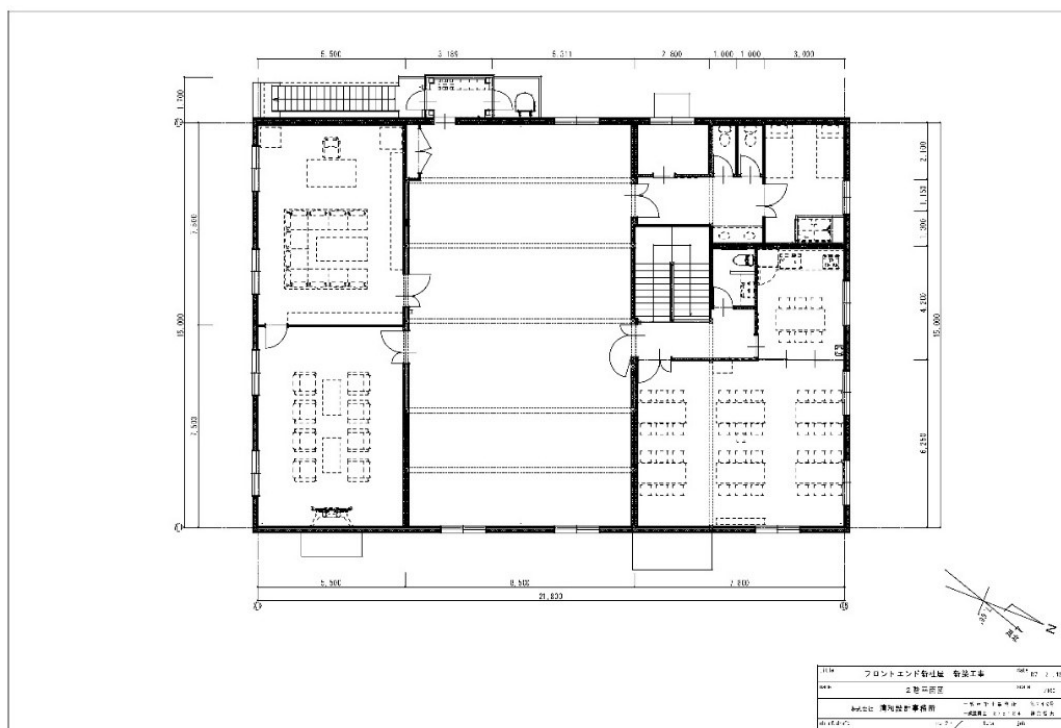
当該建物はほぼ総 2 階建ての事務所用途の建物である。延べ面積は約 660 m²であり、1 階はメインとなる事務室の他、打合せ室等と合わせて従業員用の諸室で構成されている。2 階は事業の紹介やセミナーを行ったりすることができる展示会スペースに加えて従業員が主に使う食堂などがある。2 階の展示会スペースは将来的な人員増加を考慮し、1 階と同じ間取りの事務スペースにできるよう計画されている。

外壁については外断熱および CLT の劣化防止のためにガルバリウム鋼板と窯業系のサイディングで外装を行いながらも、正面エントランスの底は 2 階床の CLT パネルはね出させ、軒裏については CLT 現わしの上に塗装仕上げを行い、劣化しにくい箇所では CLT 特有の軽快さと木質感を出すようにしている。

1・2 階ともにフリーアクセスフロアと乾式二重床を併用し、将来的なレイアウトの変更にも対応できるようにしながら、CLT パネルの下部を止める金物を隠す用途としても利用している。その中で外周面において構造体である CLT をなるべく仕上げ材として出しながら、木質感溢れるオフィス空間となるように計画し、従業員のリラックス効果および生産性向上の効果を期待している。



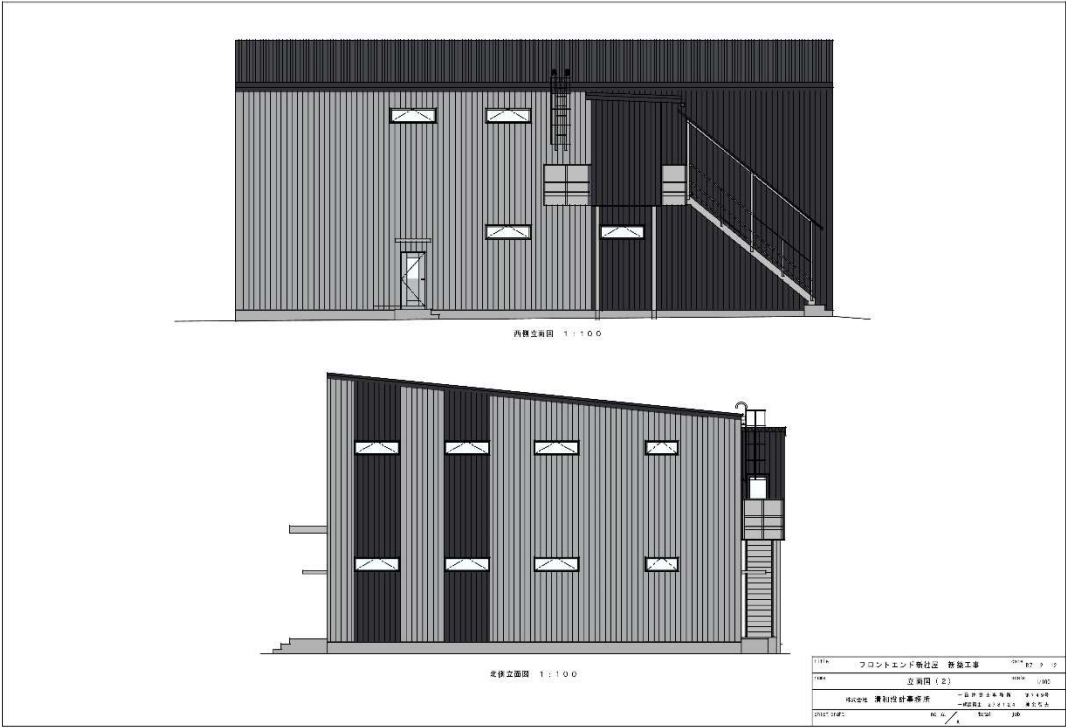
1 階平面図



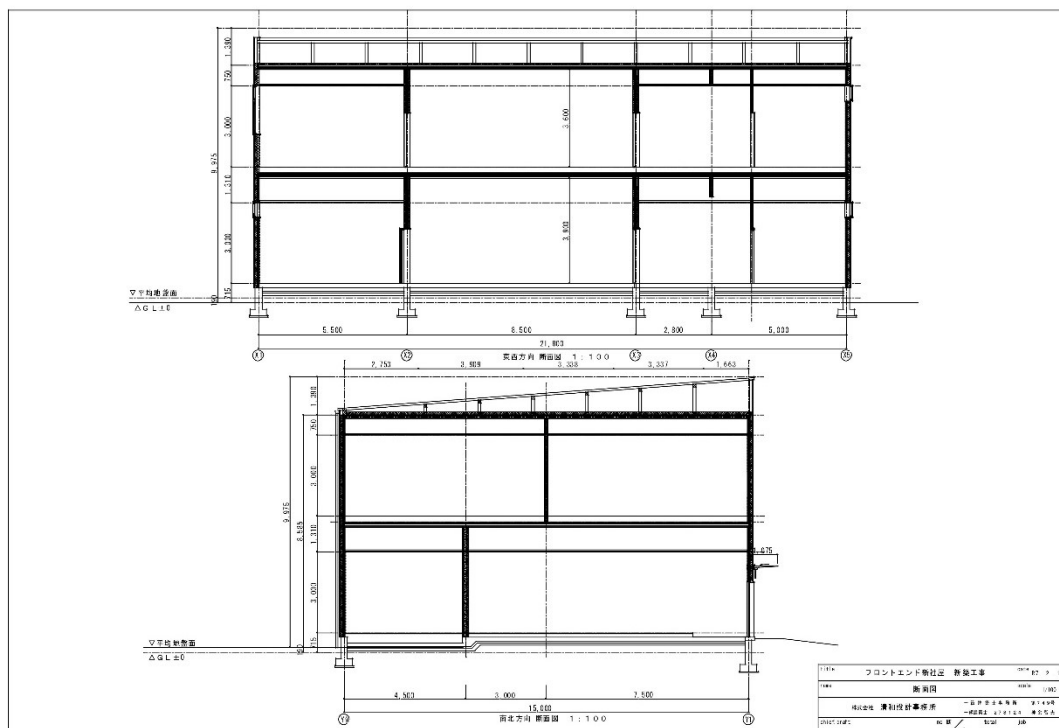
2 階平面図



立面図 1



立面図 2



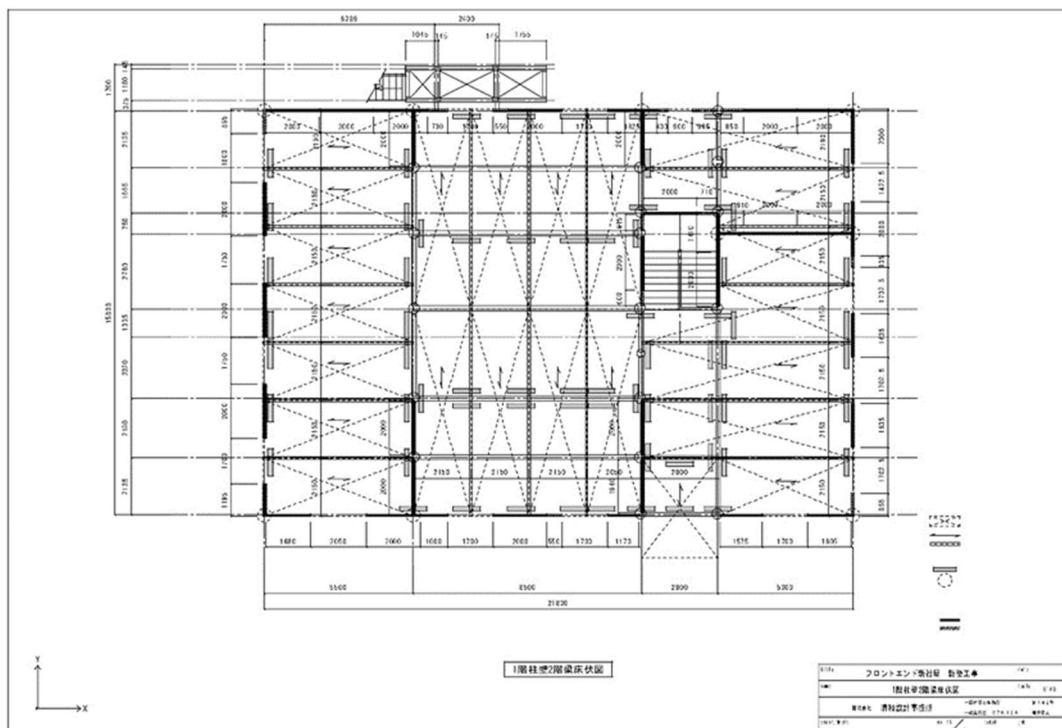
断面図

3) 構造計画

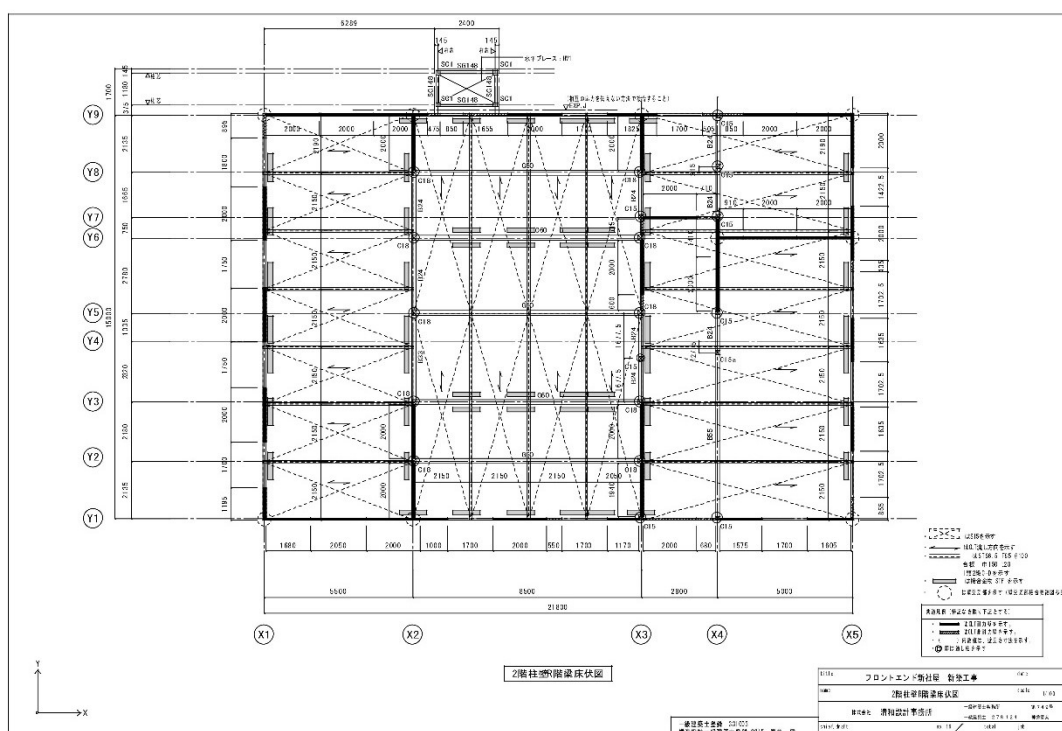
構造的には各階とも X(南北)、Y(東西)両方向とも壁式構造を基本としており、CLT を躯体としながらも、柱の無い空間を確保するために長スパンが必要な箇所は集成材を利用した軸組工法+CLT パネル工法である。形状としては1、2 階ともほぼ矩形の外形をしており、室の間仕切りは上下階で壁パネルの位置を揃えて効率的な構造計画を行っている。構造計算としてはルート 1 で計算されている。

1、2 階ともフリーアクセスフロアおよび乾式二重床を使用し、土間及び床パネルからフロアラインを上げている。特に 2 階に関してはCLT パネルでの段差処理を行わず、一面で施工することで構造的な水平剛性における優位性に加えて施工性および施工精度の向上を図った。屋根パネルも水平に CLT パネルを敷いており、その上に木下地による屋根勾配を設けることで、効率的に断熱材の施工が行えるようにしている。

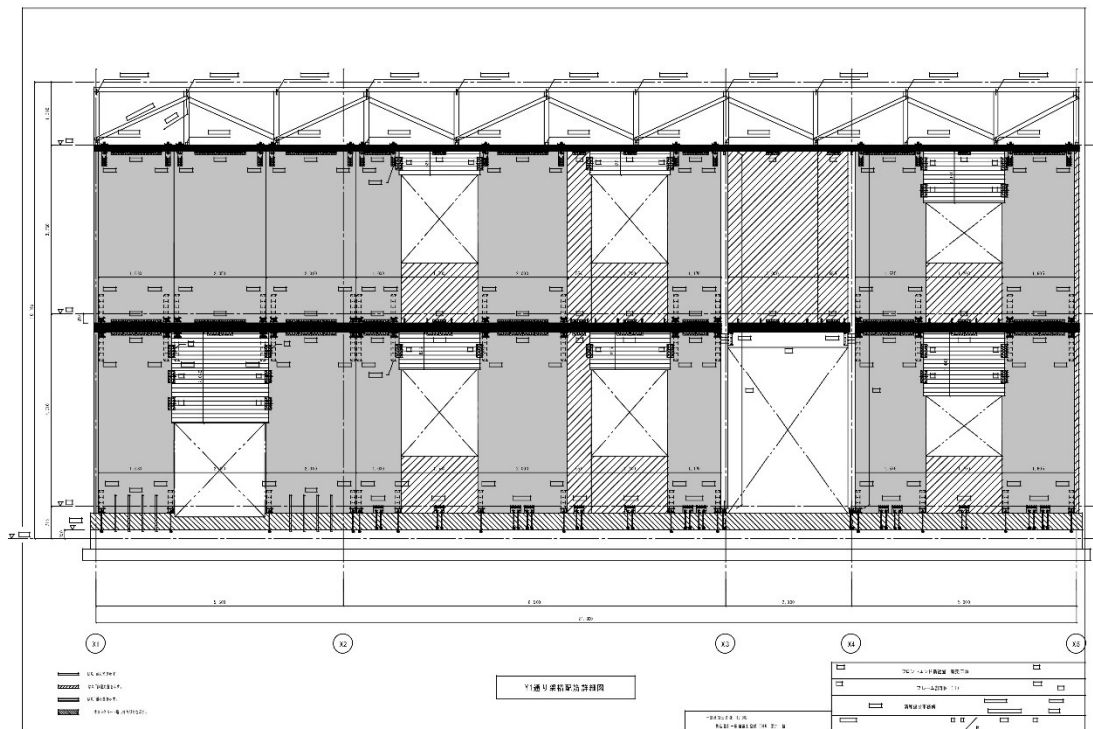
また屋外の階段については使用上・避難上の観点から鉄骨造で設けたが、CLT の構造体とは縁が切れるよう計画されている。



1 階伏図



2 階伏図



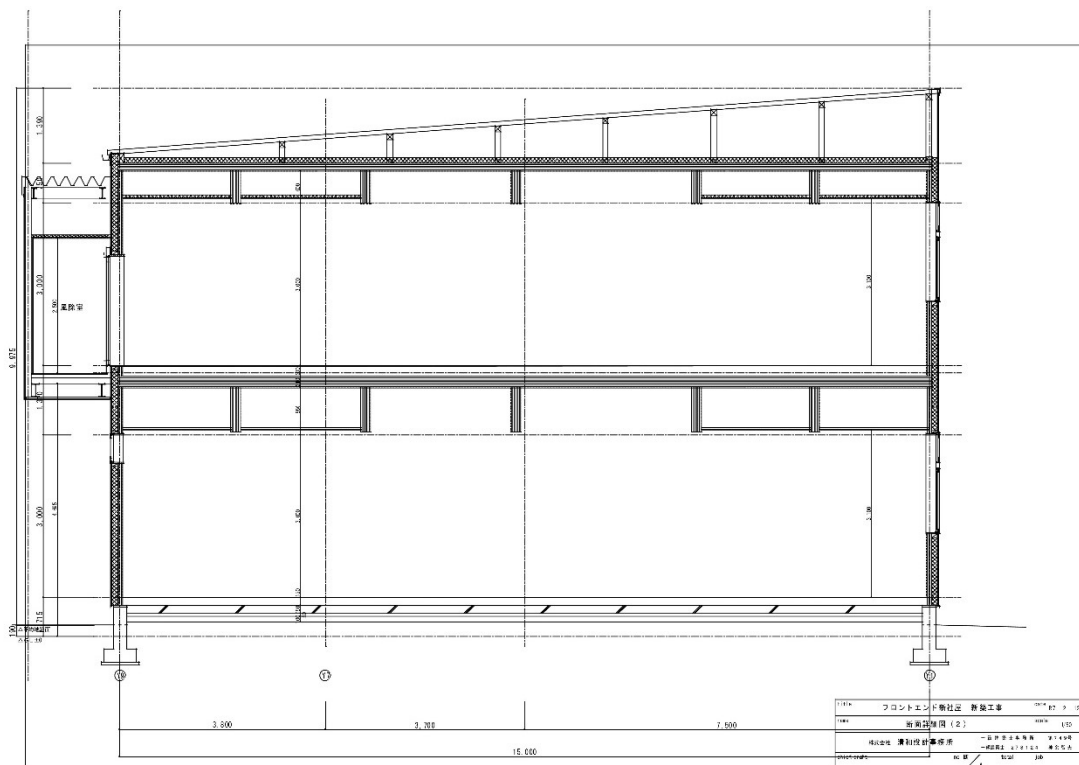
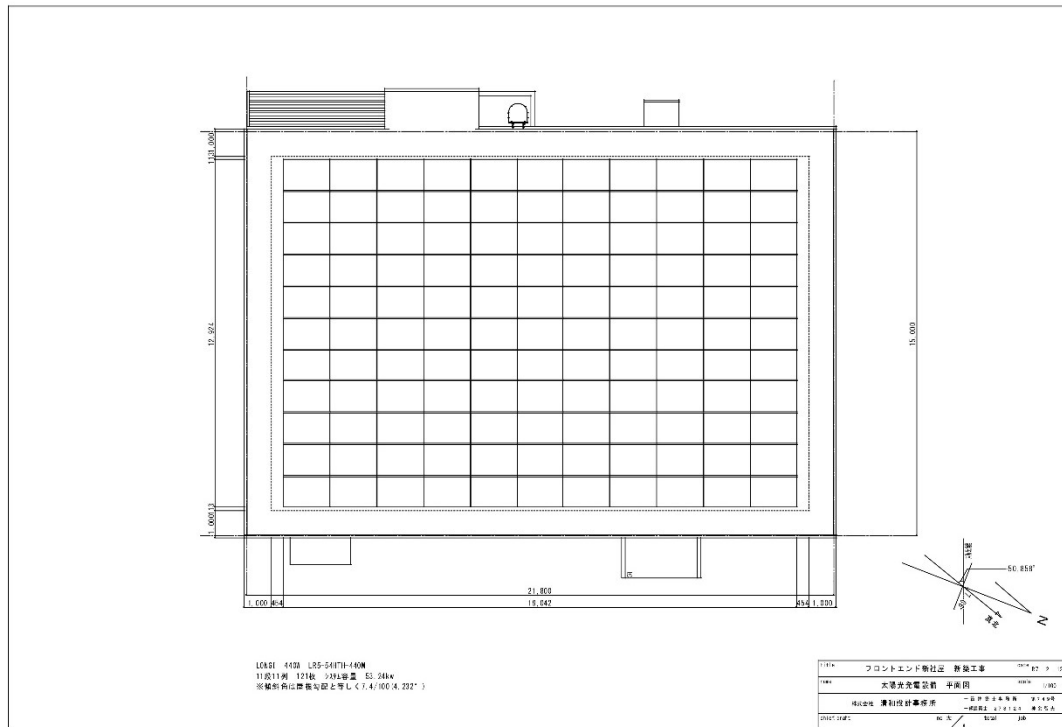
軸組図

4) 設備計画

今回の計画建物での空調方式はパッケージエアコンおよび全熱交換器を利用することで建物に必要な消費エネルギーをなるべく小さくするよう計画した。パッケージエアコンの能力は1～5馬力で構成されている。また ZEB ランクの認証を取得するため外壁に高性能GW100mm、屋根に高性能GW155mm を外張り断熱で囲い、窓については熱損失を有利にしながらコストをなるべく抑えられるように住宅用の樹脂サッシで Low-E 複層ガラスが使われている物とした。同時に出入口以外のサッシには採光を確保しながらも日差しの入り具合が調節しやすいブラインドを日射遮蔽として屋内側に設けた。

また建物の形状を単純な矩形にしたことで、外皮面積を最小限にして熱損失を可能な限り抑えた。結果として CLT パネルの施工性を上げるだけでなく、今回採用した外断熱を効率よく施工できる形状にも繋がった。合わせて創エネルギー設備として太陽光発電パネルを効率よく設置できる上に、広い面積での設置を可能とする計画となった。

その他には省エネ性能の高い LED 照明、ヒートポンプ給湯器を採用しながら、それらの電気消費量および太陽光発電の発電量を計測できるように BEMS システムを採用している。



5—2) 協議会

今回の実証事業を実現させるため、各種の問題点や疑問点についての相談および解決策を検討する協議会をその都度開催した。それぞれの専門分野における解決策や対応によって問題点や疑問点を解決させることができた。

特に CLT の加工図および製品パネル検査は意匠的なことだけではなく、構造・設備にも絡む内容が多いため、業者との打ち合わせと合わせて問題点の早期発見を心掛けた。



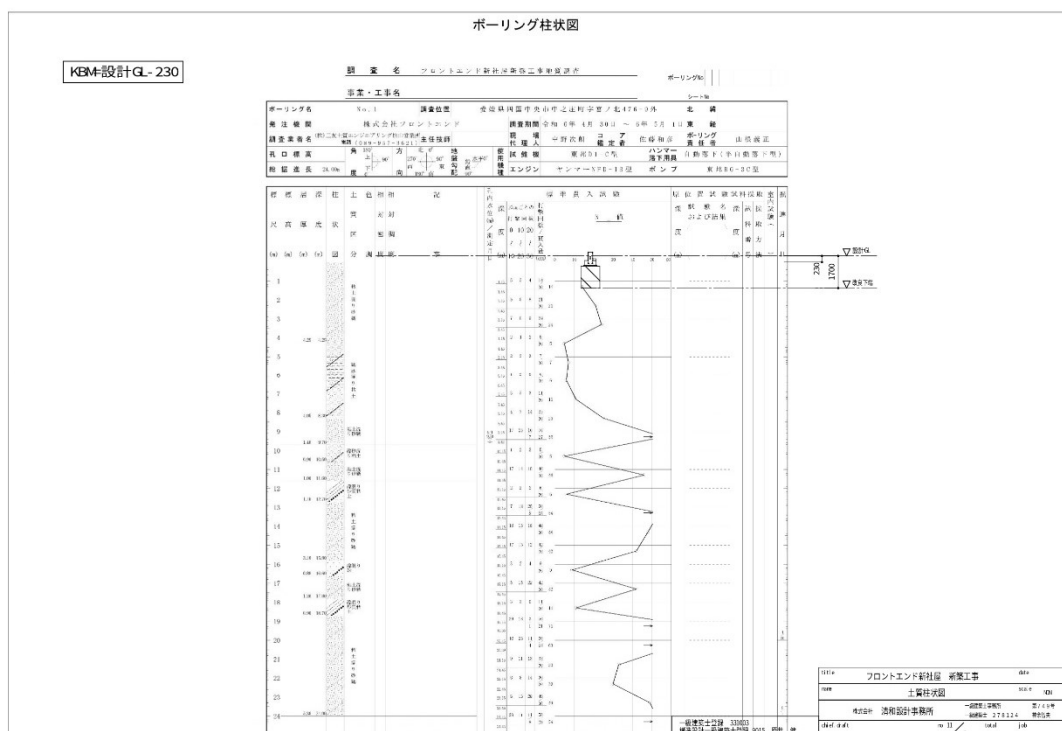
協議会状況



現場確認状況

5—3) 各検討内容

5—3—1) コスト比較



今回の実証事業では鉄骨造で計画した場合の躯体工事費を算出し、CLTパネル工法との比較を行った。理由としては建物の規模および用途から鉄筋コンクリート造ではなく鉄骨造が一般的であることに加え、建物重量が増し、杭工事の増加の要因になる可能性があり、敷地条件から平面形状を小さくする必要性が出てきてしまうためでもある。そのため同じ床面積を確保しやすい鉄骨造との比較を行うこととした。また想定している鉄骨造はCLTパネル工法と同じ間取り、断熱・設備仕様としながら断面構成のみ一般的な納まりとしている。

その場合でコスト比較したところCLTパネル工法での費用は坪単価 約 82 万円であり、鉄骨造では坪単価 約77万円となったことから、今回の計画では鉄骨造の方がコスト的に有利となる結果となった。それぞれの工法の坪単価は約 5 万円の差であり、規模全体としては 1,000 万円程の金額差となった。各工種を比較してみたところ躯体に関わる部分での違いが大きいと考えられる。

なお建て方については鉄骨に比べて 1 週間くらい短縮できたと考えられるため、その点ではコスト的なメリットはある上に、職方が慣れればもう少し工期が更に短縮でき、全体的なコスト削減に繋がると思われる。それでも 1 週間程度であることから工期短縮によるコスト削減量は少ないと言える結果となった。

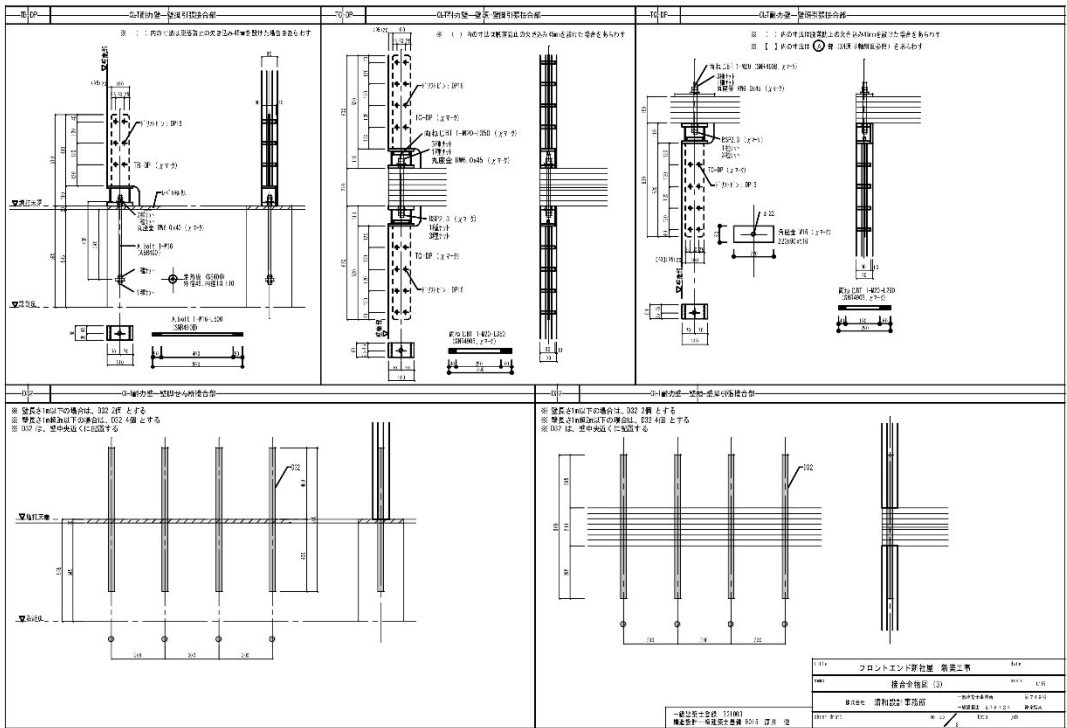
単純な工法としての比較において鉄骨造とはコスト面で大きな差がでてしまう結果となったが、建て方時に内装工事も兼ねることができること、CLTの断熱材や木質感によるリラックス効果を考えると単純な躯体コスト材料としての比較だけでは難しいと感じられた。

躯体工事費(構造躯体まで) (税抜・千円)		実証事業の建築物 (C)	CLT使用部位を RC造に変更した 場合 (D)	経費増減額 (C)-(D)	経費増減の特記
基礎工事	土工事	2,240,000	5,000,000	△ 2,760,000	
	基礎工事	7,307,000	11,580,000	△ 4,273,000	
	杭工事		11,700,000	△ 11,700,000	
	〇〇工事			0	
基礎工事計(E)		9,547,000	28,280,000	△ 18,733,000	
上部躯体工事	仮設工事	5,402,000	5,900,000	△ 498,000	
	木工事	86,337,000	5,400,000	80,937,000	
	防水工事	326,000	370,000	△ 44,000	
				0	
	硝子工事	485,000	490,000	△ 5,000	
	屋根工事	5,201,000	5,200,000	1,000	
	断熱工事	4,915,000		4,915,000	
	外装工事	10,642,000	9,300,000	1,342,000	
				0	
上部躯体工事計(F)		113,308,000	26,660,000	86,648,000	
合計(E)+(F)		122,855,000	54,940,000	67,915,000	
延べ面積あたり工事単価(千円/㎡)		186,687	83,485	103,202	

5—3—2) 金物納まり

CLTにおいてルート1の構造計算の場合、クロスマーク金物の中で使用する金物を選ぶ必要が出てくる。金物をそのまま見せたり、着色して目立たなくさせたりするのも構造美として見どころがあると思われるが、今回は木質感の意匠性を考慮して可能なところの金物はフリーアクセスフロアおよび乾式二重床で床下に隠し、表面に金物が出る箇所は表面仕上げ材として見切材などを取り付けることでほぼ見えなくする計画とした。そのため引張金物としてTB-DPやTC-DP、せん断金物としてD32を利用し、一般的な二重床の高さで金物が隠れるようにしている。天井裏がある箇所やコンセント・スイッチおよびリモコン類を設けるためのふかし壁を行う箇所では、施工性などを考慮して一般的な金物を利用する計画としている。

その際、金物の取付方法や寸法などを事前の加工図で確認の上、協議会で相談しあい、施工上の注意点や関連工事としての設備工事との兼ね合いなどで問題点がないか洗い出す作業を行った。

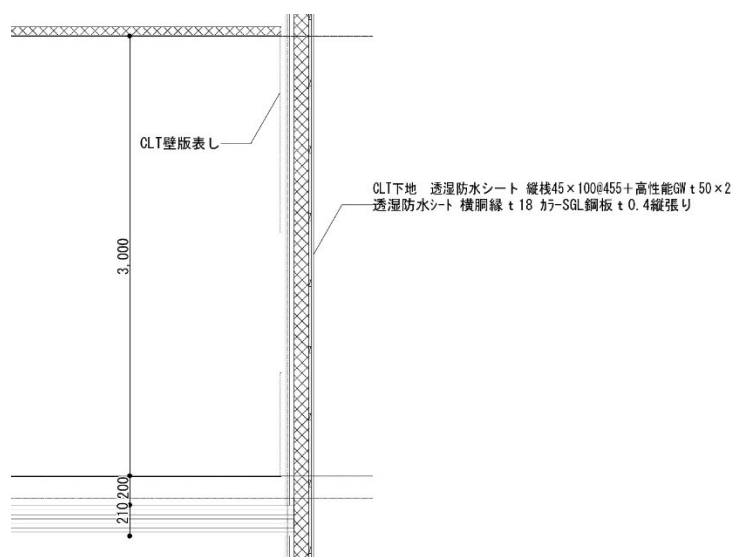


詳細図

5—3—3) 断熱の納まり

外周の断熱に関しては CLT パネルを設置した後、気密対策等のための透湿防水シートを張り、繊維系断熱材を外張断熱として張り付け、更に上から雨水対策としての透湿防水シートを施工した。繊維系断熱材を入れる隙間については 100mm の縦棧を施工し、断熱材を止める役割をしつつ、表面の横棧を止める下地としての役割を担う。外装の表面は耐久性に強いガルバリウム鋼板を採用し、一部 窯業系のサイディングをアクセントとして取り入れる計画としている。

断熱の納まりとしては屋根パネル上の繊維系断熱材も含めて日本 CLT 協会の施工マニュアルを参考とし、施工業者にも施工方法を確認し合った。

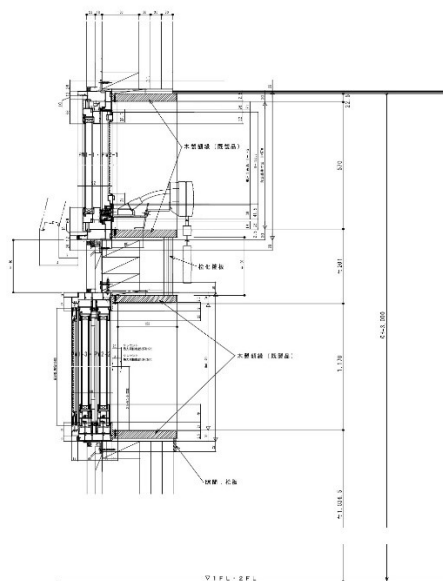


断面詳細図

5—3—4) サッシの納まり

熱負荷を極力下げるために採用した既製品の住宅用樹脂サッシは、施工性の観点から CLT 開口に調整材を挟んだうえで取り付けられた。外部に関しては CLT の劣化を防止する観点から外装を行うことになるが、内部は木質感を出すために現わしにしていることから、樹脂サッシの端部の処理は内装色に合わせた材料で見切り、違和感が少なくなるように目指した。

また外部から見た時に住宅用サッシで一体感のある連窓のように見せるために、極力上下間のサッシを近づけながら外装のガルバリウム鋼板をフラットな平版のように使うことで、無目に見えるような納まりを検討した。その際でも雨水の進入が抑えながら、固定の面でも支障がないように各専門業者と協議を行った。



サッシ施工図

5—3—5) CLT パネルの断熱性能確認

外壁・屋根・2階床はほぼ CLT パネルで構成されており CLT パネル自体がもつ断熱性能があるかを計算上から検証してみた。比較対象は鉄骨造とし、実際には鉄骨柱・梁部などもあるが、比較がしやすいように一般部の納まりを想定している。具体的な外壁における断面構成として外部からガルバリウム鋼板 t 0.4、透湿防水シート、胴縁(C形鋼)にグラスウール(高性能 t 50×2)充填、内部に石膏ボード t 12.5 ビニルクロス貼りを想定している。屋根について本計画ではコストダウンの観点から折版屋根を採用しているが、鉄骨造の場合は屋根スラブを設ける手間を省くため、ガルバリウム鋼板 t 0.6 立平葺、アスファルトルーフィング、耐火野地板 t 18 とし、グラスウールを天井上に設置する想定とした。

建物の一次エネルギー消費量において割合がもっとも高い空調設備についてそれぞれを計算したところ、CLT 造の場合だと 208.73GJ/年になり鉄骨造の想定だと 212.11GJ/年となった。比べてみると 3.38 ポイント、一次エネルギーの削減率で表すと約 1%ほど CLT 造の方が有利となる計算になる。

また外壁の大部分を占めるガルバリウム鋼板仕上げにおける熱貫流率で比較をすると、CLT 造の場合 0.276W/㎡ K に比べて、鉄骨造の場合だと 0.331W/㎡ K となった。断面構成による差はわずかであり、ZEB における影響については、設備的な一次エネルギーの消費量の方が、影響度の割合がかなり高いことが分かりました。今後、消費電力等の実測値から実用上の影響については竣工後に消費電力から検証を行う予定としており、CLTでの計算結果が実績値と近ければ想定通りの性能差があると考えられる。

標準入力法

e-発表要約1版	2025年3月10日 15時33分
入付情報表	初版 0000
プログラムのバージョン	Ver.2.7.1 (2024.1.1)
XML ID	00000000000000000000
出品コード	L00000000000000000000

産地・産地	オーストラリア・南オーストラリア州	
栽培方法	4000m以上の高き山麓に広がる、肥沃な土壌に栽培	
栽培品種	ピノ・ノワール	
栽培面積	1100ヘクタール	
1ヘクタール収量(正常な年)	4000kg	
1ヘクタール収量(正常な年)と 過去5年平均の収量の差	1000kg	
醸造・製造	100%	瓶詰め方法
生産地	南オーストラリア州 バーバース	1990年以降
	南オーストラリア州 バーバース	1990年以降

3. 一次エネルギー消費量計算結果

		次二カ年での減価 (右の欄は「左の欄の倍率」)	
		2015年	2016年
設計	建築関係	206.12 (247.86)	61.22 (97.43)
	都市計画	37.77 (77.77)	6.22 (12.58)
	都市設計	133.63 (240.46)	74.65 (147.02)
	都市計画	47.37 (132.76)	131.75 (200.20)
	建築関係	61.26 (100)	0.00 (100)
	建築関係(平均)	129.62 (19.96)	
コ	ジェム・コンパニオン(CCS)	61.26 (56.2)	
	その他	27.77 (346.86)	231.01 (64.24)
設計	平均(2カ年)で削減率を算出する	15.6 (15.62)	
	2015年度と2016年度の削減率	15.62 (159.66)	1.264 (103.6)

※本資料は、1998年10月1日現在、日本経済の状況に基づき作成されたもので、今後の経済の状況や政策の決定により、内容が変更される場合があります。また、本資料は、1998年10月1日現在、日本経済の状況に基づき作成されたもので、今後の経済の状況や政策の決定により、内容が変更される場合があります。

4. 判定(年間総負荷係数(PAL*))・BMI

年産物負荷係数(PM ₁₀)【kg/年t】		BPI	削減効果
設計値	基準値		
30t	47t	0.65	削減

5. 判定(一次エネルギー消費量)

[illegible]

Ver.3.7.1 (2024.10)

f3592467-49'7-4f60

2025/03/04 16:33:16 P.1/27

標準入力法

1. 計算条件

計算機組立日付	2016年07月20日(木)
入力責任者	野口 繁人
プログラムのバージョン	V0.0.1 (2016.09)
XNL-D	Y8456C9 F4E5 43CB
内部コード	171111W-CTH-S-CXC

2. 建物の替装

遊具	遊歩道	7000 ㎡	1000 ㎡	1000 ㎡
	遊歩道	2000 ㎡	2000 ㎡	2000 ㎡
	遊歩道	2000 ㎡	2000 ㎡	2000 ㎡
	遊歩道	2000 ㎡	2000 ㎡	2000 ㎡
	遊歩道	2000 ㎡	2000 ㎡	2000 ㎡

3. 一次エネルギー消費量計算結果

[illegible][illegible]

4. 判定(年間勢自同係數(PAL*))・BP

紅雲銷售額預測(PAL*): [XJ/(1+年)]		891	預計結果
預計值	基準值		
3.13	475	0.65	適中

5. 判定(一次エネルギー消費量)

[illegible]

Ver. 3.7.1 (2024.10)

a9b48600-b48b-4b0b

2025/03/12 11:08:30 P.1/27

模式2-2 外壁形成 Rev.2

[illegible]

Ver.3.7.1 (2024.11)

3:0577 e4-418e-4cd

2025/04/12 11:15:01 P.14/27

樣式2-2 外壁欄隔 Rev.2

[illegible]

Ver. 3.7.1 (2024.10)

2014-08-01 14:00:40

2025/03/12 11:08:30 E.14/27

5—4）施工状況

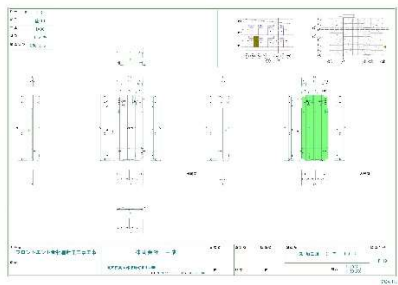
5—4—1）基礎工事

基礎のアンカーセットを既定の寸法許容差以内に収めるのは非常に労力と時間を要した。その結果がコストに影響してくることとなるので積算時点でCLTの工事内容、工程、職方との協議を綿密にしておくことが需要である。

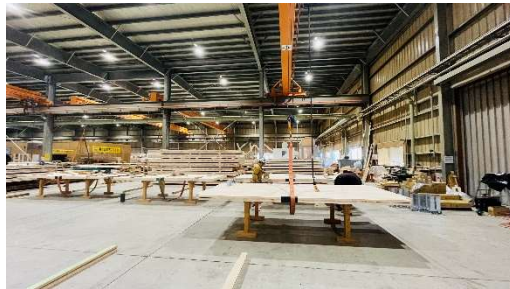
実際に工程的には基礎工事を行いながらパネル製作図の精査などを行う必要があるため事前の工程管理も重要だと思われる。

5—4—2）CLT パネル製品状況

CLT パネルは愛媛県産の杉および檜を採用した。マザーボードはサイプレス・スナダヤ西条工場で製作し、加工・掘り込みなども行った。また建て方時、効率的に施工できるように金物の事前取付および積み込み順なども指定した。また空調方式などによっては配管ルートを協議しておき、事前に開口を開ける必要が出てくる。工事の進捗で変更する部分も出てくることが考えられるため、外周部の一部をCLT パネルではなく雑壁として配管・配線を抜くルートを考えておくといわれる。



製品パネル加工図



製品検査状況



5—4—3) 養生

本建物はほぼ全面にて外装を行うが、内装については外周に面した箇所では CLT 現しとした。そのためパネル設置後から開口から雨が入らないように雨養生を行った。また床パネル設置後にはパネル間の隙間から建て方中の雨が入り、下の内装現わし部にシミなどを残さないようにテープ養生を行った

更なる改善点を強いて挙げるなら事前に透湿防水シートを用意しておき、建て方の進行と合わせておけばより手間も少なく、内部への仕上がりを綺麗にできた点が反省点として挙げられる。ただし、この方法では CLT パネルの施工が順調に行くことを前提としており、微調整や金物固定が難しくなると考えられるため、採用には十分な協議が必要になると考えられる。



外張り透湿防水シート状況



床 CLT パネル間雨養生

6) 総括

今回の実証事業を通して感じたことは、CLT および ZEB ランクの認証を取得するためにはお施主様の労働環境の向上意識および環境問題への関心など理解がないと実現が難しいと感じられた。特に平面計画については事務所用途として求められる機能を確保しながら、構造的・省エネ的にも効率的な矩形の平面計画にするのは難しいと考えられる。理由としては CLT パネル工法の特性上、上下階の壁を揃える箇所が多数出てくることで間取りの制限が大きくなることが挙げられる。またサッシの種類について熱負荷を抑えながら、室内環境の質を向上させるためアルミサッシをなるべく採用せず、樹脂サッシを採用する必要がある出てくる可能性がある。その場合、コストバランスおよび種類を考慮すると住宅用になりやすいと考えられる。そのため選択肢が少ないと感じる部分も出てくるのではないかと危惧している。

またコスト比較を行った鉄骨造に比べると不利になる結果となったが、施工性に不慣れな点と流通価格の改善などで今後はメリットが大きくなるのではないかと感じられた。明確な計算を行うのは難しいと思われるが、感覚的には熱橋箇所が少なくなり、数値には現れない部分で省エネ性能的に有利に働いている部分も少なくないと考えられるためである。

また設計および施工に関しては、金物の見せ方・隠し方の難しさ、求められる施工精度の高さを痛感し、CLTのメリットを最大限生かせるためにはさらなる事例の共有等が必要なことと、普及していくにつれて挙がる有効な使用例の公開などが必要ではないかと考えられる。

今回の実証事業では、当初の目的である CLT を構造体として利用しながら ZEB ランクの認証を取得する建物として、一つの実例を示せたのではないかと考える。今後は少しでも CLT および ZEB に取り組もうと考える企業が増えることで、CLT・ZEBの普及に繋がり、まだまだ少ない商品・工法などの選択肢が今よりも増えることを期待している。