

1 羽黒高等学校について

羽黒高等学校は、1963年4月（昭和38年4月）に、羽黒町（現山形県鶴岡市）出身の故秋元正雄氏によって創設されました。創設期には、実習の一環として、理事長秋元氏と共に生徒らが杉等を植樹した様子が、学校史のなかで確認できます。本計画では、植樹後50年が経過したそれらの学校林を含み近隣の森林で育った杉材を用いて学校

づくりを行っています。故郷の若人に夢を与えてきた創設者の「校舎建て替えの際はこの杉を使ってもらいたい。」という想いを受け継ぐことがテーマの一つでもありました。平成27年7月に設計を開始し、平成28年4月に着工、平成29年3月に竣工しました。

2 新校舎の構成について

羽黒山への参道の鳥居のそばにある敷地は、正門の正面に建つ現在の教室棟を含め、複数棟からなる校舎群で出来ています（図1、2）。これらの分棟化された既存校舎を延べ床面積約5,500㎡の校舎1棟に集約する計画です。新校舎は、普通科、工業科の生徒同士が科の枠を超えてお互いの学習内容に興味を持ち刺激しあえるような環境を作ることや、分散されていた教員スペースを集約し、教員間のコミュニケーションを円滑にできるようにすることが計画上の目的となっています。また、築30年以上経ち老朽化してきた設備の更新を図り、教育環境の快適さの向上と共に、省エネルギーな計画となるようコンパクトでフレキシブルな計画が求められました。

1階にはカフェテリア「ハコテラス」・図書室と管理系諸室、2階には普通教室と職員室、3階には普通教室と特別教室を配置しています（図3）。

新校舎内で最も大きな空間となるカフェテリア「ハコテラス」は、外構に合わせて床レベルを下げることで、天井高さを3,300mmとしています。

また、鳥居や母狩山を望む眺望の良い南西面をCross-Laminated-Timber（以下、「CLT」という。）とする事で、快適性を確保しています。その他、1階には事務室と保健室、音楽室を配置しています。

1階のハコテラスは、生徒の昼食の場であると共に、図書館の閲覧スペースとして、また、ほとんどの

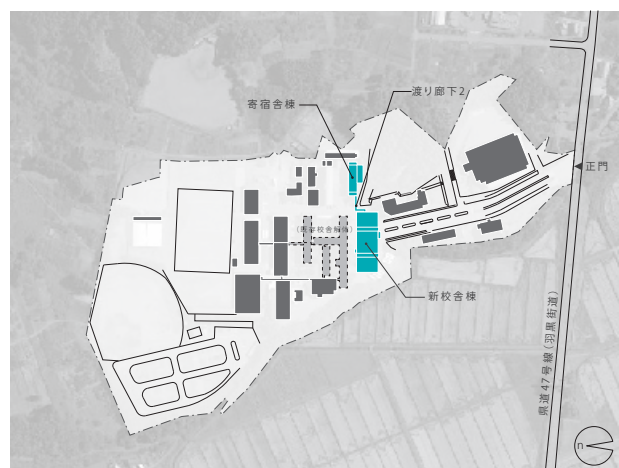


図1 配置図

生徒は、庄内全域からバスを利用し通学している為、多くの生徒が送迎バスの待ち時間を過ごす場として、多目的に利用されています。寮で暮らす80名の生徒にとっては、友人と語らいながら食事を愉しむ場となっています。

図書室は、床レベルを750mm下げ、天井高さを3,300mmとして書架の圧迫感を無くしています。また、床レベルを下げることは、エントランスの見通しの確保にも役立っています。

2階の中央北側には、職員室を配置しています。生徒が質問し易く入退出の管理も容易になるよう、カウンターを設けています。キャンパスの北側には、実習棟やグラウンドがある為、職員室は北側に配置されています。

南側及び北側の一部には、普通教室が配置されています。3階の教室と連続的に配置することで、学年間や学科間の領域を取り除き、お互いの学習する様子が見えるよう工夫されています。

3階は南側及び北側の一部には普通教室が配置されています。北側には、理科室やPC教室が配置されています。妻面の西側と東側には、学習室

と多目的スペースが配置されています。ラウンジと共に多様な学習に対応できるよう配慮しています。



図2 外観イメージ

教室間のコア部分には、階段室と共に男女のトイレが配置されていますが、トイレは各階で男女を入れ替える事で、利便性の向上と共に配管のメンテナンスや更新時にも、男女それぞれのトイレが確保できるよう工夫されています。



3 木造三階建て校舎について

これまでは、3階建ての校舎は耐火構造としなければなりませんでした。平成27年6月に建築基準法が改正され、規制緩和により一定の延焼防止措置を講じた「1時間準耐火構造の建築物」とすることも可能になりました。

平成27年7月より設計を開始しました。改正された法規のポイントは

- 1 建物周囲に幅3メートル以上の通路を設ける。
- 2 火災発生後1時間は倒壊しない構造とする。
- 3 上階への延焼を防止するための措置を実施すること。

ですが、

上階への延焼を防止する措置としては

- A 天井の不燃化
- B バルコニー・庇の設置
- C 窓の防火措置

の、いずれかを実施することになっています。羽黒学園では、A 天井の不燃化を選択しています。

CLTについては、全面的に床版として利用することを検討していましたが、設計期間中には基準強度の告示が公布施行されなかった為、平成28年4月1日の公布後（着工後）に、一部床版として利用しました。

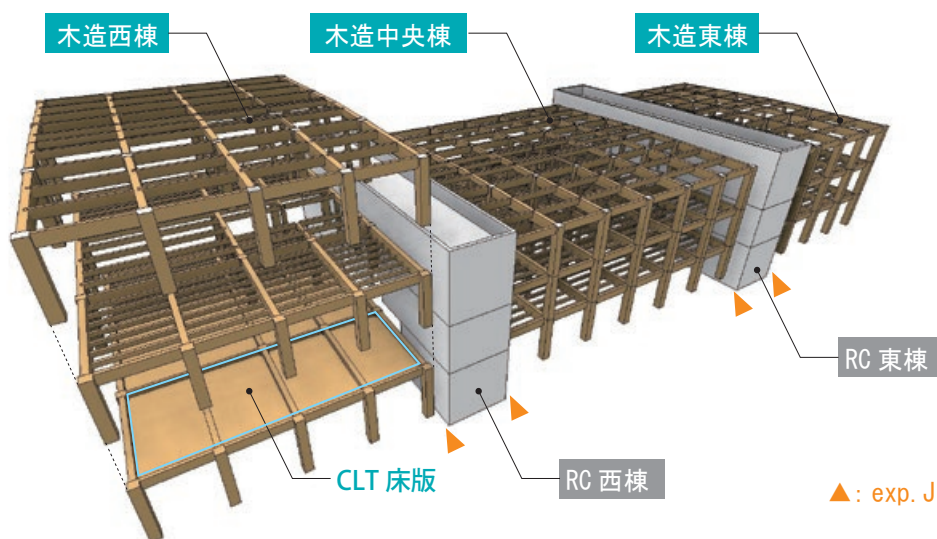


図4 棟構成

4 構造計画について

本敷地は多雪区域に該当するため、垂直積雪量200cmを考慮しています（積雪単位重量30N/cm²）。

木造棟は、ルート2で設計しました（構造計算適合性判定不要）。

平成27年6月施行の改正建築基準法に基づき、

建物を1時間準耐火構造としているため、45mmの燃え代を断面に見込んだ「燃え代設計」を行っています。

告示対応ルートとして、保有水平耐力計算を行い、適合性判定対象でした。校舎の延べ面積が3,000㎡超であることから、法27条に則り

3,000㎡以内毎に区画することで、1棟の建物としています。

延焼を防止する壁等の構造としては、「コアタイプ」を採用し、階段とトイレ等を配置した鉄筋コンクリート造（以下、「RC造」という。）の棟で区画しています。

面積的には、RC西棟と木造中央棟とRC東棟を合計した延床面積が3,000㎡を超えないように計画を行っています。RC造棟と木造棟は、Exp. Jで接することとなりますが、特定行政庁との協議の中で、基礎についても別棟とすることが求められたため、構造上はRC造棟2棟と木造棟3棟の計5棟の建物となっています。

別棟化や「壁等」で区画を設けることは、実質工期を圧迫しています。欧州で大規模木造を視察すると「木造の工事は高いが、短工期が最大のメリットである。」という意見が多く、そのメリットを活かすためにも、構工法での工夫が今後の課題であると感じます。

木造部のスパンは、教室の配置より張間方向最大7.7m、桁行方向4.2～4.4mとしています。

構造形式は、大断面集成材による2方向ラ-

メン構造。接合部は鉄筋挿入接着接合で、エポキシ系樹脂接着剤を用いています。筋交いや耐力壁が不要になり、ブレースのない自由度の高い計画が可能となります。このことは、将来のレイアウト変更などにも対応し易いフレキシブルな計画となっています（図9）。柱断面は580×580mm、梁せいは最大750mmです。1時間準耐火構造とするために45mmの燃えしろを考慮しています。床は一部CLT版を採用している他は小梁、根太の上位に30mmの構造用合板とALCで構成しています（防防火上の床は平成27年国土交通省告示第253号に基づく仕様規定で対応）（図8）。

教室等の居室上部については、小梁を910mmピッチで配置することで、木部の面積が大きい天井（床）としています。また、短ピッチで小梁を配置することで、1本あたりの負担面積が軽減され、梁せいが小さくなることから比較的自由に使える床下空間（約490mm）が生まれます。木造で構造体をあらわした場合に、意匠上課題となる設備配管や配線の処理については、この床下空間を有効利用する事で、居室内に露出させない計画としています（図8）。



図5 外観写真



図 6 外観写真



図 7 普通教室前の廊下と設備配管

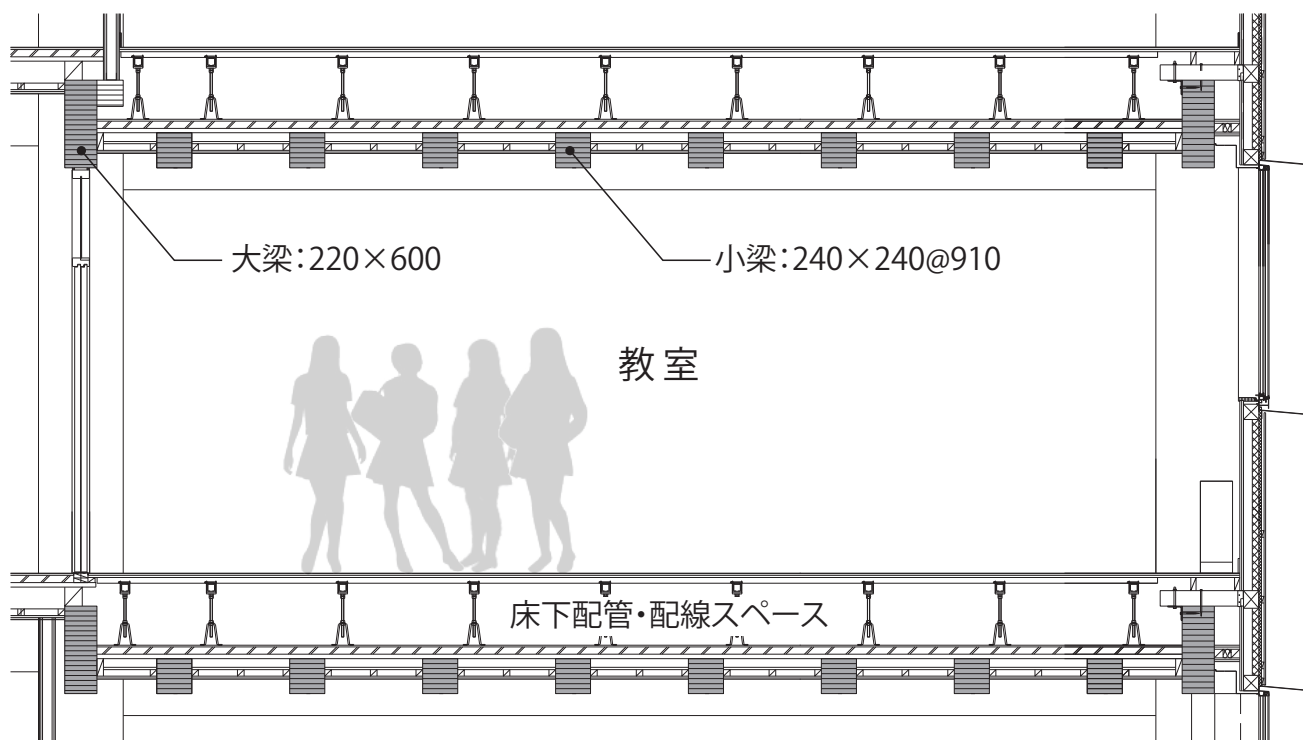


図 8 断面図



図 9 鉄筋挿入接着接合



図 10 木造建て方終了時の状況

5 木材の調達について

建設地の鶴岡市は、公共建築物での木材利用の先進都市です。2階建ての小中学校での木材利用も地域産の製材を、市が事前に調達し、製材・乾燥を委託するなど取り組みを行っています。しかし、羽黒学園では、木造3階建ての建築基準法改正や床版でのCLT利用を計画していたこともあり、スケジュールは非常に短く木材調達の期間は限られていました。

構造材としては、地元羽黒産の杉材を柱として、また、梁は唐松材で検討していましたが、羽黒産の唐松材では、当初計画の梁せいで必要とされる強度が確保出来ないことが判明し、北海道産の唐松材に変更しました。結果として、短期間で地元出羽森林組合が準備できるボリュームとなっており、柱と小梁（E65-F225、一部小梁E75-F240）に集成材として用いています。大梁には、高い剛性を確保できる北海道産のカラマツ（E105-F300）集成材を採用しました。

構造用材は、ラミナとして加工・乾燥され、秋田県で集成材として加工されました。構造用材は、

・学校林杉集成材	柱・小梁	488m ³
・北海道産唐松材	大梁	315m ³
・九州産杉材	CLT床版	18m ³

となっています。

学校林の木材は、スギなので強度・剛性はそれほど高くなく（E65-F225）、一部断面を小さくしたい箇所でE75を使っています。ラミナ全体の強度割合は、L80の31.52%を中心としていたため、地域材での制作が可能となりました。

丸太での利用や自然乾燥での製材での活用では、約2年程度の準備期間が必要とされていますが、人工乾燥させるラミナを集成材化する場合は、工事の直前でも可能でした。これは、鶴岡市が木材利用に取り組んでいたことと、設計時に地元の森林組合に相談していたことが成功の要因だと考えられます。



図 11 学校林（上）と伐採された杉材（下）



図 12 森林組合での製材の様子



図 13 ラミナに加工された杉材

ラミナ強度一覧

ラミナ強度	L30	L40	L50	L60	L70	L80	L90	L100	L110	L125
枚数 (枚)	8	24	593	3578	7757	8568	4929	1427	291	12
割合 (%)	0.03	0.09	2.18	13.16	28.53	31.52	18.13	5.25	1.07	0.04

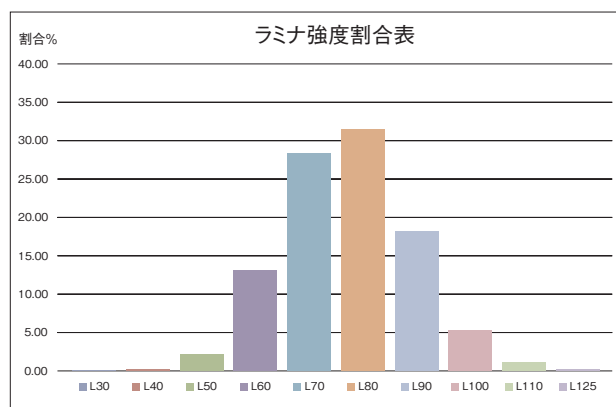


図 14 ラミナ強度の割合

6 CLT を用いた床版について

柱や梁に加え、天井にも木質感を持たせられな
いかと考え、設計当初は、CLT 関連告示施行を
前提とし、全ての床を CLT で構成する計画で設

計を行っていました。しかし、CLT の強度に関
する告示施行スケジュール (H28 年 4 月施行) と
確認申請・発注スケジュール (平成 27 年 12 月

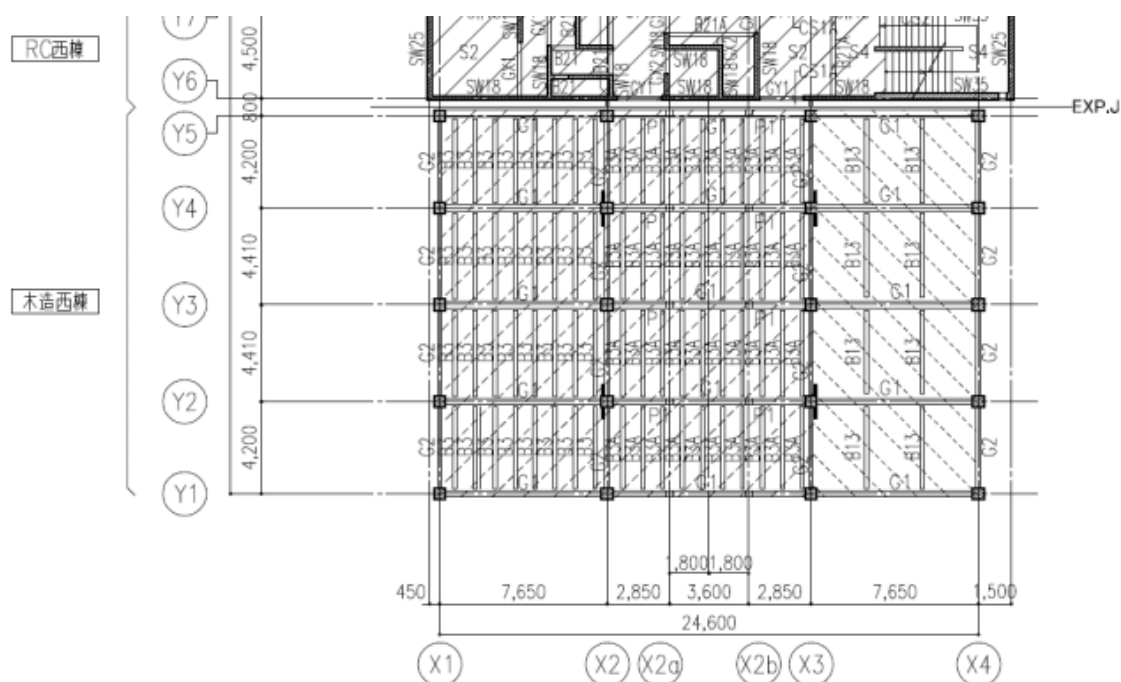


図 15 2 階床伏図 (CLT 部)

提出) が合わなかったため、採用を断念することとなりました。また、これまでに竣工している多くの CLT を使った建物は、木質系の材料供給者または製作者による施工のものが多く、正確な価格の把握が出来なかったことも原因の一つです。

しかし、現場段階での設計変更において、カフェテリアの天井となる 2 階床の一部で、国産杉材による CLT 床版の採用が実現しました。CLT 床版は、厚さ 150mm (5 層 5 プライ) で幅 2m, スパン 2.5m のサイズとし、柱梁と同様に 1 時間準耐火構造としています。接着剤については、

レゾルシノール系を用いているため、燃え代は 45mm となります。固定方法については、大梁或いは CLT 受け材の上に載せ、長ビスで接合しています (図 15)。床の重量は構造用合板及び ALC 版を用いた場合と比べて、ほぼ同等です。意匠上のメリットとしては、一般部では層間の防火区画形成のために、梁を除き木質感が感じられませんが、CLT を床に用いた場合は、構造材が直に下階の仕上面に現れるため木質感の溢れる空間を作ることができることがあげられます。また、構造体あらわしとすることで、仕上コストの削減

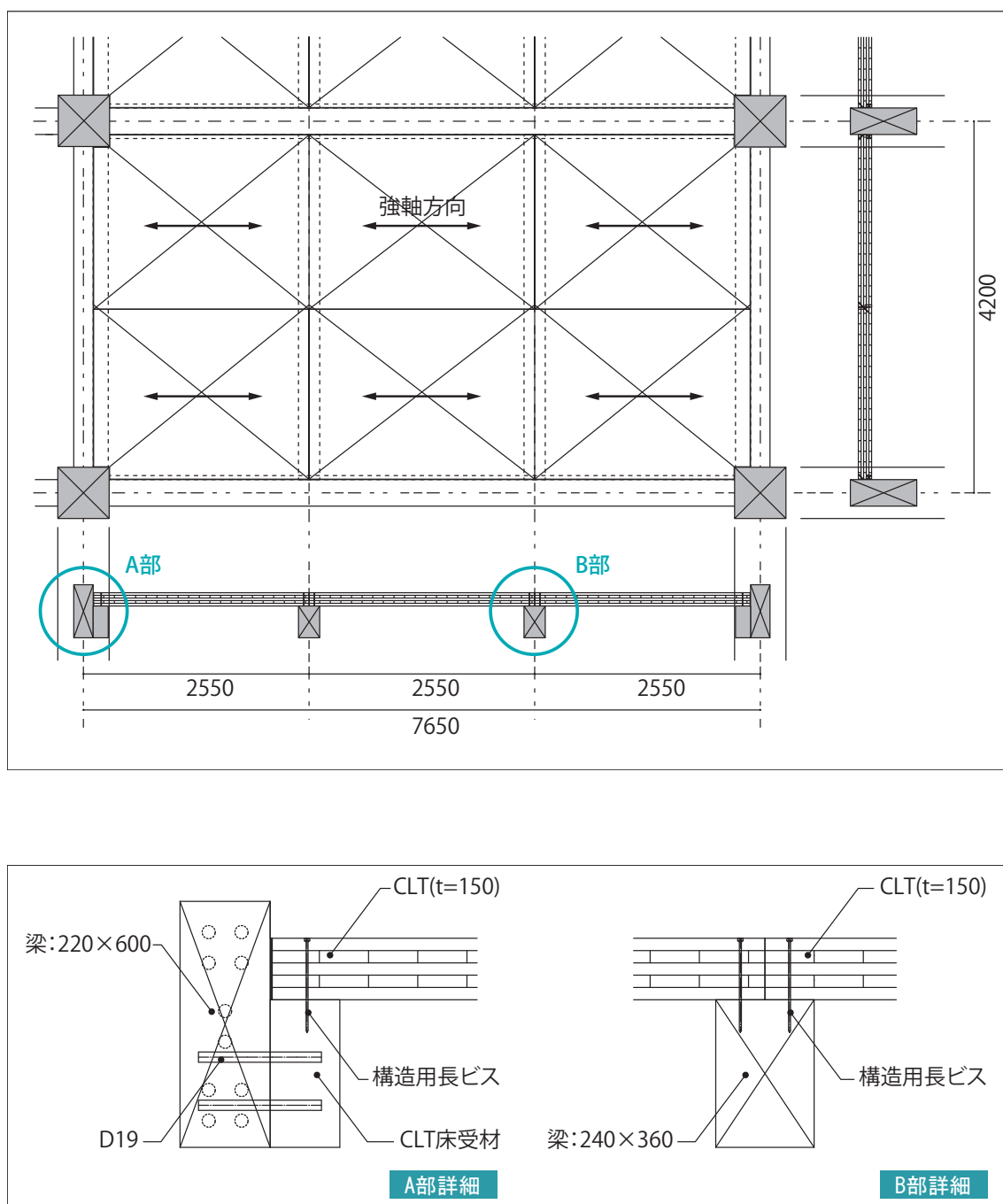


図 16 CLT 部の詳細図

にもつながっています。今回、CLTを採用したカフェテリアは、食事の場・図書閲覧の場であると共に、多くの生徒がバス通学となっている羽黒学園では、帰宅のバスを待つ空間となっています。木質感の溢れるカフェテリアが、生徒にとって思い出の空間になることを願っています（図16、17）。

今回は、吸音については在来工法による天井部

分に依存していますが、今後意匠的にCLTで床版を作り露出する場合には、吸音をどのように成立させるかが問題となります。照明器具と一体となったものも考えられます。

施工上のメリットとしては、一般部と比較して構造体（小梁、床）及び耐火上の床をCLT床版単体で担うことができるため、床施工における工種・工程が簡略化され工期短縮に寄与しています。



図 17 CLT 部施行中の様子



図 18 カフェテリア内観



図 19 CLT が表しとなっているカフェテリア内観

7 無理に木で作らない

工事に先立ち、地域の繁忙度を調査しました。地域の職人数を考えると、木造・RC造・S造どの職種も職人の人数に余裕がありませんでした。工事は、木造とRC造の部分进行、内装の間仕

切り等も木下地に拘らず、軽量鉄骨下地（LGS）とするなど、地域の状況を考慮した発注内容とし、コストに配慮した計画としました。

8 木造三階建て学校の課題について

設計において最も時間を割いたのは、防耐火関連法令における考え方の確認です。例えば、平成27年国土交通省告示第255号第3の「上階への延焼を抑制するための措置」として、①天井の不燃化②バルコニー・庇の設置③開口部の防火設備の3つのメニューがあり、本計画では①を採用し

ています。当初は②の庇設置により、延焼抑制と日射遮蔽等の環境性能の両立を目指しましたが、告示計算式により算出される庇の大きさが、バルコニー相当の規模となったため、窓周りの簡素化によるコスト抑制を優先し、天井の不燃化を採用しました。

また、③の開口部の防火設備を選んだ場合には、非常用の進入口に替わる、代替侵入口の窓としてのガラス厚さとの関係性があります。近年は、複層ガラスが標準化されつつありますが、ガラス厚さについては、各特定行政庁で指導内容が異なり、今回はフロートガラス 6mm 以下・網入りガラス 6.8mm 以下となっており、網入りガラスで構成される複層ガラスでは、代替侵入口とする事は難しいです。

平成 27 年国土交通省告示第 250 号における延焼を防止する壁等の構造方法として、RC 造によるコアタイプとしています。平成 27 年国土交通省告示第 249 号において、壁等を構成する防火設備の周りの不燃化が求められます。「ロの字」型のコアタイプであるため、一方の木造棟からの内部加熱については、RC 造コアタイプ内でそれに面する壁などから取り、もう一方の木造棟からの内部加熱についても、RC 造コアタイプ内でそれに面する壁などから取ることとなります。コアタイプの内装は、床・壁・天井を準不燃以上とすることでこれに対応しています。壁タイプでは、木造部分に不燃化を計らなければならない部分が出ますが、コアタイプで両側の壁を防火区画とすることで、木造部分に不燃化部分を出さない



図 20 外観詳細（腰壁部のパネルは給排気チャンバー）

工夫です。「木造三階建て学校（木三学）」を先行するプロジェクトとして、法規や施工の不明点を解決しながら進んでおり、木の学校づくりの参考になれば幸いです。



図 21 エントランスホール吹抜け

1 経緯

熊本県北部、のどかに広がる菊池川の流域で、縄文遺跡や温泉街と田畑が広がる山鹿市の中心に、山鹿小学校は位置しています。町村合併による市全域の教育環境再編計画として、複数の学校を統廃合し建て替える計画を作成されました。その中で、市の中心に位置する山鹿小学校と山間部の児童数40名弱の川辺小学校の統合校として、2009年秋にプロポーザルコンペが行われました。

合唱をはじめ、夕方遅くまで続けられる活発な部活動の練習風景と、その活動を支える大人たち、迎えの親たちの車の往来が、この小学校を設計するうえで重要な与件となりました。同時に、お盆の夜に繰り広げられる千人の女性たちによる灯籠踊りの会場としても有名で、校舎の配置は、踊

り子の待機場を確保することが求められました。また、近隣の方々が自由に通行する開かれた学校であったこと、周辺地域との関係を維持しながら、地域活動の要となるような学校施設計画、川辺小学校の学区の子供たちのスクールバス通学になることを考慮した、居残りのできる図書室のあり方等を模索しました。

また、地域産業である林業、豊前街道に残る街の景観を学校に取り込むこととしました。コンペ要項では、「木材利用を図ること」という記述はありましたが、構造については、鉄筋コンクリート造の指定があった中で、設計者から屋根架構を木造で作ることを提案しました。



図1 鳥瞰パース



図2 灯籠祭りの風景



図3 学びの原っぱ

2 目標・計画の課題

山鹿市（とくに鹿北地区）は、熊本県内有数の杉の産地であるため、地場産材の利用を考えました。地元にある製材工場を利用し、地産地消を目指しました。地元には集成材工場がないため、集成材を使わずに、どのように構造計画をしていくかが課題となりました。また、鍋田石など、木材以外にも地元の材料を使用しています。

また、山鹿小学校は、児童数が600名を超え非常に多いため、足音や机を引きずる音などに配慮し、2階床は鉄筋コンクリート造とし、屋根架構

を中心に木造としました。それは、建物上部を軽くすることで、建物全体の受ける地震力の軽減を狙っています。

建て替えに際して、プレハブ校舎を使用しない計画とし、既存校舎を使用しながら敷地内での建て替えを行いました。プレハブ建設費を抑えること、グラウンドを灯籠祭りで使用するため、グラウンドへのプレハブ建設を避けたいなどの要因により、建設計画を行いました。



図4 南側の大きな庇や水廻りを配置したクラス別に昇降口を持つ低学年棟

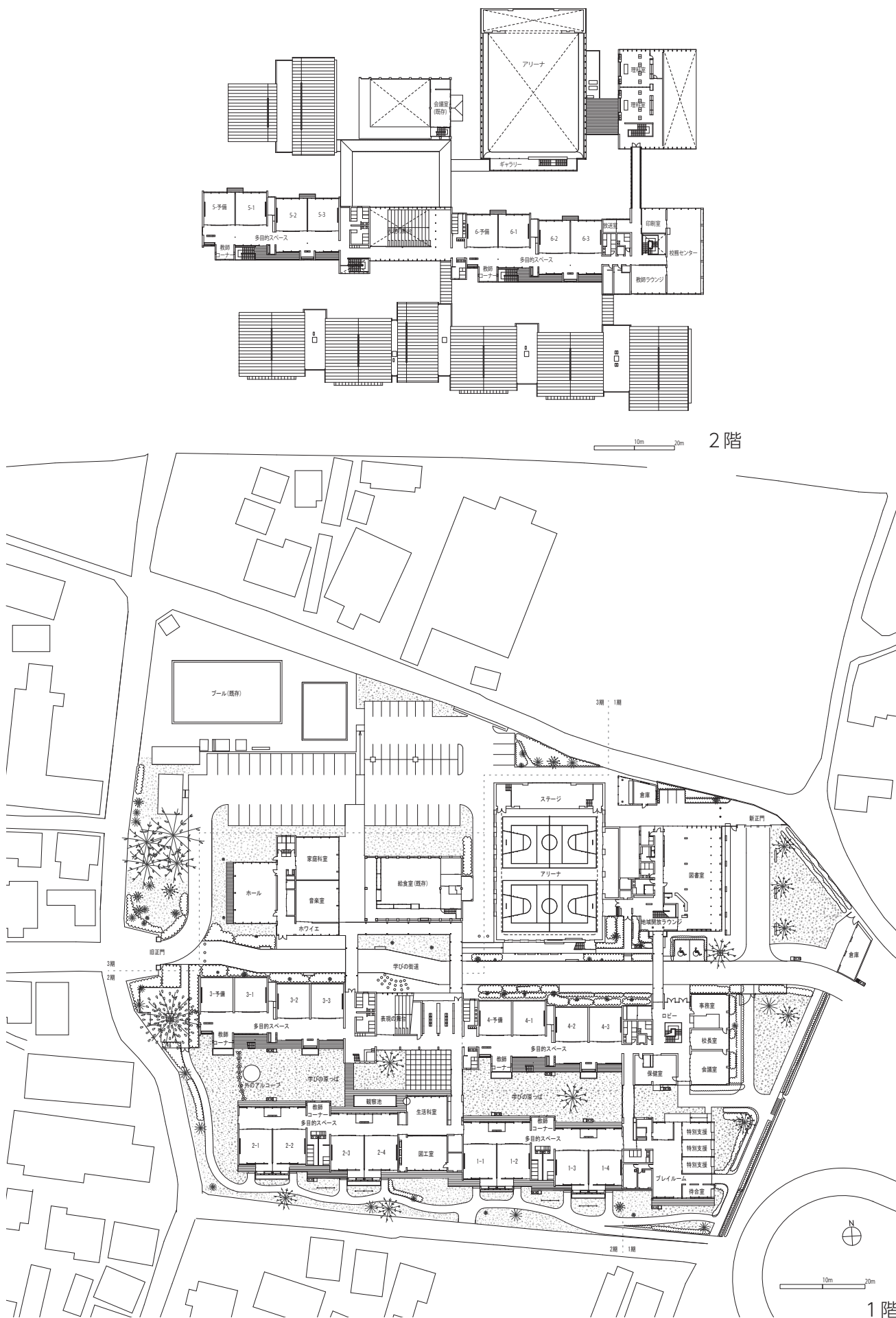


図 5 平面図

3 計画の特徴（防火上の区画について）

校舎は、平屋と2階建てからなり、東西に伸びた校舎は、中庭である「学びの街道」や「学びのはらっぱ」に沿って配置され、庭を挟む形式をとっています。これらの庭に沿う校舎の屋根を東西に架けることで、南北方向へ光や風が抜け、屋外と内部を緩やかにつないでいます。

木架構部を挟む鉄筋コンクリート造コアは、防火上必要な区画になると同時に、地震力を負担することで木材の構造的負担を軽減させています。また、勾配屋根を受ける大きな樋として雨水を処理することで、台風やゲリラ豪雨へ対応しています。鉄筋コンクリート造コア等により 2,000㎡

以下の分棟とすることで、燃え代設計を回避し、一般流通の製材利用を可能にしています。

また、棟ごとに2方向避難をとっているため、通常の学校より避難経路が多く、火災時に避難しやすい計画となっています。

別棟は、①建物を離す、②S26 通達、③渡り廊下（県条例等）のどれかを使う必要があります。構造や避難が鉄筋コンクリート造部と木部を一体で考えて良いのか、確認が必要です。また、消防の規定にも注意が必要で、細かい取り扱いについての規定がない、または曖昧であるため注意が必要です。

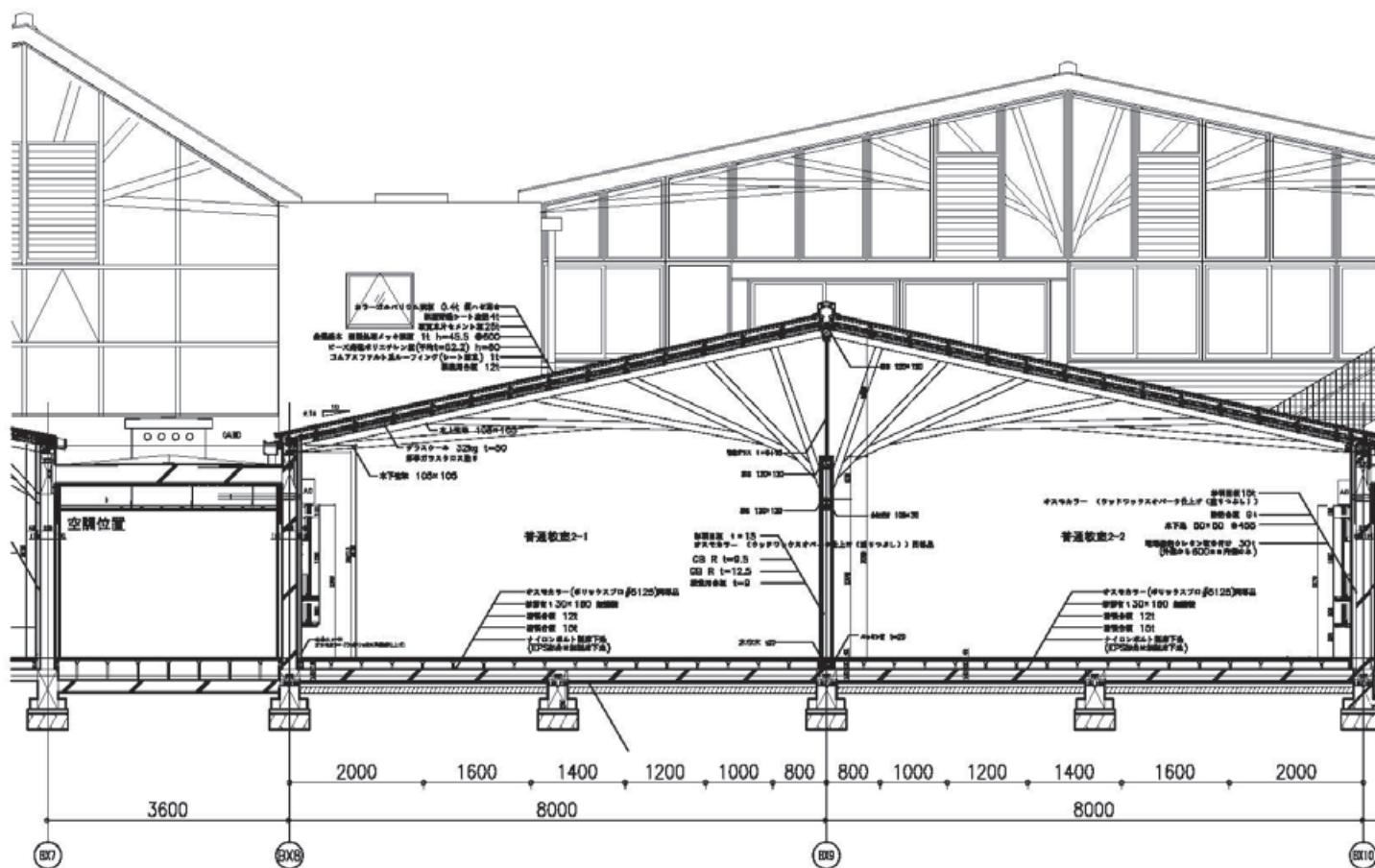


図 6 断面図

4 計画の特徴（構造計画）

屋根を支える木架構は、教室（7～8m スパン）から体育館（25.6m スパン）までの様々な空間に対し、木材に曲げ荷重がかからない構造とすることで、細い部材（教室・図書室等 105mm×105mm、表現の舞台 150mm×150mm、体育館 240mm×240mm）を使用しています。スパンの変化に対し、木材のサイズと組み方を調整することで、同じ構造システムを用いて多様な空間に対応できるよう9種類のパターンを計画しています。また、ほぞ・ラグスクリュウ・金物など、従来からある工法をすることで、地元の施工者がスムーズに施工できるよう配慮しています。これらを決定するにあたり、調達できる木材の断面・長さ、ヤング係数などを確認し、全体の7割程度 JAS 材の E70 以上が取れることや、長い材は 240 角の 6m 材も確保



図7 廊下

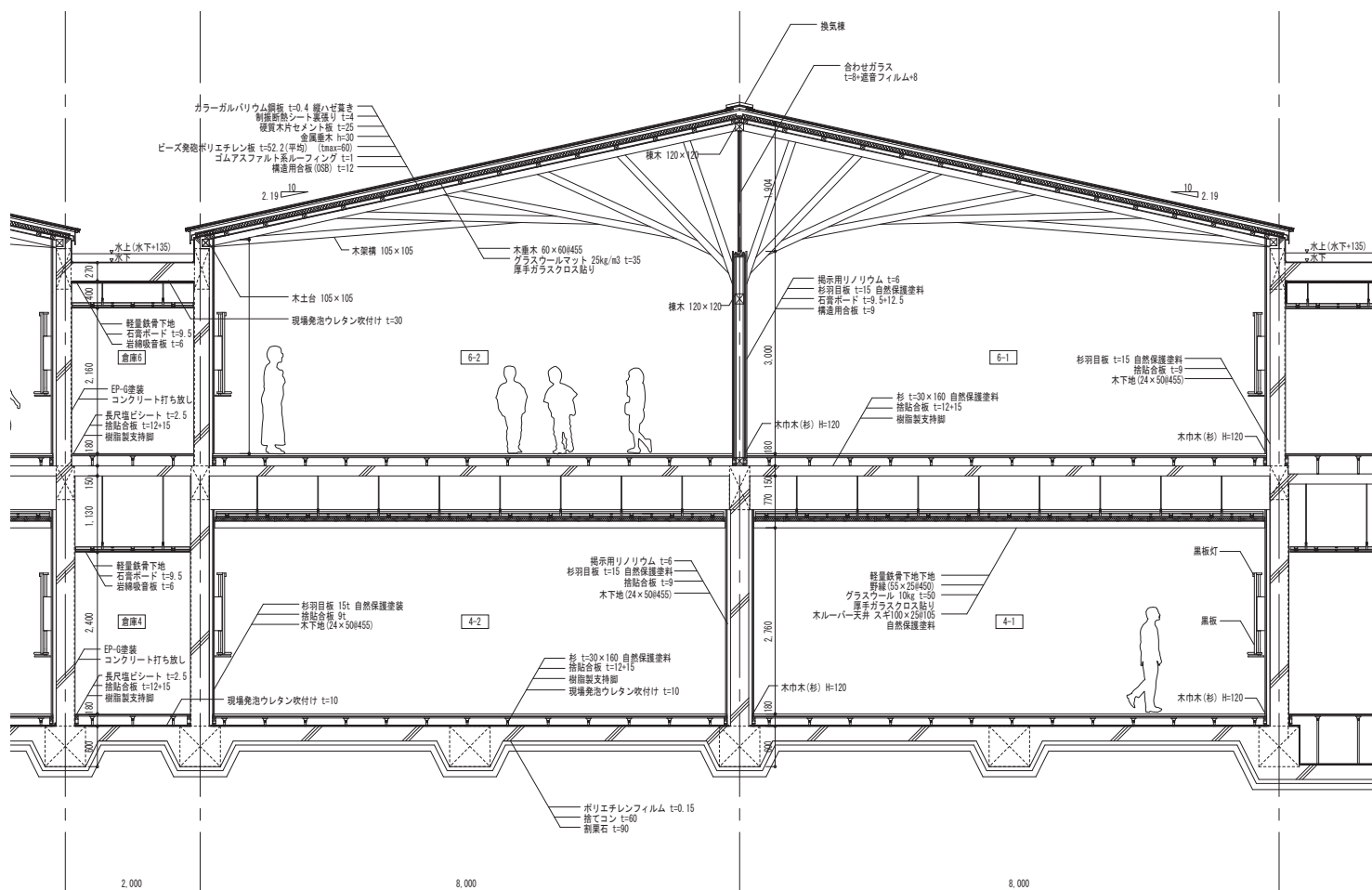


図10 断面図

可能なことなどを、事前に製材所、森林組合へのヒアリングを行いました。また、工事に先行し、

架構のモックアップを作成し、仕口取り合いの確認等も行いました。

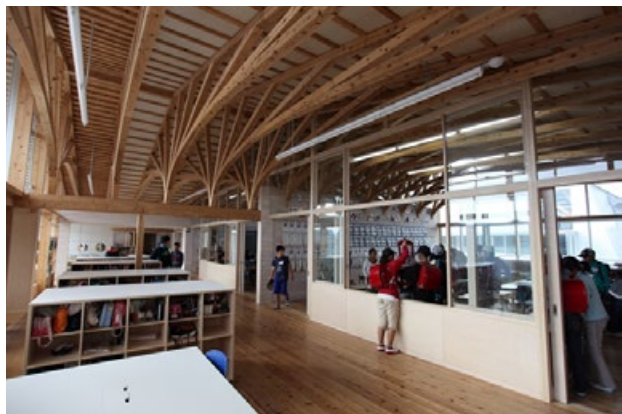


図 8 2階



図 9 1階

5 構造設計

5-1 小径材で形成する南京無双玉簾状の架構

小径で短い材を、角度を少しずつ変えながら連ねていくような形状をとっています。すると、南京無双玉簾を扇状に広げたような架構が形成されます。全体が大きなデプスのラチス上になり、下縁として効いています。各棟とも基本的に、屋根以外の構造は鉄筋コンクリート造とし、木造屋根を載せ、部分的に木造屋根の途中を支持するために、木造架構の脚を下ろしています。教室、図書室、体育館など、スパンによって部材サイズを 105 角、

150 角、240 角の製材として使い分け、また、支持点の異なる条件によって、玉簾の模様を適用させています。下縁が描く曲線によって、うまく下弦の軸力を伝達できるかが決まってきます。それぞれ部屋ごとに違うスパンに対して、材長さを 4 m 程度に部材を抑えています。様々な角度で接合する材端には、脱落しないような凸型のほぞを設けており、これが山鹿の大工により素晴らしい精度で刻まれ、組み立てられています。

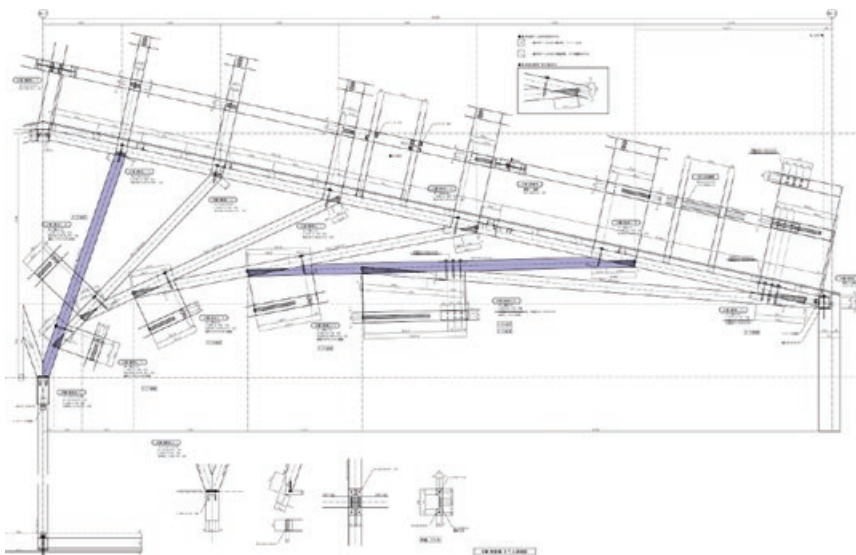


図 11 断面詳細図



図12 地元大工により美しく組まれた架構

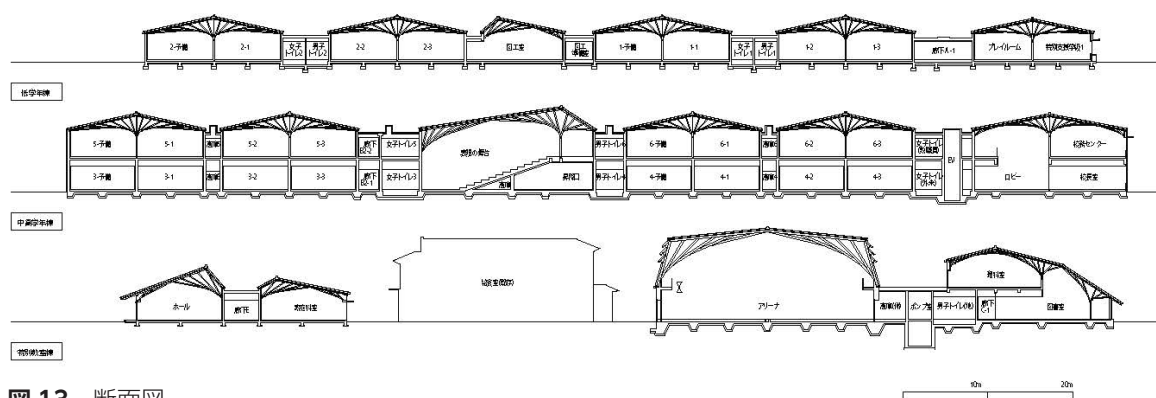


図13 断面図

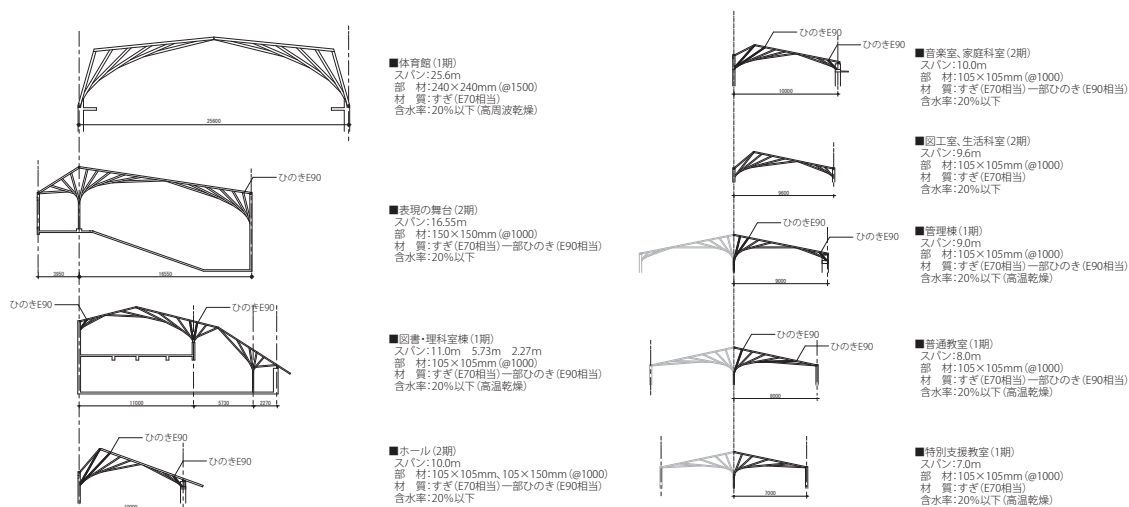


図14 架構パターン (写真:左 表現の舞台 右 体育館)

5-2 力の伝達

架構には、圧縮力がほぞにより、力を伝達します。一部トラスの端部にかかる引張り力・せん断力に対して、ラグスクリューにより対応します。トラス中央部に若干の曲げが発生しますが、接合部をトラスの根本によせることで、ジョイントではなく木材で力を受けるようにしています。

図 11 の色がついている部材には、他より力がかかるため、ヒノキ E90 を使用し、架構はスギとヒノキで構成されています。

5-3 9つの南京無双玉簾状の架構パターン

すべての架構が、一貫した南京無双玉簾状の形状と取っており、9つのパターンで構成されています。小学校は、普通教室から特別教室、図書室や体育館など様々な特徴や広さを持つ部屋があるため、それぞれの特性や雰囲気などの特徴を担保できるような構造計画を目指しました。この一貫した構造計画が、それぞれの教室を魅力的に作りながら、全体としてまとまりをもった建築にしています。

6 計画の特徴③仕上げについて

仕上げにも地場産材のスギ材を使用しています。壁は 15mm の杉羽目板貼り、床は 30mm の杉の無垢材を使用し、浸透性の塗装とすることで調湿作用を保つよう配慮しました。

ブルテンボードをライン状に施工することで、

羽目板としながらも、掲示が可能なように仕上げています。羽目板貼りは、紫外線などで木があめ色になり全体が暗くなることを懸念し、白を入れた浸透性保護塗装としています。



図 15 スギの羽目板貼りとブルテンボード

7 環境（温熱）

夏の暑さに対して、屋根下地を2重とし、屋根に通気層を取ることで、断熱に配慮した計画としました。また、天井面にサーキュレーションファンの設置をすることで、上部と下部の空気の気温差を軽減し、小屋裏のない木造屋根の温熱環境に配慮しました。また、室内の上部の熱気を排出し

やすいように、ジャロジー窓を設置し、夏場の熱気抜きとしています。

エアコンの将来設置に備え、室外機置き場と冷媒・ドレーンのルートを確認しました。竣工後早い段階で、設置が決まり、現在一部の教室ではエアコンが設置されています。



図 16 サーキュレーションファン（左）、ジャロジー窓（右）

8 環境（音）

屋根材に制振断熱材を裏張りすることで、雨音に配慮した計画としました。建設中の度重なる豪雨の中でも、十分静寂な音環境を確保できる事が

実証されていました。また、授業時の室内音環境の向上を図るため、設計時に各音域の残響音を解析した上で、天井全面をグラスウールマットの

吸音材仕上げとすることで、開放的でありながらも音環境に優れた空間としています。教室の気積が大きくなっているため、残響時間に対して注意

深く計画しました。

また、吸音材の裏側が配線ルートとなっており、照明や煙感知器などのルートとなっています。

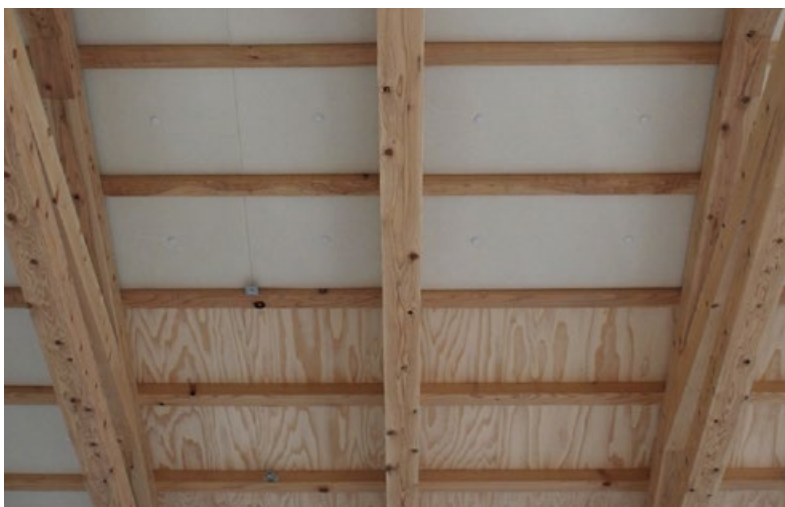


図 17 吸音材

9 環境（照度）

照明計画は、木仕上げのため、部屋全体の反射率が下がることを見越したものとしています。教室のベース照明は、蛍光灯のため、交換がしやすいように3m程度まで吊り下げて設置しています。光が架構や天井面まで回るように、ランプをあえて露出としています。

また、小屋組みがあらわしになり、通常の黒板

灯だと架構と干渉したり、黒板照明が通常の設置位置より離れたりするため、設置方法などに注意が必要になります。本計画で、黒板棟はLEDのウォールウォッシャータイプのものを使用し、黒板面を舐めるように平滑に照らすものを採用し、上げ下げした際にも、照度分布が問題ないような仕様としました。



図 18 黒板灯がすぐ上部に設置された黒板

10 木材利用上の特徴

木材の調達（伐採・製材・乾燥・養生・プレーナー、モルダー加工・仕口加工）は、山鹿市内、熊本県内など様々な人がかかわり、木材供給を行いました。

材量は、山鹿市内の森林組合および製材所から供給され、全体の9割以上が山鹿市から伐採しました。また、そのうち約半分程度を山鹿市の市有林から供給されました。

表1 製材としての木材量

(単位: m³)

	1期	2期	各棟小計
A棟(教室)	20.30	71.08	91.38
A棟(図工・生活科)	—	12.97	12.97
B棟(管理)	29.71	—	29.71
B棟(教室)	38.80	38.80	77.60
B棟(表現の舞台)	—	30.66	30.66
C棟	42.08	—	42.08
D棟	161.78	—	161.78
E棟(ホール)	—	13.43	13.43
(音楽・家庭科)	—	17.80	17.80
合計	292.67	184.74	477.41

調達可能な材長や本数の有無については山鹿市の森林組合、製材のヤング係数の分布や乾燥については製材所にヒアリングを行いました。架構のほとんどを105角の流通材とし、地場産材を使用しても、市場価格との比較ができるようにしました。6m材で、240角程度の材料がある程度確保できることや、ヤング係数E70(E65～E75)の製材が、製材される全数量の7割程度確保できることなどを確認してから、設計に入りました。

森林組合と製材所は、お互いそれぞれの分野しかわからず、ヒアリングに手間がかかりました。機械等級を計測する習慣がなかったため、こちらが必要とする強度が出るのかどうか正確にはわからず、過去に試験的に行った機械等級のデータを探してもらいました。また、今まで使用したことのない断面サイズの木材の乾燥については、難易度が高いことが後ほどわかり、困難を伴いました。

入札後の施工者決定後に、木材の伐採を行いました。設計中には、断面・長さ・本数などの必要木材量の情報については伝え、その情報の中で、森林組合が段取りのみを行いました。設計側とし

て、地場産材を利用したいという思いがある一方、価格が高止まりすることの懸念から105角や150角など価格が比較しやすい一般品を中心に考えました。また、木材を確実に調達するため、伐採・製材を行い事前購入することは、価格が高騰する危険性があることや、製材の品質や性能のチェックが難しいこと、自治体が随意契約で木材を購入しにくいなどの問題があり、難しいことでした。

機械乾燥の場合、時期や状況にもよるようですが、あまり葉枯らし乾燥を行いません。例えば、高温蒸気乾燥の場合、表面の過乾燥を防ぐため、蒸気で加湿します。伐採後、すぐに乾燥窯に入れる場合も多いため、それぞれの地域により、確認する必要があります。

乾燥については、熊本県林業研究指導所の方の指導を受け、各製材所の乾燥スケジュールなどのアドバイスを受けました。熊本県は、公共事業に対して、上記のアドバイスを受けられるなど、大型木造の案件に対しての対応が整った地域でした。

105角、150角は、高温蒸気乾燥を行いました。ただし、高温の時間が長いと内部割れを誘発する危険性がたかくなるため、高温の時間をいかに減らすかなど、各製材所と指導所の担当者と議論し試行を行い対応しました。近年、内部割れを抑えるための乾燥スケジュールが研究されています。

※安全・安心な乾燥材の生産・利用マニュアル

(編集・発行：石川県林業試験場 石川ウッドセンター)



図19 計測の様子

体育館の240角の材の乾燥について、山鹿市内の製材所でも試験的に実施しましたが、難易度が高く、熊本県内（減圧乾燥）や大分の製材所（高周波乾燥）を行いました。図19では、プレーナート同時に含水率・ヤング係数を計測しています。※JASの認定工場ではありますが、すべてのサイズで機械等級区分のJAS認定を取得していなかったため、林産試験場の方の立ち合い等を行い、ヤング係数や含水率については、全数検査を実施

しています。

強度が必要なものは、ヒノキE90を用いました。杉の中にもE90以上が一割程度あったため、設計で指定しましたが、実際は乾燥・製材する時点で、どこの部位にどの丸太（または製材）を使用するかを先に決めてしまうため、E90の材を使いたい部位に使えません。よって、あらかじめヤング係数の高いヒノキを使用しました。

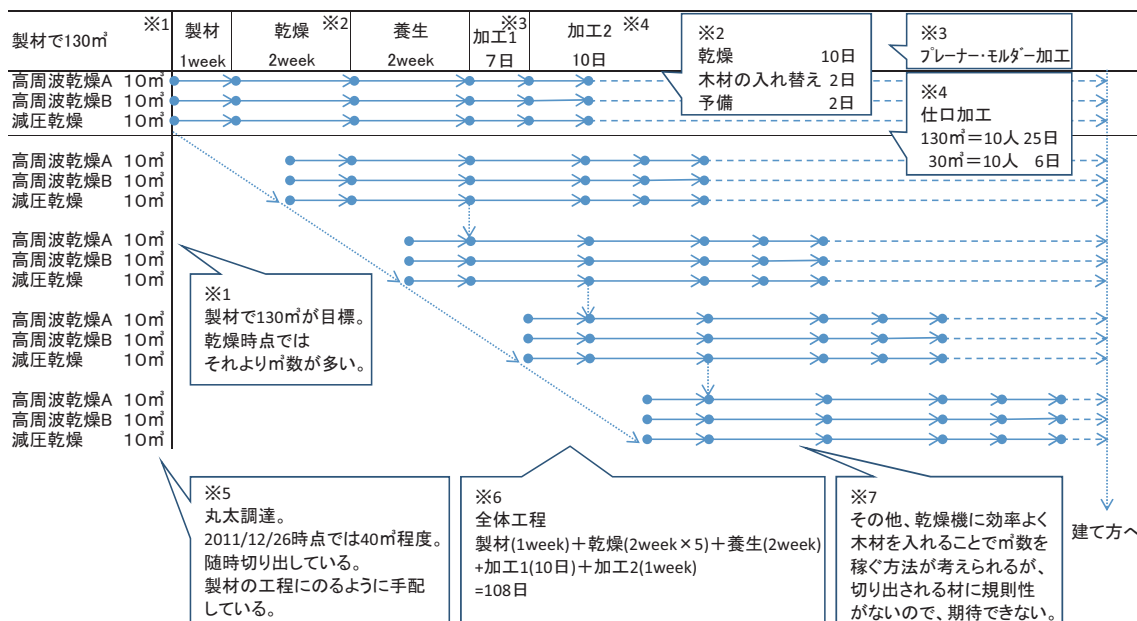


図 20 体育館の乾燥スケジュール案

11 施工

11-1 モックアップ

ほぞ加工等を行うにあたり、大工ごとの特性などもあるため、棟ごとに担当する工務店を決め、木架構の製作を行いました。事前に、各工務店の代表者が集まりモックアップの製作を行い、ほぞ加工やラグスクリーューでの施工に不具合や問題がないか、また、建方の手順を確認しました。

棟木に上弦材が差し込む納まりになっているため、建方時の苦勞が多いことが予想されたため、ほぞ形状などの見直しを検討しましたが、加工が複雑になるため、当初案で進め、建て方を工夫することとしました。ラグスクリーューの座金や一部



図 21 製材所で行われたモックアップ



図 22 ほぞ加工と地組風景

プレートを座彫りするなど、意匠についても確認を行いました。

11-2 加工

普段から木材の仕口継手を手加工している山鹿市の大工により、狂いなく組み上げられています。ほぞ加工と地組までを各工務店で行い、トラスの状態で見地に運び込み、建て方を行いました。

11-3 建て方

2教室を1ユニットとし、鉄筋コンクリート造の壁（コア）の上部に土台を据え、そこにトラスをかけ、合板・アスファルトルーフィングを張りました。この工程を2日程度で施工しました。

11-4 養生

施工中は、架構をブルーシート養生するだけでなく、養生シートでトラスを養生し施工しました。ただし、雨天が続く場合などは、養生シート内に



水が入り、逆にシミになることもあるため、養生用に塗装を施す場合もあります。どちらにするかは、加工場所や状況を踏まえ施工者と相談する必要があります。

11-5 防蟻

既存校舎の体育館の床材が、シロアリ被害にあっていたこともあり、防蟻処理は慎重に行いました。建物外周部の土壌処理を行いました。木材については、材料に薬剤を含浸させる通常の防蟻処理を行いました。また、1階に土台がある棟については、打ち継ぎ目地部分やスリーブ貫通部分、サッシ取り付け部分に、シロアリ侵入を防止する防蟻用のメッシュ処理を行いました。有機系の薬剤は、分解されてしまう欠点がありますが、無機系は雨天時に流れてしまうなど一長一短あるため、防蟻の方法については、慎重に選ぶ必要があります。



図 23 教室の建方風景



図 24 養生の様子

12 メンテナンス

外壁部分には木材を使用せず、ガルバリウム鋼板や鉄筋コンクリート造打ち放し等の仕上げとすることで、維持管理の手間を軽減しました。

地場の杉フローリングの掃除は、原則、乾拭き又は固く絞った雑巾で行うようにしています。子供が雑巾を固く絞れないため、午前中に絞ったものを乾かしておき、掃除の時間に使用するなど、

学校で独自の工夫をしています。汚れについては、メーカーのクリーナーが高価なため、重曹を薄めたものを用いて、汚れを落としています。浸透性保護塗装のため、塗装がハゲた部分には上塗りが可能で、随時上塗りをしています。杉材などは、染み込みの量が多いため、塗料が余分に必要になるなど施工者から指摘されました。