



第3章 計 画

3-1 概要

木造学校施設の建設は、敷地の広さや防火上の規制から必要となる防火性能を確認した上で、大量の木材の確保方法、コストの検討を行うことにより、実施可能か判断できます。その後の検討の進め方は、地元の市町村有林等を伐採して利用する、一般流通材を利用するなど、事業の条件によって変わってきます。しかしながら、留意点を抑え、関係者と連携しながら進めることにより、学校施設の木材利用は十分に可能です。また、都市部等で大量の木材の調達が困難であり、法規制上、木造化が困難である場合でも、内装を木質化することにより、木材の良さを生かした、教育的効果のある施設とすることができます。

地域材を活用した公共建築物等の木造化や木質化における課題は、次のとおりです。

①各関係者間の情報共有

発注者、設計者、木材関係者、施工者間で、公

共建築物の設計内容、発注情報、必要かつ地域で供給可能な木材の情報（種類、寸法、数量、納期）、木材、木製建築部材の生産情報、等の情報が共有されていない。

②必要な品質・性能を有する木材の調達・確保

木材の品質（含水率や強度）に関する関係者の知識が不足しており、公共建築物等の整備に必要な品質、寸法の木材を適切に決定し調達することができない。木材乾燥や検査技術等が不足しており、必要な品質、寸法、材積の木材が、決められた期間で調達できない。

③木構造の設計力の向上

地域の関係者は、木造化・木質化に取り組んだ経験が少なく、木材の構法、構造上の特性や、木材の供給、加工等のプロセスを理解した上で、地域の実情に適した意匠設計や構造設計ができないケースが多い。

3-2 体制づくり

木の学校づくりは、計画段階においては、学校設置者が中心となり、教職員、保護者、地域住民、設計者や学識経験者などによる検討会を組織し、ワークショップなどの取組みを実施し、十分に話し合うことにより、地域の学校として作り上げていくことが重要です。そのような機会に、子供たちが参加したり、意見を言ったりすることは、教上の意義があります。また、それを契機にして、学校が地域コミュニティの核となることが期待されます。学校づくりは、学校と地域住民との連携を高め、その学校の将来にわたる重要な絆をつくりあげるプロセスと考えられます。多くの地域住民に学校づくりに参画してもらい、その意見をできるだけ多く反映させることにより、地域住民と学校の絆が深まり、地域の中で様々な役割を果たしうる学校がつくられます。その絆は、その後

の地域コミュニティの核としての学校運営においても、活かしていくことが可能です。

発注者である学校設置者のトップは、自治体の首長であり、木の学校づくりにおいては、その役割は大きいものです。更に、教育委員会、建設関係部局、林務関係部局などの関連各部局参画による全庁的取組体制の構築が必要です。

また、木の学校づくりでは、木材の確保を円滑に進めるため、計画段階から木材関係者などに協力を求め、体制をつくることが有効です。

木の学校づくりには、学校設置者側の木を用いるねらいや、設計内容に応じた、樹種、寸法、強度、性状の木材を短期間に大量に確保する必要があります。木材は、伐採から製材・乾燥までに長期間を要するので、学校施設の主要部分に使用する材など、その多くを前年度に発注しなければならない

い場合があります、調達する段取りが必要になります。そこで、この大量な材料確保にあたり、地域の木材関係者や設計者などの協力が重要になります。

地域によっては、既に森林組合、木材生産業者、製材業者などから構成される木材組合連合会が組織されています。これらの組織に協力を求めることが有効です。また、木材組合連合会が組織されていない場合においても、設置者が積極的に働き

かけ、各木材関係者に協力を求め、行政や設計者を交えた木の学校づくりのための体制づくりをする必要があります。

参考文献

- 1) あたたかみとうるおいのある木の学校_早わかり木の学校 文部科学省 2007(平成19)年12月

3-3 全体計画

3-3-1 目標設定

木材を活用した学校施設の整備事業を進める上でのポイントは、以下のとおりです。

- ・木材を活用して学校施設を整備する際には、何を目的として木材を利用するのかを明確にし、関係者の共通理解を図ることから始めることが重要です。
- ・地域の森林資源、木材産業の実情等に応じ、関係者と十分に連携しながら事業を進めます。
- ・木材の材料(製材品/集成材)、品質、規格や、地域の木材産業の状況、適材適所を考慮した木材の使用箇所等について、関係者の合意形成を図りながら進めます。
- ・特に木造施設の建設の場合、木材の確保方法には、市町村有林の伐採、地元の森林の伐採、一般流通材の利用があります。できるだけ早期に、設計の中で必要な木材数量を把握し、関係者と連携して木材調達の準備を進めるとともに、伐採・製材・乾燥期間を考慮して事業スケジュールを設定します。

3-3-2 事業スケジュール

事業の各段階では、検討委員会・部会を活用しながら、以下の点について留意して検討を進めることが必要です。

(1) 検討の初期段階

- ・木材利用の目的、学校施設計画のコンセプト等の共有：関係者間で十分な共通理解を図ります。
- ・環境教育への活用：児童生徒、地域住民等の環境教育にどのように活用するか検討し

ます。

- ・事業スケジュールの設定：木材の伐採・製材・乾燥期間を考慮して検討します。地域の製材、集成材工場の状況など、地域の木材産業の状況も考慮します。伐採時期は、一般的に樹木が地中の水分を多く吸い上げる季節(春～秋)を避け、秋から冬に伐採する方が望ましいです。
- ・発注方法の検討：地域の木材産業の状況や木材の流通量に応じ、発注方法を決定します。木造施設の場合、流通材が多く出回っている場合は、材料調達と工事の一括発注方式(RC造と同様の発注方式)が可能です。また、市町村有林を利用する場合や、流通材で調達できない場合は、材工分離発注方式も採用されています。
- (2) プロポーザル 基本設計・実施設計段階
 - ・関係者の連携：地域の実情等に応じ、十分に連携して進めます。
 - ・設計事務所の選定：地元の事務所や、木造建築に実績のある事務所から選定することが考えられます。
 - ・木材の材料(製材品/集成材)、品質、規格や、木材の調達方法、木材の種類・使用箇所、構造・架溝形式等の検討：地域の森林資源、木材産業の状況等を踏まえ、十分に検討します。木材の調達方法については、都道府県林政部局等から情報を得ることも有効です。また、早い時期から意匠設計と構造設計の密な打ち合わせを行い、構造・架構計画を立案し、設計方針を決定して、確認することが必要です。

- ・適材適所な木材利用：部材の寸法，強度，コスト等を考慮して，適材適所で市町村有林や，その他の木材（近隣の木材，流通材等）の使用，製材品・集成材の使用を検討し，適材適所を考慮して仕様書を作成します。地元産にこだわり過ぎずに，より広い範囲から調達を検討することにより，設計の幅を広げるとともに，コストの抑制，事業期間の短縮につなげることができます。
- ・木材の調達量：発注者，設計者，地域の木材関係者などにより，設計段階から十分に連携します。
- ・コストの検討：木材調達費，工事費について，予算に見合うよう設計内容等を検討します。
- ・完成後の維持管理に留意した設計：維持管理の手間が少なく，傷みやすい箇所は補修や取り換えがしやすいよう設計に配慮します。

(3) 伐採，乾燥，製材，加工等 工事

- ・伐採量の検討：地域の森林を伐採して調達する場合，できるだけ早期に設計の中で，必要な木材量を把握する必要があります。節の状態や施工時に出る端材部分や材寸不足などで，全ての木材を使えない場合があることを念頭に，多めに伐採する必要があることなどに留意します。
- ・木材の品質・強度の確保：JAS規格材，県の認証制度による認証材を利用することや，地元の市町村有林を伐採する場合は，JASの製材工場や試験研究機関等において，品質・強度の確認を行います。なお，品質，規格や，適材適所を考慮した木材の使用箇所等について，事前に関係者の合意形成を図ることにより，自然素材として，ハネる率を少なくすることもコスト低減に必要です。

公共建築物等の木造化・木質化を進める上での課題へ対応するため，以下に示す6つのプロセスに沿った取組が提案されています。

1) 木材調達を考えた事業プロセスの把握と相互理解

事業全体の流れを整理し，各段階に必要な取り組み内容を理解することにより，全体の流れに即した木材調達等の検討を効率的に進めます。事業プロセスは，①計画段階，②発注調達準備・設計段階，③発注調達・施工段階の3つに分けられます。最終的な木材調達を見越して，事前に関係者間でプロセスと必要事項を検討・

実施する必要があります。特に，発注者，木材関係者，設計者間で情報共有するタイミングを理解することが重要です。

2) 事業に関する情報共有のための取組と体制づくり

木造化・木質化実現に関わる組織・人材を選定・組織化し，役割分担と取り組み内容を整理し，関係者より情報を収集し共有します。発注，施工，木材供給，設計に係る関係者の連携体制を構築し，情報を共有します。そのためには，地域の木材事情に通じた関係者を木材コーディネーターとして位置づけ，関係者を調整することが有効です。木材調達を円滑にする上でも，どのような木材をどのように利用するのかを設計者と事前に協議・決定し，関係者間で考え方を共有するなど，地域の実情に応じた木材活用方針をまとめると有用です。

3) 事業関係者間の情報共有と情報のとりまとめ

関係者から集めた情報や木造化・木質化に向けた地域の方針などを集約・可視化して，関係者間で再認識・共有します。地域における木材関連情報を関係者間で確実に共有する必要があります。その際，地域で供給可能な木材の品質，数量と建築物の材料として求められる木材の品質（設計において求められる木材の品質），数量を関係者間で確認・確定し，仕様書にまとめることが重要かつ有効です。

木材の品質・性能に関する情報やデータが不足している場合は，試験を実施することにより補うことが可能です。また，地域において，木材の品質・性能確保に係るノウハウの定着を図るとともに，次の木造建築物の木造化・木質化につなげるため，木造化・木質化に係る各段階ごとの取組内容を整理し，情報としてまとめておくことが重要であり，以後の有効な資料となります。

4) 地域と協働できる木造設計者の選定

木造化・木質化の経験や志を有し，地域の関係者を調整・協働することができる設計者を選定するため，プロポーザル方式の採用を検討します。設計者の選定に当たっては，単に設計料や設計案だけを評価するのではなく，木造化・木質化の経験と木造への思いを有し，地域の木材関係者等とも意思疎通や情報共有等を図り，協働ができるパートナーとしての設計者を選定する必要があります。そのためには，設計者の

実績だけでなく、木造・木材に対する志や地元の関係者との協働が可能な設計プロセス等の提案を評価するプロポーザル方式による選定が有効であり、かつ、事業の実現性を高めます。プロポーザル参加条件には、地域の設計者の育成や参加のしやすさも考慮し、地域内と地域外や、経験者と未経験者の共同企業体等の参加を可能とし、地元産材が活用しやすいよう、木造設計実績の面積基準を1,000㎡未満のものでも可能とすることなどが有効です。

5) 地域・事業に相応しい木材発注方式の選定

地域の実情や事業期間に応じて、品質を確保した木材を効率的に調達する方法として、分離発注方式や一括発注方式等の採用を検討します。地域の事情を踏まえ、木材の品質・性能確保を前提とした木材発注・調達方式を決定することが重要です。具体的な選択肢としては、工事を請け負った施工者が木材を調達し竣工後の瑕疵対応等も行う一括発注方式と、発注者が、施工者とは別の者に地元産材を発注し、施工者へ支給する分離発注方式が挙げられます。

6) 引き継ぎまとめ・維持管理

次の木造建築物の建設時の参考となるよう、実現プロセスや取組内容等をまとめます。さらに、施設利用者のために維持管理・入手方法等も整理して引き継ぎます。公共建築物の木造化・木質化の事業完了後には、次の木造建築物の整備につなげるため、地方公共団体内で別の担当者、部署に引き継ぐことができるよう、取りまとめ資料を作成することが有用です。また、木造施設の維持管理情報等についても整理し、担当が変わっても適切な維持管理が実施できるようにする必要があります。

参考文献

- 1) こうやって作る木の学校～木材利用の進め方のポイント、工夫事例～ 林野庁、文部科学省、2010年
- 2) 木造公共建築物等の整備に係る設計段階からの技術支援事業 木造化・木質化へ向けた20の支援ツール 一般社団法人木を活かす建築推進協議会 2017

3-3-3 木材調達方法

- (1) 建築生産プロセスにおける木材調達の特徴
木材利用が円滑に促進されるよう、木材利用の

計画から、木材調達、設計、施工まで、教育委員会、林政部局、建設部局等の関係部局が相互に緊密な連携を図りつつ検討、実施することが必要です。

学校など大規模建築を木造で造る場合、階高が高くスパンが大きいため、長尺で大断面な材が大量に必要になり、市場に流通している戸建て木造住宅向けの規格材を使うことは難しく、木材の調達が大きな課題となります。現状のわが国の木材流通においては、大量の木材を調達する場合は、利用先が決まってから必要量が伐採されるのが一般的で、伐採－製材－乾燥－加工－納品までの期間が長く、このことは、コストや工期（工程）に大きく影響します。

また、公共木造建築では、地元の木を使いたいという要望が強いです。県内材であったり、市町村内の材であったり、また、民有林ではなく市町村などの公有林や学校林を使う場合もあります。木材の産地を指定した場合には、特定の地域から大量の木材を限られた期間で調達しなければならなくなるため、更に条件は厳しくなります。

建築生産プロセス上の材料調達において、木質構造と鉄筋コンクリート造（RC造）や鉄骨造（S造）では大きな違いがあります。コンクリートや鉄筋、鉄骨などの建築材料は、メーカーや商社が多く、基準や規格も整備され、流通量が多く市場も確立していますため、容易にいつでもどこでも品質を満たしたものを必要な量だけ調達することができます。発注者や設計者、施工者にしても、市場価格の情報も十分あり、それによって、見積も容易にできます。専門工事業者や資材納入業者も多く複数の業者の中から選択することもできます。時間的にも、工事契約後に専門工事や資材の発注を行っても、十分に間に合います。

一方、学校など大規模建築を木造で造るとなると、階高やスパンが大きいため、長尺で大断面な材が大量に必要になり市場に流通している木造住宅向けの規格材を使うことは難しく、木材の調達が大きな課題になります。大量の木材を調達する場合は、利用先が決まってから必要量が伐採されるのが一般的で、伐採－製材－乾燥－加工－納品までの期間が長いです。このことは、スケジュールリングや工期に大きな影響を及ぼします。更には、木材は生物材料であり、品質のバラツキが大きく、特に、製材品の場合、基準に見合った品質の材料を大量に揃えるのは困難です。調達できる木材の量（長さ、太さ、本数）と品質（樹種、含水率、

強度、色など)などにより、設計における制約条件が変わる場合もあります。また、木材のコストに関する情報を入手するのが難しく、割高になりやすい要因になっています。

(2) 木材調達における様々な発注方式

ここでいう木材調達とは、山の立木の材積調査から伐採、搬出、製材、乾燥、加工、施工までをいいます。

学校建築などの大規模建築を木造でつくる場合、発注者から設計、木材供給、工事の発注方式には様々なパターンが考えられます。木材供給者とは、伐採－製材－乾燥－加工－据付けの一連の業務を担う業者を指しています。これらの業務は、森林組合、製材業者、木工事業者などがそれぞれ担当場合があります。

発注者から木材供給者と施工者への木材調達と工事の発注パターンは、大きくは一括発注と分離発注に分けられます。一括発注は、工事の中に木材供給を含んで一括して施工者へ発注する方法です。分離発注とは、木材供給と工事の別途発注し、発注者は調達した木材を施工者に材料支給する方法です。

一括発注のメリットとしては、発注者にとっては発注に関する業務が少なく、木材調達におけるコストの増減の影響を受けにくいことが挙げられます。デメリットとしては、一般的には工事契約後に木材供給者が決まるため、木材調達の工期が厳しくなることや、発注者からは木材調達のプロセスが見えにくいいため、設計図や特記仕様書を含む契約書類の記載内容によっては、請負者の裁量によって発注者や設計者の思い通りにはならない場合があることです。特定の地域の木材を使用しようとした場合、指定された産地の木材が使われているか、適正な価格で下請けされているかなどの確認が課題となります。

一方、木材調達と施工を別途発注する分離発注のメリットは、木材の調達先など発注者の意向をそれぞれの請負者などの受注者に反映しやすいことや、工事の発注に先立って木材を調達することができるので、工期に余裕がもてることです。デメリットとしては、発注者が行わなければならない業務が増え、また、木材のコスト変動や過不足などのリスクを負わなければならないことです。これらのメリットやデメリットを十分に把握し、リスクを如何に減らすか、どう分担するかなどを考慮して、発注方式を選択する必要があります。

(3) 地域産材の利用における木材調達

木で学校をつくる場合には、地元の木を使いたいという要望が強いです。県産材であったり、市町村内産の材であったり、また、民有林ではなく市町村などの公有林や学校林を使う場合もあります。「〇〇産材」などと指定した場合には、特定の地域から大量の木を限られた期間で調達しなければならなくなるため、更に条件が厳しくなります。また、大断面や長尺材を挽ける製材所、乾燥施設、JAS認定工場、集成材工場などが地域内に無い場合、輸送手間やコストがかかってしまうと地産地消のアドバンテージが小さくなる場合があります。

市町村有林等を所有する自治体では、所有林の有効利用や地域経済への波及効果、コスト縮減を期待して、公共建築物への公有林利用が計画されます。その際、工事を一括発注すると、地元の木材を使うという事業の目的における効果が見えにくくなります。一般に流通しています定尺の規格材を使用する場合と異なり、市場の流通ルートに乗らない市町村有林を使用する場合には、木材供給に関わる事業を地元の業者にできるだけ多く担わせたいという自治体の事情に合わせ、木材調達において分離発注が選択される場合が多いです。分離発注では、主に森林組合などの木材生産者により、原木の伐採、玉切り、造材の搬出までの伐採業務が行われ、製材業者や集成材メーカーによって角材への一次製材、天然もしくは人工による乾燥、修正挽きが行われます。さらに、設計寸法に合わせた刻みやプレカットを行い、施工業者に納品するまでの乾燥・製材・加工業務が行政からの発注を受けて行われますが、各事業ごとに行政と各工程を受注する組織間において、多様な発注の形態がとられています。また、地域材を活用する工程には、伐採する立木の選定や性能試験などの重要な役割を担当する地元の公的機関や民間の団体があり、地域内で連携・協力が図られています。

参考文献

- 1) 浦江真人,「地域材で学校をつくる新しい仕組み－発注方式の多様性－」,近代建築 2014年7月号

3-4 学校施設と木造構法 (平成 30 年 3 月時点)

3-4-1 防耐火法規と木造構法

学校施設を木造構法で計画する場合，はじめに防耐火法規を満たすよう計画するところからスタートする必要があります。

(1) 耐火木造構法の種類と特徴

まず，校舎の階数ですが，4 階建て以上の場合，耐火構造とする必要があります。また，防火地域に校舎を建てる場合及び準防火地域に延べ面積 1,500㎡超の校舎を建てる場合には，耐火構造とする必要があります。これらの条件下において，木造で校舎を計画する場合には，耐火木造構法の中から選択する必要があります。木造の耐火構造は，主に 1) メンブレン型耐火木造，2) 燃え止まり型耐火木造，3) 鋼材内蔵型耐火木造の 3 つの構法に分類できます。

1) メンブレン型耐火木造

強化石膏ボード 2 重張りなどで構造体を耐火被覆するメンブレン型耐火木造は，平 12 建告 1399 号に耐火被覆の仕様規定が定められているため，これに従えば，木造軸組工法，枠組壁工法，CLT パネル工法における主要構造部を耐火被覆して耐火構造とすることができます。また，木造軸組工法や枠組壁工法では，告示制定以前からそれぞれ日本木造住宅産業協会，日本 '2 × 4' 協会が耐火構造の国土交通大臣認定を取得しており，いずれも各協会主催の講習会を受講すれば，誰でもオープンに大臣認定を取得した仕様によりメンブレン耐火木造を建てるのが可能となっています。3 つの耐火木造の方式の中では，最もオープンに使用できコストも比較的安価ですが，耐火被覆方式のため，木の構造体を現しにできないのが難点です。



図 3-1 メンブレン型耐火木造による桐朋学園 4 階建木造校舎



図 3-2 燃え止まり型耐火木造による大阪木材仲買会館

2) 燃え止まり型耐火木造

集成材による柱や梁などの表層から少し内側の層に，モルタルや難燃処理材などによる「燃え止まり層」を設けることによって，それより内側の芯部分は確実に燃え残って，火災発生後の鉛直荷重を負担し続けることができるのが燃え止まり型耐火木造です。この方式は，技術開発力と資金力のあるゼネコンや大手ハウスメーカーなどが独自開発して耐火構造の国土交通大臣認定を取得したもので，大手ゼネコンによる耐火集成材はこの代表例です。これらは，通常は大臣認定を取得した特定メーカーのみが使用できるクローズドな構法ですが，この耐火集成材は，許可があれば一般の設計者でも使用する

ことが可能となっています。

3) 鋼材内蔵型耐火木造

鉄骨のH型鋼などを集成材で包んで耐火被覆することで、鉄骨造でありながら木を現しにした木造の質感と耐火性能を確保する木質ハイブリッド部材によるものが、鋼材内蔵型耐火木造です。日本集成材工業協同組合（以下、「日集協」という。）が、耐火構造の国土交通大臣認定を取得しているため、一般の設計者でも日集協に所属する集成材工場に製造を依頼すれば使用することが可能となっています。

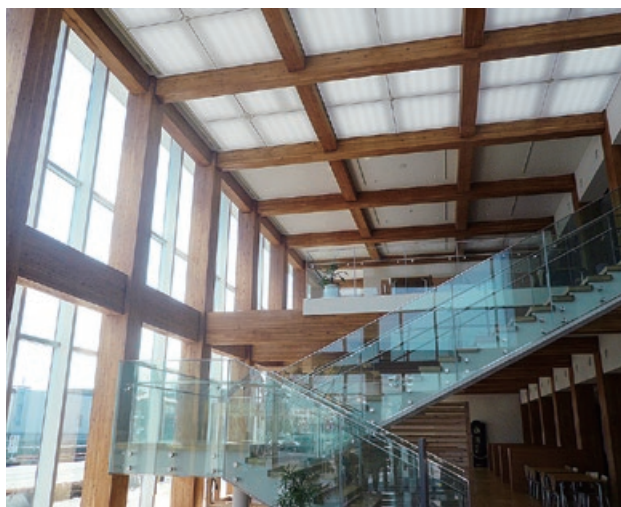


図 3-3 鋼材内蔵型耐火木造によるポラテック本社ビル

これら耐火木造の構法を使用する前提で、木造校舎を計画すれば、防耐火法規による階数や規模の制限から解放されますが、準耐火木造や一般木造などと比べるとコストがかなり高くなり、工期も長くなることや、各部詳細が大臣認定の仕様規定の適用範囲内であるかどうかを確認検査機関から厳格に審査を受けるため、設計の自由度が制約されることを覚悟しておく必要があります。

(2) 1時間準耐火構造と燃え代設計

木造校舎を3階建てとする場合は、主要構造部を1時間準耐火構造としなければなりません。1時間準耐火構造の仕様としては、平27国交告253号の仕様規定に従って、外壁、間仕切り壁、床などを耐火被覆するか、あるいは、柱・梁や小屋組などで木部を現しにしたい箇所については、「燃え代設計」によることができます。「燃え代設計」は、主要構造部の軸組部材（CLTパネル工法の場合は鉛直荷重を支えるCLTパネル）が、火災時に所定の火災時間経過後に、現し部分の木

材の表面から所定の寸法の層（燃え代層）が炭化して強度を失っても、燃え代層を除いた残りの断面寸法で鉛直荷重を支えられることを確認（短期許容応力度以下であることを確認）すればよい、という設計手法です。1時間準耐火構造で必要とされる燃え代寸法は、使用環境A又はB（レゾルシノール・フェノール樹脂等の接着剤による）の集成材・LVL・CLTは45mm、その他の木材は60mmです。したがって、1時間準耐火構造の主要構造部材を両面現しとして設計するには、大断面集成材（部材の短辺寸法が15cm以上かつ断面積300cm²以上）を用いるか、あるいは部材を2丁合わせ（間に隙間を設けてはならない）で用いることを考える必要があります。なお、木造3階建て校舎を計画する場合、主要構造部を1時間準耐火構造とするほかに、建物周囲に幅3m以上の通路をとること、開口部の上部に上階への延焼を防止するための庇やバルコニーを設けるか、天井の不燃化などの措置が必要となります。

(3) 1棟が3,000㎡超の木造校舎は、「壁等」で区画

木造校舎の建物1棟の延べ面積が3,000㎡を超える場合には、90分耐火構造による「壁等」で区切って建物の各区画をそれぞれ3,000㎡以内とすれば、建物全体を耐火構造としなくてもよい。「壁等」の仕様には、壁タイプとコアタイプがあり、壁タイプは外壁と屋根から2m以上突出させた90分耐火構造の自立する1枚壁であり、コアタイプは幅3m以上の90分耐火構造、あるいは、外壁と屋根を幅6.5m以上にわたって防火構造としてその間に90分耐火構造の防火壁と防火扉を設ける仕様のいずれかとなります。なお、90分耐火構造の壁をメンブレン耐火木造でつくるには、平27国交告250号の仕様規定により、強化石膏ボード3重張りで厚さ63mmの耐火被覆層で木軸壁を包む仕様とすれば可能です。

(4) 準耐火建築物の木造構法

木造校舎を2階建て以下とする場合は、防火・準防火地域以外で1棟の延べ面積が2,000㎡未満であれば、一般木造でつくることは可能ですが、1棟の延べ面積が2,000㎡以上の場合には、準耐火建築物とする必要があります。準耐火建築物（建築基準法第2条九の三）には、イ準耐とロ準耐があります。イ準耐は、主要構造部を45分準耐火構造としたもので、45分準耐火構造の仕様は、平12建告1358号の仕様規定に従って、外壁、間

仕切り壁，床などを耐火被覆するか，柱・梁や小屋組などで木部を現しにしたい箇所については，45分の燃え代寸法による燃え代設計とすることができます。45分の燃え代寸法は，使用環境 A 又は B の集成材・LVL・CLT は 35mm，その他の木材は 45mm です。

口準耐には，令第 109 条の 3 第一号により，外壁耐火構造＋屋根不燃材料とする仕様（口準耐－1）と，令 109 条の 3 第二号により，柱・梁を不燃材料＋壁・床・階段を準不燃材料とする仕様（口準耐－2）の 2 つがあります。木造では，室内を一般木造とすることができることから，口準耐－1 が用いられることが多く，近年は，外壁耐火構造をメンブレン型耐火木造でつくる事例も増えてきていますが，この場合は外壁が自立する構造であることと，開口部の四周は耐火構造の外壁によって支持されていることが必要条件となります。

なお，延べ面積が 2,000㎡以上の校舎を準耐火建築物とした場合，令第 112 条第 2 項の規定により，1 時間準耐火構造の床または壁，特定防火設備で 500㎡以内に区画する必要があります。

(5) 一般木造は 1,000㎡以下に防火壁で区画

防火・準防火地域以外で，1 棟の延べ面積が 2,000㎡未満かつ 2 階建て以下の木造校舎の場合は，耐火・準耐火が要求されない一般木造でつくることが可能です。この場合，延べ面積が 1,000㎡を超える場合には，防火壁によって 1,000㎡以内ごとに有効に区画しなければなりません（法 26 条）。

防火壁の構造は，令第 113 条に規定されており，自立する耐火構造（1 時間耐火でよいので，平 12 建告 1399 に記載のメンブレン型耐火木造による壁でも可）であることとし，壁タイプの場合は外壁面・屋根面から 50cm 以上突出（防火壁から両側に 1.8m 以上の外壁を防火構造とし屋根を不燃とした場合は 10cm 突出でよい）させるものとし，コアタイプの場合は幅 3.6m 以上にわたって，耐火構造とするものとし，防火壁に設ける開口部は幅・高さとも 2.5m 以下の特定防火設備とします。

なお，防火・準防火地域以外で，2,000㎡未満かつ 2 階建て以下の校舎を，一般木造ではなく準耐火建築物でつくる場合には，防火壁は不要となるかわりに，令 112 条第 1 項の規定により，1 時間準耐火構造の床または壁，特定防火設備で 1,500㎡以内に区画する必要があります。



図 3-4 壁タイプの防火壁を用いた岐阜森林文化アカデミーの校舎



図 3-5 別棟通達とコアタイプの防火壁を用いた陽光台小学校

3-4-2 木造で可能な構法

(1) 木造構法の建築基準法上の分類

現在，建築基準法上で構法が定義されていて，その仕様規定を遵守することによって，普通に建てることのできる（建築確認申請を通すために大臣認定や特殊な構造計算等の複雑な手続きが不要）木造の構法には，以下の 4 種類があります。

- 1) 木造軸組工法（令 40～49 条）
- 2) 桝組壁工法（平 13 国交告 1540 号）
- 3) 丸太組構法（平 14 国交告 411 号）
- 4) CLT パネル工法（平 28 国交告 611 号）

学校校舎など近年の中大規模木造建築の多くは，大断面集成材や地場産の製材などを現しで用いて，木造軸組工法で建てられる場合が多いため，ここでは主として，1) の木造軸組工法について，詳しく後述します。

(2) 桝組壁工法（ツーバイフォー工法）

2) の桝組壁工法は，短辺寸法 38mm の小断

面の規格材であるディメンジョンランバー（いわゆるツーバイ材）で壁・床・屋根の枠組をつくり、これに構造用合板などの面材を釘打ちしたパネル面によって、鉛直荷重と水平力に抵抗する構法です。そのため、構造体の木を現しで使うには不向きですが、耐火性能が要求され壁や小部屋が多い建物をメンブレン型耐火木造でつくるのに適していることから、近年3～4階建ての高齢者グループホームが耐火ツーバイフォー工法で建てられるケースが増えています。

(3) 丸太組構法（ログハウス）

3)の丸太組構法は、水平方向の丸太や角材を上積み上げて壁をつくる構法で、強度を保つために積層面の間に木ダボやピン・長ビスなどを打ち込み、壁の交差部など一定以下の間隔で通しボルトを縦貫通することが、告示で規定されています。壁の室内側は、木の積層面がそのまま現しの仕上げになるため、別荘などに好んで用いられます。丸太組構法の問題点は、積層した壁の木材の乾燥収縮によって壁の高さが下がる現象（セトリングと呼ばれる）が、竣工後しばらく続くことです。そのため、ドア枠などの上部には、下がり代としての隙間を設けておき、通しボルトの下部には、箱金物を設けて締め直しができるようにしておく必要があります。

(4) CLT パネル工法

4)のCLTパネル工法は、集成材と同様の挽き板（ラミナ）を層ごとに直交するように積層接着して、パネル状に製造されたCLT（直交積層板）を、鉛直荷重と水平力を負担する壁として用いる構法を指します。したがって、木造軸組工法とCLTを組み合わせて、2階床梁組にCLT床板を載せる形で用いるものや、柱と梁で囲まれた内部に真壁パネルとして挿入し、CLTに水平力のみ負担させる耐力壁などは、①の木造軸組工法の範疇として扱われます。あくまでもCLTを鉛直荷重と水平力の両方を負担する壁として用いる場合のみ、平28国交告611号の規定に準ずることが必要となります。大判のCLTは、それ自体で水平耐力の高い壁となるため、欧米ではCLT壁を用いた高層木造建築が増えてきています。日本でも近年CLTパネル工法による中大規模木造建築がつくられるようになってきましたが、木造軸組工法や枠組壁工法などに比べて、構造体を使用する材積が多いため、コストが高くなるだけでなく、CLTパネル工法の告示の仕様規定による制約が

厳しく設計の自由度が低いです。一方、高耐力壁としてのメリットが活かせる4階建て以上の中高層になると耐火構造が要求されるので、CLTパネルの木の面を耐火被覆で隠してしまうことになり、木が見えない、という理由から中高層分野でもなかなか普及に至らず、苦戦を強いられているのが現状です。



図3-6 CLTパネル工法を用いた郡山ヘアメイクカレッジ校舎

(5) 木造軸組工法

木造軸組工法は、鉛直荷重を柱・梁の軸組で支持する形式による構法全般を含み、いわゆる現代の在来軸組工法だけでなく、伝統軸組工法から大断面集成材工法まで含めて、令40～49条の仕様規定で読める木造軸組工法として扱われます。現在の我が国の木造住宅において、最も普及している在来軸組工法は、柱は105mm角または120mm角の正方形断面（正角材）、梁は幅が105mmまたは120mmで梁成は幅と同寸以上から450mmまで30mm刻みの長方形断面（平角材）で、軸材には構造用製材、構造用集成材、および構造用LVLが使われています。住宅は空間の大きさが小さいため、一般に流通している部材は、製材は成240mm以下の3m、4mが標準（通し柱用に6mの正角材もある）で、集成材とLVLは小中断面（幅105 or 120×成450以下）の3m、4m、5m、6mが標準品として流通しており、この範囲内の一般流通品であれば立米単価も10万円以下と安価です。柱や梁の接合部は、従来の大工による手加工から現代はプレカット工場で機械加工されて現場搬入される方式が大半になってきており、ほぞ差し・蟻掛け・鎌継ぎ・胴差しなど従来の継手・仕口を工場で機械プレカット加工する「在来プレカット」によるものと、梁の端部は

クレテック等の梁受け金物を用い柱の端部にはホゾパイプを用いてドリフトピン接合する「金物工法プレカット」によるものの両方が普及しています。柱・梁の軸組部材に上記の一般流通品の小中断面材を用いて、軸組の接合部は量産プレカット工場の機械プレカット加工による生産方式をとる現代の在来軸組工法は、戸建て住宅市場においては、コスト・工期の両面でS造やRC造よりも優位性を保っています。一方、学校校舎のように空間のスパンが6mを超える中大規模木造の場合には、上記の住宅用一般流通材の寸法範囲を超えた特注品の大断面集成材や接合金物を使わざるを得ず、部材や接合部の単価が2倍以上に跳ね上がり、S造やRC造よりもコスト高になってしまう場合が多いです。したがって、校舎の設計に際しては、住宅用の一般流通材とプレカットを用いた標準的な在来軸組工法でつくられる範囲をなるべく増やすよう工夫することが、コストを抑えるポイントとなります。

3-4-3 主体構造と床工法、屋根工法

ここでは、木造軸組工法による主体構造と床工法、屋根工法について述べます。

(1) 耐力壁の構法

木造軸組工法では、建築基準法施行令46条および昭56建告1100号の仕様規定の中で、壁量計算に使うことができる耐力壁の仕様と壁倍率が与えられています。ここに記載のない仕様の耐力壁を令46条の壁量計算に使用する場合には、大臣認定を取得する必要があります。令46条の壁量計算を行わず、構造計算によって水平力に対する安全性を検討する場合（令46条2項）であれば、大臣認定は不要で、公的機関で耐力壁の面内せん断試験を行って試験成績書を発行してもらい、記載された短期基準せん断耐力に使用条件や施工性等を勘案した低減係数 a を乗じることで短期許容せん断耐力として構造計算で使うことができます。軸組工法の耐力壁の構造形式としては、①筋かい壁、②面材壁、③板壁、④面格子壁が代表的な種類としてあげられます。令46条で壁倍率が与えられている筋かい耐力壁のうち、戸建て住宅などの在来軸組工法において最も多く使用されているのが断面45mm×90mmの二つ割筋かいです。壁倍率は、令46条では片筋かいで2倍、たすき掛けで4倍と定められていますが、これは階高2.7mで幅0.91mの片筋かいの実験結果に基づ

く値であるため、筋かいの座屈長さがこれより長くなると所定の耐力が得られないので、階高の高い中大規模木造で使う場合には座屈耐力が同等以上になるように、筋かいの断面寸法を上げるなどの注意が必要です。令48条第1項の木造校舎の仕様規定で定められている断面90mm×90mm以上の筋かい耐力壁は、令46条では片筋かいで3倍、たすき掛けで5倍の壁倍率が与えられており、筋かい両端部は、告示1460号で柱にM12ボルトと座金で一面せん断接合するのが標準仕様となっています。しかし、既往の研究結果によれば、この仕様による幅0.91mのたすき掛け筋かい耐力壁は、たすき掛け交差接合部を短冊金物で補強しても建築基準法の壁倍率5倍に相当する耐力を満たせないとの報告もあります。所定の耐力を満たすためには、筋かいの断面寸法を柱同寸以上に上げたうえで、たすき掛けの交差部は相欠きにして、双方の欠き込んだ側は、厚手の鋼板ビス止めで座屈補強し、筋かい端部は、告示の仕様に加えて両面から筋かいプレートをビス止めするなどの措置が求められます。大断面集成材を用いた筋かいの場合は、筋かい端部は鋼板挿入ドリフトピン接合とすることが一般的ですが、鋼板挿入ドリフトピン接合による大断面集成材K形ブレース耐力壁の既往の実験報告によると、1/100rad付近で引張側ブレース端部にボルトの配置列に沿った脆性的な割裂破壊が生じることで、 D_s 値が0.70～0.88と高くなり、 $0.2P_u/D_s$ で決まる短期許容せん断耐力が、接合部の降伏耐力から算出した短期許容せん断耐力の計算値よりも低く危険側となることが判明しました。したがって、鋼板挿入式大断面ブレース耐力壁の短期許容せん断耐力は、 D_s を



図3-7 釜石市立唐丹小中学校の大断面集成材ブレースの施工

0.75 以上として $0.2Pu/Ds$ で決定するか、あるいは降伏耐力で決定する場合はルート 1 の場合は、一次設計用地震力を $C0=0.3$ 以上とすることが望ましいです。

面材壁については、昭 56 建告 1100 号に各種の面材と釘の仕様による大壁、受材タイプ真壁、貫タイプ真壁などについて壁倍率が与えられています。実際によく用いられる仕様は、面材に構造用合板 9mm 又は 12mm を用い、柱、間柱、横架材、継目受材に対して N50 釘を 150mm ピッチ以下で釘打ちする耐力壁で、大壁仕様および受材タイプ真壁仕様のいずれも壁倍率 2.5 倍と定められており、既往の実験結果でも、表層単板が杉の構造用合板 9mm によるもの以外であれば、所定の壁倍率相当の耐力が得られることが確認されています。構造用合板張り大壁については、日本住宅木材技術センター「木造軸組工法住宅の許容応力度計算」の詳細計算法を用いることにより、実験によらず計算によって許容せん断耐力を与えることができるので、釘ピッチを細かく打つことで、壁倍率 5 倍を超える許容せん断耐力を有する高耐力壁として構造計算で使用することができます。

(2) 木質ラーメン構法

ラーメン構造は、壁がない開放的な空間を耐震的につくるために用いられます。木造では、接合部を完全な剛のラーメンとすることは難しく、通常は半剛接合にしかありません。そのため、モデル化においては、接合部を「回転バネ」に置換しないと層間変形角が過小評価となってしまいます。また、木造ラーメンの水平耐力は接合部で決まります。部材の曲げ耐力の 30% を超えれば効率が良い接合部といえます。ただし、無理矢理ドリフトピン等の太さや本数を増やして、耐力と剛性を上げようとすると、かえって割裂破壊による耐力低下を招き、靱性の低い危険な接合部になってしまいます。木造ラーメンの設計ポイントは、接合部は柱や梁の部材の曲げ耐力に比べ 3 割程度しかモーメントを負担できず、層間変形角の $2/3$ は接合部の変形が占めるものと最初から想定して柱や梁の仮定断面を設定することです。接合部の設計においては、脆性的な割裂破壊やせん断破壊などが生じる前に、ファスナーの曲げ降伏や木部のめり込み降伏を先行させて靱性を確保することが重要です。木造ラーメン接合部の方式としては、①鋼板挿入ドリフトピン式接合、②引きボルト式接合、③ラグスクリューボルト（以下、「LSB」

という。）式接合、④グルードインロッド（以下、「GIR」という。）式接合などがあります。鋼板挿入ドリフトピン式接合は、集成材の柱・梁の断面の中央に、縦にスリットを切って接合鋼板を挿入し、側面から複数のドリフトピンを集成材と鋼板の穴に打ち込む方式です。モーメント抵抗接合部とするために、パネルゾーンのドリフトピン配置を円形配置にする場合と矩形配置にする場合がありますが、矩形配置は繊維方向のピン列に沿った大きな割裂が生じ脆性的な荷重低下が起きやすいため、靱性確保のためには円形配置のほうが望ましいです。

引きボルト式モーメント抵抗接合部は、梁の上下フランジ位置に引きボルトを通して引張力に抵抗させ、圧縮側は梁の木口が柱にめり込んで抵抗する接合方法です。引きボルト式モーメント抵抗接合部は、鋼板挿入式や合せ梁式に比べて、XY2 方向ラーメンが可能であることが特徴です。引きボルトの梁への定着は、梁の上下面に座堀孔を開けて角座金で固定する方法や、梁の側面から挿入された鋼棒のネジ孔に引きボルトをねじ込む方法や、フランジ面にホールダウン金物など高耐力の引張抵抗金物を取り付ける方法などがあります。接合部設計のポイントは、引きボルト鋼材の引張または梁木口のめり込みによる降伏後の高い靱性を発揮させるために、梁の定着部から木口に向けての端抜けせん断破壊を生じさせないようにコントロールすることです。

ラグスクリューボルト式モーメント抵抗接合部は、上下フランジ位置に、引きボルトのかわりに LSB を用いた接合部です。LSB は、太径の全ネジボルトのネジ部が、木材に食い込みやすい鋭



図 3-8 引きボルト式木造ラーメンを用いた日野わかさ幼稚園

利な刃になっており、木材にドリルで下穴を開けた後で LSB をねじ込んで固定する形式の接合具で、柱梁接合部の場合は、梁は木口から繊維方向に LSB をねじ込み、柱は繊維直交方向に LSB をねじ込んでおき、相互をジョイント金物とボルトでつなぐ形式となっています。靱性を確保する保有耐力接合とするには、LSB と木材の間に付着破壊が生じる前に、ジョイント金物とボルトが先行降伏し塑性化するようにコントロールすることが重要です。

グルードインロッド式モーメント抵抗接合部は、上記の LSB が GIR に置き換えられたものです。GIR は、木材に下穴を開けて鋼棒を挿入し、穴の隙間にエポキシ樹脂系接着剤を注入し充填させることで付着をとる方式です。GIR 式も LSB 式と同様に、付着破壊が生じる前に、ジョイント金物とボルトが先行降伏し、塑性化するようにコントロールすることが重要です。

(3) 2階床工法

教室サイズのスパン（7～8m）をとばして上階床を支えるための床工法としては、8m 長尺サイズの集成材による単純梁形式が最も簡単です。この場合、水平力に対する水平構面を構成する方法としては、床梁の上に厚物の構造用合板（24mm または 28mm）を直張りする根太レス工法が適しています。厚物構造用合板の流通品の標準サイズが 910mm × 1,820mm であることから、集成材の床梁のピッチは、0.91m または 1.82m とし、直交方向に合板継ぎ目受けの甲乙梁（90 × 90 程度）を 0.91m ピッチで入れて、厚物構造用合板を床梁と甲乙梁に N75 釘または CN75 釘で日の字打ちする構成とするのが、合板の歩留まりがよく経

済的です。

ストレススキンパネルは、2階床の梁成をなるべく小さく抑えながら、同程度以上の曲げ靱性を確保して天井高を高くとれる手法です。ストレススキンパネルは、集成材などで枠組みしたウェブの上下面に、構造用面材のフランジ材を接着ビス止めして、一体化したボックスビームです。梁成を低く抑えることができ、小梁の出ないフラットスラブ空間をつくるのに適した木造ボイドスラブ構造であるため、学校校舎の教室において、1階の天井高を確保しながら2階床スラブを8m程の長スパンをとばすときに便利です。上下フランジ面材は、長尺の構造用 LVL など、継ぎ目なしで1枚ものを張るのが最も効率が良いです。ストレススキンパネルは、工場でパネル化して現場搬入する施工方法を採用すると、工場において手作業で組み立てられたパネルの精度があまり良くない場合が多いため、敷き並べたパネル相互に不陸が生じると、周囲の梁の間に落とし込む場合には、パネルの幅の誤差が積もって最後のパネルが削らないと入らなくなるなどの問題が生じる場合があるので、工場製作パネルを用いる場合には、幅方向に逃げの隙間を設けてパネルを敷きならべた上に、さらに構造用合板を張って水平構面とする計画が望ましいです。工場ではなくパネルを現場で施工する場合は、ウェブを施工してから下面からフランジを張り上げる作業が大変であるため、それを解消するには、現場において地組で敷き並べたウェブ枠組みの上に、片面のフランジを接着釘打ちした片面パネルを、吊り上げる際に反転させて、フランジが下面になるよう敷き並べて、その上に上面フランジの面材を接着釘打ちする、という施工計画にすれば、不陸も生じず全て下向きの釘打ち作業で済みます。



図 3-9 2階床を集成材の単純梁形式とした鹿北小学校の1階廊下



図 3-10 森林文化アカデミーの2階床 LVL ストレストスキンパネル

(4) 屋根工法

教室上部のスパンの大きい勾配屋根を木造でつくる場合、床と同様に長尺の集成材を用いた単純梁形式で掛け渡すのが最も簡単ですが、床と違って勾配屋根は十分な天井フトコロ空間を利用できるので、トラス形式などを使えるため、長さ6m以下の小中断面の製材を活用することが可能であり、地域産材の活用や木を活かした小屋組架構を見せる空間とするのに適しています。ここでは、長さ6m以下の小中断面材を利用してスパンの大きな屋根を支える工法をいくつか紹介します。

1) 山形トラス

屋根形状が切妻や寄棟の場合には、キングポストトラスやクィーンポストトラス等の山形トラスが用いられる場合が多いです。引張材と圧縮材を接合するトラスの接合部においては、引張材勝ち圧縮材負けの納まりとし、圧縮材の先端木口を引張材に傾ぎ大入れ等で突き付けて圧縮力を支圧で伝達し、支圧を受ける引張材先端は、せん断面積を確保するために余長部の長さを十分にとる、というのが金物に頼らない木造トラス仕口の基本原則です。2015年に全面改訂されたJIS A3301「木造校舎の構造設計標準」には、幅120mmの一般流通材を用い、接合部を住宅用プレカット機械で加工できるように考えられた木造キングポストトラスの標準仕様が記載されました。旧来の洋小屋トラスと異なる点は、登り梁と母屋の上端をそろえて、24mm構造用合板を直貼りした勾配屋根水平構面と一体化する構造とすることにより、トラスの横座屈を抑えて、火打ち梁や振れ止め・雲筋かいを最小限にとどめて、小屋組空間を現しで見せることを意識したつくりとなっています。JISト

ラスの合掌尻は、引張材である陸梁勝ち、圧縮材である登り梁負けの原則による仕口となっており、トラス上面に構造用合板を直貼りすることと陸梁先端のせん断余長を確保することを両立させるために、登り梁下端をそのまま延ばした三角ホゾを陸梁に差し込む納まりとしています。三角ホゾは、厚80×深さ90として木口の支圧面積を確保し、陸梁のせん断余長は、400mm以上確保することが定められています。登り梁上部の接合部は、登り梁を真東にホゾ差しの上、離れ止めにM12両ねじボルト締めとします。斜材と側東上部の接合部は、斜材を側東に短ホゾ差しビス止め、側東は登り梁に厚80深さ90の太長ホゾ差しビス止めとします。真東下部は、斜材を真東に短ホゾ差しビス止めとし、陸梁とは真東勝ちの納まりとして、両側の陸梁同士の継手は上下2本のM16引きボルトで引張力を伝達させる納まりとしています。



図 3-11 木造キングポストトラスを用いた松前中学校ランチルーム

2) 平行弦トラス

小断面材を組み合わせて大スパンの陸屋根を支えたい場合には、上弦材と下弦材が水平の平行弦トラスが適しています。平行弦トラスには、斜材と東材の組み合わせ方に様々な種類が存在しますが、斜材がハの字の向きで圧縮材となるハウトラスと、斜材がVの字の向きで引張材となるブラットトラスがよく用いられます。平行弦トラスの東材や斜材については、圧縮材は木材が適していますが、引張材は木材の代わりに両ネジの丸鋼を上下弦材間に通して入れて、反対側で座金で押さえるのが簡単かつ剛性を確保しやすいです。また、平行弦トラスの

下弦材の引張力は、中央部が最大となり両端部に向かって1区画ごとに小さくなっていくので、下弦材の断面寸法が一定の場合は、スパン中央部付近の下弦材はなるべく長ものを使って継手を設けず、継手はできるだけ両端部に近い左右の区画に設けた方が合理的です。流通材とプレカットを用いた木造平行弦トラスの標準仕様としては、斜材を木とし束材を丸鋼としたハウトラス形式の「JBN トラス」、および、束材を木とし斜材を丸鋼としたプラットトラス形式の「PWA トラス」があります。



図 3-12 木造平行弦トラスを用いた宮崎大学創立 330 記念交流会館

3) 張弦トラス

断面と長さが限られた一般流通材を用いて大スパン屋根を架けたい場合、片流れの空間には張弦トラスが適しています。張弦トラス（張弦梁）とは、曲げを受ける梁の下に束と引張材を組み合わせた構造形式です。張弦トラスの束と下弦材の形状には、束が中央のみで下弦材がV



図 3-13 潮来小学校 2 階普通教室上部のスギ製材による張弦トラス



図 3-14 下弦材をシザース状とした弓形張弦トラス（沼田中学校）

型に配置される V 型張弦トラスや、高さの異なる複数の束の下端に下弦材が円弧状に配置される弓形張弦トラスなどがあります。木造張弦トラスには、引張材である下弦材を丸鋼などの鋼材としたハイブリッド張弦梁の事例が多いです。一方、下弦材の引張接合部を、追掛け継ぎのように部材相互の顎が引っかけられて木材の繊維方向の面圧により高い剛性で応力伝達できる納まりとすれば、下弦材を木材で構成した張弦梁が可能となります。

4) 樹状方杖方式

方杖は、深い軒の出を支える梁やスパンの長い梁などの支点位置を手前にずらして梁の曲げスパンを小さくする役割として用いられます。長さや断面の限られた木材を用いて大スパン屋根を支える方法の一つに「樹状方杖架構」があります。これは方杖を、幹から枝、枝から小枝、小枝から孫枝、と多段に伸ばしていく手法です。



図 3-15 愛農高校森館図書室の県産スギ製材による樹状方杖架構



図 3-16 東松島市立宮野森小学校の図書室の樹状方杖架構

樹状方杖の接合部は、製作金物を用いず、傾ぎ大入れホゾ+離れ止めボルトおよび長ビス止めとするのが合理的です。

3-4-4 混構造

(1) 平面混構造

平面混構造は、防耐火の法的制限から 1,000㎡以下に区画するための防火壁を、幅 3.6m 以上の RC 耐火構造のコアで計画する場合などに用いられます。また、いわゆる別棟通達（住宅局建築防災課長通達「部分により構造を異にする建築物の棟の解釈について」：住防発第 14 号 昭和 26 年 3 月 6 日）を利用することにより、2,000㎡を超える 2 階建て以下の木造校舎を、2,000㎡以下ごとに、間に幅 3m 以上の RC 耐火構造の棟を挟むことによって、防耐火規定については 2,000㎡以下の複数の棟とみなして扱われるため、木造棟部分については、準耐火でなく一般木造でつくることが可能となります。このように防耐火法規のために、間に挟む耐火構造のコアを RC 造や S 造でつくる際に、木造部分と一体化させることで平面混構造となる場合が多いです。木造部分と構造的に一体化させずに、エキスパンションジョイントで構造的にそれぞれを独立させる場合には、平面混構造とはみなされず、各棟ごとに、木造や RC 造などの構造規定が適用されます。RC 造や S 造のコア部分を木造部分と一体化した平面混構造とする場合の構造上のメリットは、木造部分の水平力を RC 造等のコア部分に負担させることで、木造部分は耐力壁の少ない開放的なプランとファサードを実現できることです。その場合、耐震計算ルートは、ルート 2 以上の構造計算が必要となるため、偏心率を 0.3 以下に抑えられるようにコア部分の



図 3-17 平面混構造の耐火 RC 造コアに水平力負担させることで耐力壁のない横連窓ファサードを実現した鹿北小学校

平面配置を計画することや、木造部分の水平構面を高せん断耐力の仕様とし、コア部分との接合部を強化することが必要です。木造水平構面とコア部分の接合部の具体的な仕様としては、せん断力を伝達するために、端部横架材をコア部分に水平アンカーボルトで必要なピッチで緊結するとともに、水平構面両端フランジ材（胴差）とコア部分は、大きな引張力に抵抗できるよう水平方向に高耐力ホルダウン金物と高張力アンカーボルトを必要本数分配置することが重要です。

(2) 立面混構造

立面混構造は、1 階部分を RC 造とし 2 階部分を木造とする建物が多いです。1 階部分を RC 造とすることにより、豪雪地域などでの強度と耐久性の向上や、2 階床スラブの遮音性向上、耐火性能が要求される駐車場などを 1 階部分に設ける場合などのメリットがあります。構造的には、1 階が RC 造で 2 階が木造の場合、剛性が違いすぎるため、剛性率を 0.6 以上とするルート 2 の規定を満たすことが難しいことから、ルート 1 またはルート 3 による構造計算で対応する必要があります。ルート 3 は、適判が必要であることや、木造の場合の終局耐力の計算法や D_s の評価法に関する基準がまだ確立されていないことから、建築確認検査に手間取ることが想定されるので、実務上は、ルート 1 によって短期間で建築確認申請を通すことが求められます。立面混構造でルート 1 とすることができるための条件については、平 19 国交告 593 号第 4 号に記載されています。この告示によると、3 階建ての場合には、500㎡を超えるとルート 2 以上が必要となってしまいますが、



図 3-18 1 階を RC 造とし 2 階と屋根を樹状方杖架構の木造とした立面混構造による山鹿小学校

2 階建て（1 階 RC 造 2 階木造）であれば、延べ面積 3,000㎡以下とし、1 階部分を RC 造のルート 1 の構造規定を満たし、2 階木造部分を $C0 = 0.3$ による構造計算を満たすよう設計すれば、ルート 1 で可能となります。

3-4-5 木質化

木造化と共に木質化についても検討しましょう。木造化の中には、防火構造として必要な耐火性能を持たせるために、無機質な仕上げを要求されるものもあります。学校施設は、児童生徒の学習の場であると同時に、一日の大半を過ごす生活の場でもあり、それにふさわしい豊かな環境として整備することが求められます。環境的側面から、木材はやわらかで温かみのある感触、高い吸湿性などの優れた性質を持っています。また、機能を持たせることで、掲示板への利用や吸音の効果を持たせることができます。このように木質化は豊かな教育環境づくりを行う上で大きな効果が期待できます。

(1) 防火性能と木質化

内装にかかる防火性能は、建物に用いる防火の設計方法や階数・防火区画の面積の違いによって異なります。内装に使う木材については、不燃・準不燃・難燃の認定を取った材料が流通していますが、不燃＞準不燃＞難燃＞一般材の順で不燃材は高価です。できる限り一般材で使えるように防火区画や無窓居室などにならないように計画することが重要です。

(2) 学校としての木質化

小中学校での木質化は、床・壁・天井のそれぞれについて検討します。天井については、防火の

基準と共に吸音性能の確保に気をつけながら材の選定を行う必要があります。

壁については、防火の基準に加え機能的には掲示板としての機能と共に、天井面での吸音が不足している場合には、吸音も行えるように工夫します。掲示板としては、OSB（Oriented Strand Board）の使用も考えられますが、ボードの表面が固いため、麦わら等の OSSB（Oriented Structural Straw Board）のストランドボードなどを利用することも考えられます。有孔ボードを用いる事で、吸音を兼ねることもできます。

床については、フローリングの利用が一般的です。フローリングについても、できる限り地元産材の利用を考えます。但し床の利用に関しては、材料の性質や清掃を含むメンテナンス方法など、長い間使うものとして、メンテナンスや清掃方法に十分配慮する必要があります。また、新規の材料については、硬度と共に含水率の変化による材料の伸び等に注意が必要です。

(3) 内装木質化と意匠

内装の木質化については、内部仕上げとしての意匠性についても十分配慮します。素材の違いや着色方法について十分検討します。合板についても、シナ合板や合板や OSB（Oriented Strand Board）などに留まらず、LVL（Laminated Veneer Lumber）やストランドボード等の材について、様々な材料を検討します。木を使うことで、学習教材になるような利用方法についても検討が必要です。

意匠については、木材の板目等を活かすことや、材の寸法を変えることで凹凸をつける、また、格子やルーバー状にして使うなど、木ならではの加工のしやすさを活かした意匠を検討します。床・壁・天井の全てを木質化することも重要ですが、コンクリート・金属・石膏ボードなど対比する効果的な使い方で、木質感を持たせることも重要です。

(4) 内装木質化の注意点

木質化の良い点は、児童生徒にとって、温かみのある空間づくりができる事です。また、注意点は、自然な材料である木の変化による割れやささくれや棘への注意が必要となる点です。

ささくれや棘への対応としては、表面を滑らかに仕上げることや塗料による保護などが有効です。

棘などに関しても、面を取るなどの対応が必要

です。また、表面にある死に節等については、施工時での対策が必要であり、新たに発生した場合には、パテなどにより早期に補修します。

また、内装の木質化の注意点としては、多くの小学校や中学校では、長期休暇の際に空調が行わ

れないことや、調湿機能を持たない環境であることに注意が必要です。フローリング等では、湿度の変化による延びへの対応や木などを粉碎しチップ化したものでは、湿度によるカビなどにも注意が必要です。

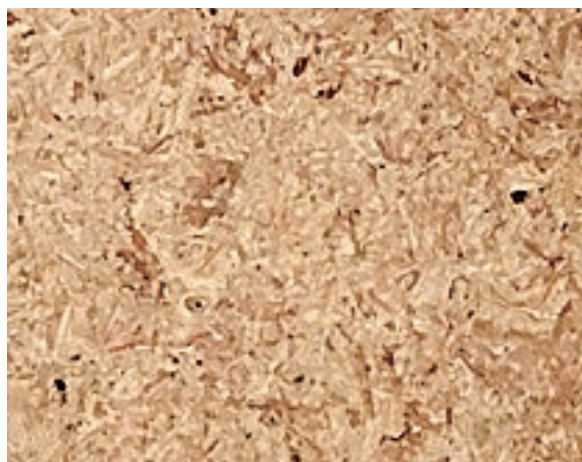


図 3-19 OSB (上) OSSB ハーベストボード (中央) 杉strandボード (下)

3-5 平面計画

3-5-1 法的区画と機能的なまとまり

学校の計画を行う場合、今日の学校建築の課題に対応した計画が必要となります。特に、木材を利用し木造で学校建築を行う場合には、法的な区画と学びに配慮した空間のまとまりを整合させることが必要となります。

(1) 機能的なまとまり

標準型校舎での教室や諸室を廊下に並べるだけの計画から脱却した、多様な学習に対応する空間を持つ学校づくりや、小中一貫校や中等教育学校、図書館との複合化等これまでの枠組みを超えた取り組みが行われています。

多様な学習形態への対応や関係する教科をまとめる等、個々に求められる多様な教育に対応した学習空間を実現することや、円滑な学校運営を図る為に機能的な管理諸室配置を行うと共に、学校の複合化に伴い管理区分を明快にすることも必要となっています。また、環境負荷の低減を考えると上記のまとまりと共に、暖房や冷房の区画を別に設置することも検討すべき項目です。

1) 普通教室やクラスルームのまとまり

学年毎や発達段階に応じた生活圏をつくるために、同一学年あるいは低・中・高でまとまりのある教室配置を行います。さらに、これらのまとまりに対応して多目的スペースを配置することにより、自由度の高い学習空間を実現することができます。例えば、クラス単位の一斉授業だけでなく、チームティーチングによる弾力的な集団編成、多様な学習形態、グループ編成を可能とします。グループ討議や教え合うことや体験型の学習を行うことは、アクティブラーニングを行うこととなり、共に意見を交わし・教え・発表することで学習定着率が向上するとされています。その際には、視聴覚やコンピュータを使った発表ができるスペースを持つことが望ましいです。

オープンスペースには、習熟度別学習や小人数授業に対応できるテーブルの用意や、自主的な学習を支援するための図書・プリントなどを配置できる家具を準備することが重要です。

2) 教科教室、特別教室のまとまり

学習の領域を横断するよう関連のある教科の諸室をまとめる事を検討します。調理室や被服室を、美術室と技術室の連携、多目的スペースと調理室の連携などが考えられます。今後は社会と英語で国際理解系とするなど、関連のある教科をまとめて教科センター型とする計画も考えられます。

ICTで連携を図ることを意図して理科室や技術室と図書室を連携させることや、中学校・高等学校では、複数の教室をまとめてメディアスペースを設けて教科教室型とする事も考えられます。

3) 生活スペースとしてのまとまり

学校図書室、食堂、ホール、ラウンジ等生徒の生活に関わりの深い諸室は、授業以外にも利用可能である為、外部への開放が可能な位置に計画することが重要です。

4) 管理諸室の配置

職員室や校長室・事務室等を廊下に並べるだけでなく、校務センターとしてひとまとまりの空間の中に、相互の関係に留意しながら集約することを検討します。職員室には、十分な収納を設ける事や大型のテーブルや印刷のスペースを設ける等オフィス空間として計画することも重要です。また、教職員のコミュニケーションを促進するよう休憩室を設けます。また、会議スペースは、教職員に使い易い位置であると共に、地域も利用し易い位置とすることで、学校の活動に対して地域の協力や参画も可能となります。

5) 地域開放ゾーンのまとまり

地域開放される特別教室や体育館その他諸室については、管理区分を明快にするために、まとまりのある配置とします。利用時間帯に配慮して学校の利用動線と重複しないことや管理区分を明快にすることが重要です。

6) 防災的なまとまり

学校施設は災害時に地域の避難所としての役割を担う必要があります。初期の救命避難期・生命確保期・生活確保期には、安全性や機能的



市街地には火災の危険性を防除するために、以下の地域等が指定されている場合があります。

- 防火地域 都市機能が集中している地域で、都市の中心市街地や幹線道路沿いの商業・業務地区など
- 準防火地域 防火地域の周辺の商業地域や業務地区及び居住地区など
- 22 条区域 防火・準防火地域以外の市街地の区域など
- その他地域 上記以外の地域・区域

資料：木造建築のすすめ（一般社団法人木を活かす建築推進協議会）

階数	防火地域 [用途：学校] (法 27、61 条)		準防火地域 [用途：学校] (法 27、62 条)			22 条区域・その他地域 [用途：学校] (法 21 条、22 条、27 条)					
4 階建て以上	耐火構造		耐火構造			耐火構造					
3 階建て			1 時間準耐火構造			1 時間準耐火構造 (※1)		1 時間準耐火構造 (※1)			
2 階建て	準耐火構造		外壁・軒裏の 延焼部分は 防火構造 準耐火構造			(※2)		45 分準耐火構造 (※1)		1 時間準耐火構造 (※1) (※3)	
1 階建て											
延べ面積	100㎡以下	100㎡超	500㎡以下	500㎡超 ～1500㎡以下	1500㎡超	2000㎡未満	2000㎡以上	2000㎡未満	2000㎡以上		
木造 3 階建て校舎を建てられる範囲 (※1) 3000㎡超のときは壁等により 3000㎡以内毎に区画が必要						法改正により規制緩和された範囲 軒高 9m 以下 かつ 最高高さ 13m 以下 軒高 9m 超 又は 最高高さ 13m 超					

図 3-20 防耐火構造一覧表（「木の学校づくりー木造 3 階建て校舎の手引き」文部科学省参照）

の確保の為に体育館を中心として備蓄機能やトイレの確保を行った上で、炊出しのスペースや着替えのスペースを設けます。その上で、障害を持った児童生徒や高齢者・妊産婦・感染者用の専用スペース等を考慮しながら、ゾーニングを行うことも必要です。さらに、生活確保期には救援物資の保管スペースも必要となります。

教育活動再開期には、避難者が居住スペースを移動する必要があるよう、避難所と教育機能のゾーンと動線を分けられる工夫が必要です。

（2）法的区画

学校建築には、児童生徒の安全性確保や周辺への延焼を防止するために、耐火構造とすべき条件や建物内での避難や延焼を防止する防火の為に面積区画や縦穴区画があります。また、建物の規模や立地により、防火性能が法的に定められています。この法的に必要な区画と前述の学校建築としての機能的なまとまりを整合させることが計画上重要です。同じ機能的なまとまりであっても、学校規模やゾーニングによって区画の在り方は異なり、それぞれ計画上の工夫が必要となります。

法的な面積条件としては、図 3-20 の用途地域

の制限を遵守した上で、木造校舎の計画にあたっての判断は下記の通りとなります。

- 1) 木造準耐火建築物として計画する場合、必要な防火区画面積に留意する必要があります。
- 2) 4 階以上の階を学校として使用する場合には耐火建築物となります。
- 3) 3 階建ての場合は 1 時間準耐火構造とする必要があります。3,000㎡を超える場合、3,000㎡以内毎に区画が必要となります。
- 4) 2 階建て以下で床面積が 3,000㎡を超える場合、3,000㎡以内ごとに区画するか耐火建築又は木造耐火建築物もしくは耐火性能検証法による建築物とする必要があります。
- 5) 2 階建て以下で床面積が 2,000㎡を超える場合、2,000㎡以内ごとに区画するか耐火建築又は準耐火建築とする必要があります。
- 6) 2 階建て以下で床面積が 1,000㎡を超える場合、木造準耐火建築物では 1,500㎡以内ごとに防火区画を、それ以外の木造では 1,000㎡以内ごとに防火壁を設ける必要があります。

なお、最新の建築基準法を参照すると共に、協議事項となる部分もあるので、学校所在地の特定

行政庁と事前協議や確認を十分に行うことが必要です。

3-5-2 区画方法の事例

法的区画の対応と学校の機能上のまとまりの対応については、事例を分類すると、木造部分を防火区画面積の上限面積以下で区画する鉄筋コンクリート等で設けられた防火区画との構成について、以下のように分類できます。

- ①純木造（全体木構造）
- ②平面的混構造による区画
- ③立面的混構造による区画

(1) 区画方法による事例

1) 八戸市立西白山台小学校：【22条地域，2階建て，平面的混構造】

管理棟及び普通教室棟を木造としています。棟毎に2,000㎡未満の延べ面積とすることと外壁と軒裏の延焼部分を防火構造とすることで木造校舎を実現しています。

普通教室棟1A，1B，1Cは2階建てで2方向避難を確保する為に棟扱いとしています。

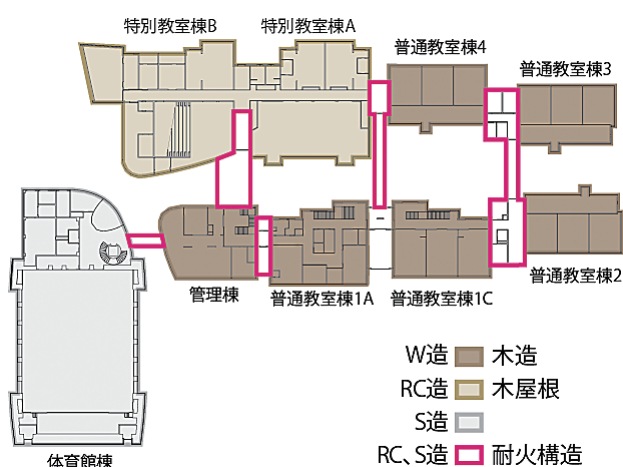


図 3-21 防火区画面図

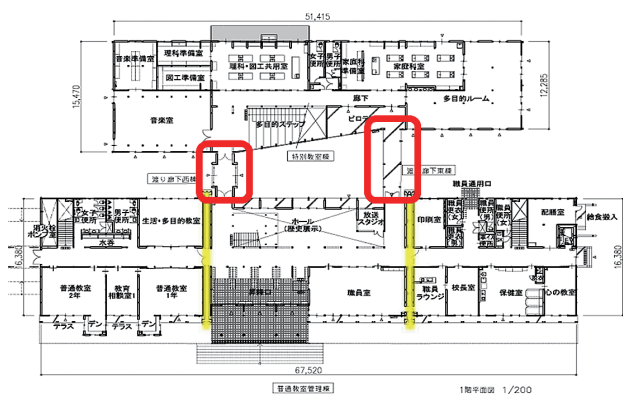


図 3-22 防火区画面図

2) 栃木県鹿沼市立栗野小学校（旧栗野第一小学校）：【22条地域，2階建て，平面的混構造】

床面積3,000㎡を超える為、耐火構造の渡り廊下で棟毎に2,000㎡以下に分節することで、避難規定のうち階段，歩行距離を緩和しています。さらに，防火壁で1,000㎡以下に区画することで，燃え代設計が不要の在来木造が可能な耐火区分上の「その他」の建築物となっています。

(2) 区画についての指導事例

区画の取り方についての詳細は，特定行政庁との協議や確認が必要となりますが，その多くは火災や安全についての指導です。木構造の普及と安全の両立は必要ですが，過度な指導はコストや工期などへの影響も大きく重いものです。事例毎に防火の取り方や構造や避難の安全性を図りながら，協議や確認を行う必要があります。

1) 木構造部分の独立性について

木造部分と耐火構造部分にEXP.Jを求められる事例があります。木構造部分で必要な水平力を鉄筋コンクリート部分に負担することは構造として合理的です。EXP.Jを設けることなく木造部分に鉛直荷重を満足する柱などを設けた上で水平力を負担させることも考えられ，コスト的にもメリットがあります。

事例では，特定行政庁の内規により本来地上部分だけが対象と考えられる建物の基礎部分までEXP.Jを設ける事が必要となりました。このような指導の事例があると，木構造のメリットである，「短工期」であることが失われることとなります。木造3階建てのプロジェクトとして，運用の事例ですが，構造的な合理性と防火的な安全性を確保した上で，コストや工期的な安全性を確保することが必要となっています。

2) 壁等に設ける屋内の防火扉の廻り

木造3階建ての事例では防火区画となる壁等コアタイプに設ける屋内の開口部（防火戸）の廻りは，火災時に温度が上昇する為，一定範囲を不燃化して，燃え広がりを防止します。壁タイプでは区画部に扉が一重となりますが，壁等（コアタイプ）でコアの両側に扉があり，また，そのコアの内部の仕上げが準不燃以上である場合で，その扉同士の距離が不燃化の距離以上離れている場合には，コアの内部が不燃化の範囲と考えられます。壁タイプや壁等（コアタイプ）といった用語の定義と共に，コアをRC造で行う場合などを明確化することで不要となる場合

もあります。事例では、不燃化する範囲はRC造の場合にコア内だけが対象となり、最小限の範囲で済んでいます。

3) 防火区画内での避難動線の確保について

事例では、2階建ての木構造部分について面積区画内での避難動線の確保が求められました。建設省住宅局建築防災課長通達「部分により構造を異とする建築物の棟解釈について」〈住防発第14号、昭和26年3月6日〉の避難についての運用ですが、当計画においては、木構造の範囲内で避難動線を確保するよう指導を受けました。これは学年のまとまりの中に階段を取るようになることや、コア内に設けるのに対して、2倍程度の設置数が必要となります。運用にあたっては、安全性を確保した上で、合理的な配置に対しての特定行政庁の理解と解釈が求められます。

なお、この通達は廃止の手続きは行われておらず、別棟解釈による面積制限回避について技術的助言として引き続き有効であると、国土交通省住宅局建築指導課長より通知されています。〈国住指第2391号、平成20年9月30日〉

参考文献

- 1) 木造建築のすすめ 一般社団法人 木を活かす建築推進協議会 平成21年1月

3-5-3 空間と木

木構造での使い方と共に、内装木質化として木を使うことや家具など用いる等、様々な使い方が考えられます。全体を木造化する場合や平面的混構造では、木造棟は棟全体を木質化できますが、立面的混構造の場合には屋根など天井など部分的な木質化となります。この場合は、基壇となる鉄筋コンクリート造の部分は内部の木質化を行うことが望ましいです。低層部分は棟単位の木造化も考えられますが、小室や「デン」など特定のスペースを木質化することで、その空間を特徴づけ空間に変化をもたらすこともアクセントとなり有効です。

(1) クラブルーム・普通教室と木

クラブルームは学校を構成する基本的な空間であり、学習と共に生活空間の中心です。温かみのある健康的な材料として、木の特徴を活かす効果が最も高い空間です。木材はこれまでの天井や床・壁などへの利用に加え、掲示板への利用も行われ



図 3-23 木質化された普通教室（八戸市立西白山台小学校）

ています。掲示板の面積が必要な小中学校で、壁に木を使うことは、木の仕上げの面積を増やすことになります。また、副次的な効果として室内への輻射熱を抑えることや調湿などの効果も期待できます。

快適で安定した環境の木質化された空間は、児童生徒の安らげる空間となります。

構造材を仕上げ材として現すことや天井などの木質化は、設備機器や照明器具などとの取り合いを早い段階で検討する気配りが必要となります。このことが美しさも兼ね備えた空間をつくるためには必要です。

造り付け家具や、机・椅子・物入れなども木質化することで、手触りなど五感に訴える空間づくりが可能となります。家具が多い学校ならではの温かい空間づくりです。

(2) 多目的スペースと木

多目的スペースは、クラブルームと一体となって弾力的な集団編成や多様な学習形態に対応します。チームティーチングによる弾力的な集団編成、多様な学習形態、グループ編成を可能とします。グループ討議や教え合うこと、体験型の学習を行うことやアクティブラーニングを行うこととなり、その際には、視聴覚やコンピュータを使った発表ができる自由度の高いスペースを持つ必要があります。このような空間を木造で実現する為には、スパンと架構形式の工夫により、柱の断面を小さくする等の工夫を行い、柱間を感じさせないものとするのが重要です。

柱が出る場合にも、空間づくりのきっかけとなるよう配慮します。丸太の柱や梁などを見せることや繊細な梁でリズム感を強調することや、柱を



図 3-24 木質化されたオープンスペース（八戸市立西白山台小学校）

木に見立て林に見せるなど空間に変化を持たせることも考えられます。

オープンスペースは、木質化を前提とした上で空間のアクセントとなる形のテーブルを用意することや、自主的な学習を支援するための図書・プリントなどを収納する家具を配置します。仕上げとして色彩を持たせアクセントとすることも考えられます。

掲示などの面積の確保と共に教室間の音の伝達にも配慮して、吸音を行う壁の面積を確保するなどを検討します。

(3) 特別教室と木

普通教室に比べ広い床面積となる特別教室は、平屋での計画や最上階へ配置することで、屋根型を活かした架構とすることや大スパンを力強い架構で構成することができます。このことで普通教室とは異なる「ものづくりの創造性」を感じられる木造とすることも考えられます。

特別教室は、教科の雰囲気を持たせるために、



図 3-25 木質化された図書室（八戸市立西白山台小学校）



図 3-26 木質化された体育館（棚倉町立社川小学校）



図 3-27 木質化された体育館（鶴岡市立朝日中学校）

掲示板の活用や生徒の作品や教具・模型の展示なども必要となります。木質感と特徴のある空間づくりの両立を図ることが重要です。

(4) 屋内運動場と木

屋内運動場の架構を木構造とする事例には、全体を木構造とするものと桁までを RC 造等の立面的混構造として梁材に木を使うものに分けられます。

材料として見ても、以前は集成材を使ったものが多かったのですが、近年では製材による木構造の事例も増えています。架構に関しても、木と鋼材を組み合わせたハイブリッド構造に加え、製材や集成材による持送り梁やトラス構造、アーチ梁、格子梁なども見ることができます。

(5) 生活空間と木

学校は学びの空間であると共に、児童や生徒にとって長い時間を過ごす生活の場でもあります。生活空間のスタートとなる昇降口は、児童生徒を迎え入れる空間となるエントランスとして木を活



図 3-28-1 木質化されたエントランス(上), デン(下)(棚倉町立社川小学校)



図 3-28-2 木質化されたアルコーブ(八戸市立西白山台小学校)

かした空間としたいものです。日常的に長い時間を過ごすクラスルームやホームベースなどと共に、心温まる空間として木を活かしたいものです。ランチルームや多目的ホール等大空間を木質化すると共に、「デン」や談話コーナー、ベンチなどについても、木の温かみで児童生徒の交流の機会が増えるよう校舎全体が木質感を感じられるよう計画することが重要です。

(6) 外壁と木

周辺的环境や景観との調和を考え、木を用いることも検討したいものです。構造を木造とした場合、法規上外壁は不燃材料を使用することが多いですが、防火地域以外では、外壁防火構造認定された木材を使うことも考えられます。

また、不燃材の上に木を外装材として用いる等の工夫も考えられます。このことは、夏の遮熱などに生かすことも有効な手法です。外壁に木材を利用する場合には、雨による含水と紫外線による劣化に対して対応することが重要となります。含水率を高くすることは、腐朽菌(ふきゅうきん)が繁殖しやすい環境となることや白蟻の生育に適した環境となります。これらを防ぐためには、十分に底を出すことや、傷んだ時に補修がし易い等、清掃やメンテナンスに配慮した計画が必要になり



図 3-29 木質化された外壁



図 3-30 木質化された外壁

ます。本来、建物は構造種別に係わらず定期的な清掃やメンテナンスを行うことで性能が維持されますが、定期的な維持管理を行うことは費用負担も大きいものです。年1回でも清掃やメンテナンスに保護者や地域の参加をお願いすることで、日常児童生徒では清掃できない部分の清掃も可能になります。地域のコミュニティのシンボルとして、清掃やメンテナンスへの地域の参加を検討することが望ましいです。維持管理が難しい場合には、傷みやすい外部等には木を使わずに、内部に木を使うことも必要です。

(7) 屋外施設と木

屋外に設ける、デッキや東屋、駐輪場、屋外倉庫、トイレなどについても木構造で計画します。外壁と同様に注意点に配慮しながら計画します。



図 3-31 木質化された駐輪場

3-5-4 部分により構造を異にする建築物の棟の解釈について（住防発第14号 昭和26年3月6日）

住宅局建築防災課長通達「部分により構造を異にする建築物の棟の解釈について」（住防発第14号 昭和26年3月6日）では、主要構造部を耐火構造とした建築物の部分と主要構造部の全部または一部を木造とした建築物の部分とが相接して一連になっている場合（上下に接続する場合を除く）

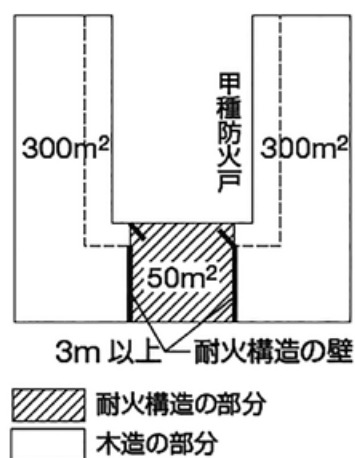


図 別棟とみなす例

1棟 650㎡としなくて 300㎡の部分で 2棟と 50㎡の部分で 1棟と合計 3棟とみなすことにより、耐火構造に関する規定が緩和される。

は、構造的に別棟とみなすことができ、建築物の一棟の延べ面積の規模に応じて適用される規定の運用にあたり、それぞれの建築物の部分を別棟のものと解釈することができます。

なお、この通達は廃止の手続きは行われておらず、技術的な助言として引き続き有効であると、住宅局建築指導課長より各都道府県建築主務部長

宛に通知されています。(国住指第 2391 号 平成 20 年 9 月 30 日)

参考文献

- 1) こうやって作る木の学校～木材利用の進め方のポイント、工夫事例～ 文部科学省・農林水産省 平成 22 年 5 月

3-6 予算計画

3-6-1 予算の年度計画

学校の建設における予算の年度計画は、学校づくりのそれぞれの段階で熟度を高めて検討し、設計や工事や維持管理に向けて精度を高めていく必要があります。一般的には、「基本構想・基本計画」「基本設計・実施設計」「工事」「維持管理」の 4 つの段階からなり、各段階で検討する内容や構成員も異なってきます。

木の学校づくりで、予算計画として重要となるのは、次ページ図 3-32 のように地域産材で分離発注の場合と一括発注の場合、また流通材での一括発注の場合における木材の伐採と乾燥の方法によっても、木材調達時の予算と実行年度が大きく異なり発注方法も異なることです。このように樹木の伐採・乾燥、製材や集成材の作成、加工期間の反映など事前に確認・調整などを必要とすることが予算とスケジュールの特徴となります。

(1) 概要の検討―「基本構想・基本計画」

「基本構想・基本計画」は、設計を委託する前に、学校づくりの理念や事業年度・敷地・建物規模・全体事業費・維持管理費などについての概要を検討する段階です。

「基本構想」は、作ろうとする学校づくりの基本的な理念や概要・事業年度などについて検討します。この段階では、学校関係者に加え、保護者や地域の方等多くの人々の意見を集約して合意形成を行うことが必要です。また、学識経験者などを加え整備方針について助言をもらうことや他事例の研究や先進事例の見学などを行い、学校づくりについて多様性を持たせて検討します。その中で地域で利用する施設の有無や学校の開放など複合的な利用方針などについて

話し合うことが必要となります。

校舎建設に地域産材などを使う場合には、基本構想段階で「木の学校づくり」について検討し方針を出すことが必要となります。予算計画としては、敷地等の特殊条件等を勘案した上で木造化・木質化についての他事例を検証しながら予算計画を行う段階となります。

「基本計画」は、基本構想に基づき、学校づくりの基本的な理念を元に、学びや生活・バリアフリーや環境・地域との連携等の項目について細目の目標を検討します。また敷地の選定や施設の規模、各室の面積や仕様について概要を決め、スケジュールや概算工事に等についての方針をつくる段階です。

また、基本計画では必要に応じて敷地の現況図等を準備するか現況測量を行うことが望ましいです。既存校舎がある場合には既存校舎の図面や公共インフラ（電気・ガス・上下水道等）の状況などについて把握することも必要となります。

予算計画としては、調査費・設計費として、敷地測量等業務費の見積りを集め、設計段階の基本設計・実施設計の業務費を国土交通省告示に基づき算出することや、工事費として施工段階で必要となる施設や外構面積、既存校舎の解体費等について面積を元に他事例を参考に概算費用を算出することになります。什器備品や教具の概算も必要となります。それらに加え事務費用として各種申請手続きの費用なども算出し予算化することとなります。その際に、公立学校を計画している場合には人口推計による児童・生徒数の算定を行い、国庫負担金の算出を用いることで概ねの整備面積の目安を算出すること

■事業スケジュールの目安

木造校舎を建設する場合は、樹木の伐採・乾燥・製材・集成材等製作・加工期間を見込むと、企画から竣工まで3～4年間程度を要します。木材の調達、建設工事とまとめて発注する「一括発注方式」と建設工事とは別に発注する「分離発注方式」があります。

また、一般に流通されていない大断面集成材や国内外の組織・団体が運営する森林認証制度（FSC、PEFC、SGEC等）の認証材を使用する場合には、これまで以上に事前の確認・調整等が必要です。

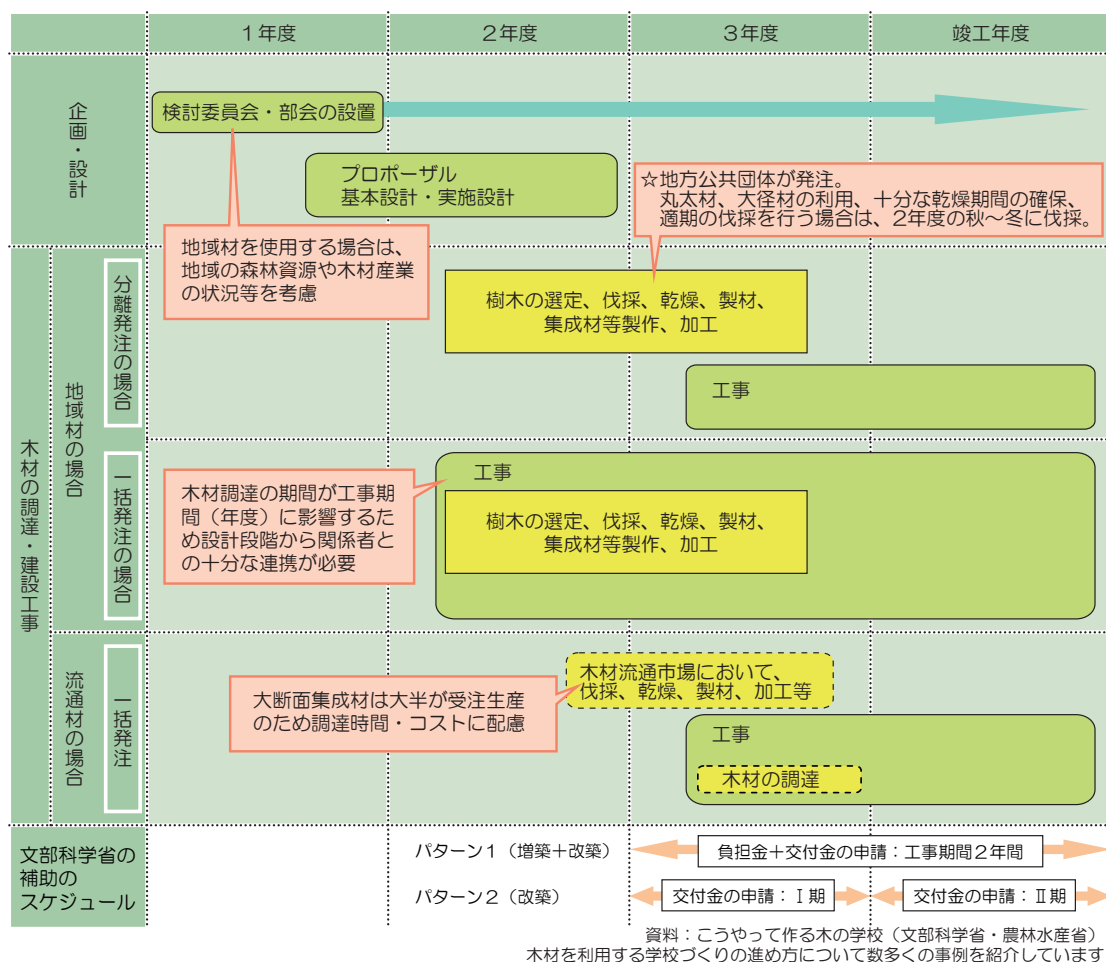


図3-32 事業スケジュール 資料：こうやって作る木の学校（文部科学省 農林水産省）

ができます。

「木の学校づくり」においては、地域産材の調達の可否や製材所などについて調査します。材料調達や加工を行う地域を限定するなどして進める場合には、次ページ図3-32に示すパターンのように、目的とする木材調達にあったスケジュールで進めることが必要となり、このスケジュールに沿った予算計画を行うこととなります。

この際に、木材調達などに関しては（一社）木を活かす建築推進協議会の「設計段階からの技術支援」などのメニューを使うことも計画を進める一助となります。これらの検討内容を「基本計画」としてまとめることで、次の「設計の段階」の前提条件となります。この基本計画は、保護者や学校関係者をはじめとする市民に対して学校づくりの方針を明らかにして共有することと、設計の段階以降に参加する関係者に対して学校づくりの方

針を伝えるものとなります。基本計画の進捗内容を「学校づくり通信」として発行する等、外部に発信することも必要です。

(2) 設計の段階－「基本設計」

設計の段階は、設計者を選定し業務委託契約を締結し実施することとなります。

「基本設計」は、デザインや平面・立面などの形状や目標性能について検討し、施工者への発注図となる実施設計図面の元となる図面や仕様を決定する段階です。基本設計は6～9ヶ月の期間が必要となりますが、実施設計のコストの殆どはこの段階で決まってしまうので、基本設計は目標とする規模と性能に対して、予算とのバランスを取りながら、目標工期内の施工可能な方法を検討する重要な段階となります。環境性能やランニングコストなど幅広く検討し進めることが、学校づくりには重要です。また、この段階では実際に学

校を利用する教職員や地域の方また管理する行政関係者ときめ細かい打合せを行い、設計の内容を共有し進めることが校舎というモノに命を吹き込むことになり、長い間愛される学校となります。

予算計画としては、施設や外構、既存校舎の解体費等について、図面を元に概算費用を算出することになります。出来上がった平面図を元に、什器や備品の概算も可能となります。基本計画よりも精度の高い概算となるので、基本計画時に設定した予算を見直し、事業主体となる市町村が発注者として合意形成を図ることが重要となります。また、調査の中で敷地測量や地質調査等の委託を行い、設計の不確定要素を減らし概算費用の精度を高めることも必要となります。

木の学校づくりの場合、文部科学省による公立学校の施設整備費や林野庁、国土交通省等の補助制度についても、確認することが必要となります。都道府県ごとに補助事業の採択サイクルが異なる点にも留意したいものです。一例として、前年度の第2四半期までに市町村に照会した事業計画を国に対する概算要望として取りまとめ、第3四半期の後半から4四半期の前半にかけて次年度の事業予定として国に提出し、年度末に内示を受けるのを通例とするケースが見られます。このように事業によっては、設計作業の結果を待って相談・調整しても手遅れになる恐れがあるため、現実的には企画・計画段階でまとめた計画案での調整を求められる場合があります。事業採択のための条件について、事前に情報収集するとともに、計画案に適切に反映することも当然考慮しなければなりません。

また、木材の地域産材の調達可否については、材質と共に調達可能な量や品質などについて調査します。同条件と考えられる材について、実勢価格を調べた上で、地域産材の見積りを取るなどして、単価についても事前に調査します。基本設計では、施工を行う施工者の技術力や地域内に既に発注されている工事高についての把握も必要となります。工事の入札参加資格についても、地域を限定して施工者選定を行う場合には、次の点にも注意します。

- ・技術力が見合わず適切な見積りが行えない場合
- ・既に発注されている工事高が地域の工事消化高を超えている場合

上記については、一般的に想定される工事費では見合わない可能性があります。事例では、これ

らの問題を解決する為に、

- ・地域の工事高を把握し構造種別を分ける
- ・基本設計段階で地域の森林組合と打合せを行い、材の調達可能な量などを把握し発注する等の対応をすることで、地域産材での建設を可能としている事例もあります。

その他には、地域産材で調達する為に、図3-32のケースで行う場合があります。この場合には、建物の施工段階で木材を発注することなく、分離発注で木材を調達することもあります。基本設計の段階で伐採する材積を把握し、発注する場合もあります。必要な強度や長さ・品質を確保した上で、市有林からの伐採・製材・乾燥を業務委託で発注している事例もありました。

これら様々な検討内容を「基本設計」としてまとめることで、次の「実施設計」の前提条件とすることができます。基本設計は、保護者や学校関係者をはじめとする市民に対して学校づくりの内容（学校づくりの理念、学びや生活、バリアフリーや環境、地域との連携等）を説明する内容となります。また、今後事業に参加する関係者に対して学校づくりの方針と施設概要を伝えるものとなります。

竣工後に管理の手引きなどを作る際にも、基本設計での方針と施設整備の概要は引き継ぐべき重要な内容です。

基本設計においても「学校づくり通信」などを発行し、より多くの人に理解を得る計画としたいものです。

(3) 発注図を作成する—「実施設計」

「実施設計」は、施工者への発注図となる設計図書等の作成と共に、設計時点での概算を行い、必要な行政手続きを行い、確認申請（計画通知）を行う段階となります。実施設計は、9ヶ月～1年の期間が必要となります。

文部科学省の国庫負担金を得る場合には、設計途中段階で国庫負担金の対象となる面積を確定する必要があります。

予算計画としては、基本設計の段階よりも高い精度で、施工段階で必要となる施設や外構面積、既存校舎の解体費等について、図面を元に概算費用を算出します。平面図を元に、什器や備品との工事区分を明確にすることも必要となります。

予算化を行う際には、複数年度に渡る場合には工事工程の作成を行い、年度毎の工程にあった予算計画を行います。予算と工期とは密接な関係が

あり、工事の内容（規模や難易度）にあった適切な工期を設定することが必要となっています。短い工期設定では、大人数の職人を手配する等、単価が上がることになります。木造の工事では、木の伐採時期との整合や雨季には養生が必要となり、それを見込む必要があります。準備や仮設などで、手当てが必要になる項目もあります。

費用としては、実施設計委託費の他に行政手続きに必要な申請手数料が必要となります。先行して解体工事が必要な場合には、解体建物の工事費の予算化が必要となります。

木の学校づくりの場合、木部について構造的に必要な強度と機能的な面で必要となる寸法が確定する段階となるので、基本設計時に設定した概算金額を上回らないよう設計を行うことが必要です。特に、地域産材の場合には特殊な材料とならないようにします。また、確認申請の手続きの中での行政指摘により、基本設計からの打合せ内容に齟齬が出ないように注意する必要があります。

予算化が必要なものは、行政手続き費用、意図伝達・監理委託料、工事費、ICT 設備、防災設備、その他となります。

(4) 図面を具現化する―「工事の段階」

発注図（実施設計図、実施設計図書）に基づいて建設工事を行う段階です。予算計画としては、工事の完成後に設置する什器や備品等の金額等を見込む必要があります。また、ある程度実際に設置する機器の仕様が見込める段階で、エネルギーコストやメンテナンスコストなどを予算化し、運用開始後の予算を見込む必要があります。

市町村における学校建築などの建設工事に関する予算執行のスケジュールとしては、年度当初に入札を執行し落札業者と仮契約を締結し、6月議会で承認を受けたあとに着工となるケースが多く見られます。

木構造の場合、工事の段階で伐採や製材を行う場合には、樹種により伐採できない期間がある為、工事期間の設定については十分注意します。

木構造では、現場での雨養生が不十分であると、材にカビや汚れなどが発生し、その除去は難しいです。仮設などで雨に対する養生を見込むことが必要となります。同様に屋根や外壁、EXPJ等の止水を考慮した工程計画が必要となります。

他の構造種でも同様ですが、現場に携わる職人には繰り返し工事を担当することで、施工の効率と品質は向上します。木造の場合には、現場に入

る木工の職人が、手空きの無いようにスケジュール設定することが、リーズナブルな工事費とするコツです。この為にも、適正な工期を確保し木造のメリットとしたいものです。

また、材料や設備については、選定する際にランニングコストも十分に考慮し決定します。扉の開き勝手や取り付けの高さによって、メンテナンス性が異なることにも注意します。

(5) ソフトを充実させハードの機能性能を維持する―「竣工後の施設管理」

建物の性能の維持とエネルギーコストの最適化を行う為に、予算確保を行います。建物の性能維持のコストは、事前に予測し定期的にメンテナンスすることが望ましいですが、市町村で保有面積の多い学校施設では現実的には難しいです。最低限機能継続型のメンテナンスを行うよう、他事例を踏まえ予測し、予算化することが望ましいです。

エネルギーコストについては、BEMS（ビルディングエネルギーマネジメントシステム）等を活かしながら、効率的な管理と予算計画を行うことが望ましいです。

保有する校舎の数が多い場合にも、床面積当たりのエネルギーコストや生徒の人数当たりのエネルギーコストを出し他事例と比較することで、効率的な運用が可能となります。

木の学校づくりでは、外壁などに木材を用いた場合には、適切にメンテナンスすることで長年使える校舎となります。内部に用いた木についても適切な管理が必要です。

清掃については、日常的には児童生徒が行うこととなりますが、全体の清掃などは地域の力を借りて行う事例もあります。地域の方が学校と関わる良いきっかけとしてください。

3-6-2 建設費と建設単価の目標設定

建設費と建設単価の目標設定については、検討する段階に応じて、概算設定時の「他事例建築費の検討」、設計開始時に必要となる「面積の設定」、設計時の比較検討時において考慮が必要な「建設費の設定」、他事例との比較時に必要となる「特殊要因の洗い出し」が必要となります。

(1) 「他事例の建築費の検討」

他事例の検討については、本事例集や平成19年に文部科学省より発行された「木の学校－早わかり木の学校－」を参照してください。一概に木の学校といっても、「全体木造」「平面的混構造」「立

面的混構造」等階数や棟形式などで大きく異なります。また、発注年度の金額を物価スライドなどで補正しても、落札率や地域性などが考慮されていないために、精度が高いとは言えず、「木の学校－早わかり木の学校－」でも考察されています。

特殊要因を考慮した上で、その地域でこれまでつくられていたRC造や鉄骨造の校舎の単価を参照し、目標金額を定めて計画して良いでしょう。

校舎改築がしばらく行われていなかった場合には、参照する市町村の範囲を都道府県に広げ検討します。

工事費の目標金額を定めて設計業務の委託を行い、工事費の構成について大半が決まってしまう基本設計段階で、十分な検討を行った上で、面積と性能設定を行い、概算工事費を算出することが必要であり、十分な検討を行うためには設計スケジュール確保も必要となります。

木の学校づくりの場合には、(一社)木を活かす建築推進協議会の「設計段階からの技術支援」などのメニューを使うことも計画を進める一助となります。

(2) 「面積の設定」

他事例の検証において、平米単価と全体面積について考察していることを考えても、「面積を設定」することは、工事費を決める大きな要因となります。国庫負担金の基準を定める面積を参考にしながら、予算と目標性能を勘案しながら設定します。

普通教室や特別教室の数は学級数で決まりますが、利用の考え方で大きく異なります。文部科学省の国庫負担金の算出方法によって、概ねの整備面積についての目安となる面積を算出できます。その面積を目標とした上で、小学校中学校それぞれで、必要となる部屋の特性や地域開放の有無等、各学校の特徴に応じた学校づくりで必要となる部屋面積を加味しながら設定することが必要となります。

小学校での工夫としては、

- ・多目的室を低学年から高学年まで同じ面積で設定せず、学びに応じた広さを設定します。
- ・低学年の生活科室を総合型実習室とする事や、高学年の家庭科（調理室・被服室）などが他スペースと共用できることに着目して、豊かな空間と面積効率の良い空間づくりの両立を図ります。

中学校での工夫としては、

- ・複数の教科をまとめ教科センター方式とすることで、学びへの興味を引き出す空間と面積効率の良い空間づくりの両立を図ります。

- ・地域開放施設との合築となる場合には、利用時間帯や管理方法に配慮した上で、複合的な利用を検討し、効率的な面積での計画を目指します。

予算を抑える為に、面積を減らすのではなく、設計段階での機能の複合化や効率的な面積配分によって、木を活かした豊かな空間づくりを行うことが必要です。

(3) 「建設費の算定」

建設コストは、「面積の設定」と共に、「仕様」と「単価」の設定で決まります。建築意匠に関しては、性能・意匠を満足した上で、材料の効果的な利用とリーズナブルな単価のものを調達します。構造としては、合理的な構造計画により躯体に掛かる費用を抑えることが必要となります。機械設備・電気設備などでは、空間の快適性を確保した上で、メンテナンス性を加味した最小限の設備とすることが必要です。

木造の計画においては、防火区画を考慮した上で、最小限の建築面積に抑えることが、建設コストを抑えることとなります。学校は教室の周辺に水廻りの設備が要求されることから、建築面積を増やすことは、基礎部分のピット面積を増やすこととなります。また、屋根や壁の施工面積も増えることとなります。木造3階建ての校舎も可能になったことから、建築面積を考慮して計画を行いたいものです。

海外で先進事例を視察した際に、木造のメリットについて質問すると、短工期でできることで全体経費も低減されることが挙げられていました。これを国内の事例に反映させたいところですが、海外の事情と異なり、大規模木造を専門にする施工者が、RC造ほど多くない現状を考えると、木造のメリットが直ちに工事費に反映されることはありません。

しかし、繰り返しの多い学校では、スケジュールさえ確保すれば、少数の習熟した職人により品質の高い空間が短期間に作ることができるのではないかと考えられます。短い工期として、不慣れな職人を入れて効率の悪い作業をするよりも、適正なスケジュールで職人の習熟度を上げるようにすることで、高品質な学校を適正な価格で作ることが必要です。建設コストの設定の内、木材の単価については、別項を参照してください。

(4) 特殊要因の洗い出し

建設コストで特殊要因となる事項については、一般的には、地盤による条件の違いや積雪による屋根荷重の違い、耐風圧による外壁や屋根に対する荷重の違いがあります。設備的には、換気に対する設定条件の違いなどが挙げられます。木の学校づくりにおいては、防火地域指定による外壁や躯体の防火条件の違いや、使用する木材の調達先に対する条件（地域産材か県産材か輸入産材なのか）の違いも特殊要因となります。

材としては、製材や集成材の規格材などでの計画に比べ、大断面の集成材や接合部に製作金物を用いるものは高価となる為、大空間を計画する場合には、高強度の木材や特殊な金物を使わないよう適材適所の構造種の選択が重要です。

木造の校舎では、多くは平屋建てから3階建てまでの計画となりますが、平屋では基礎躯体にコストが掛かりますが、上部躯体は比較的安価に設定でき、2階建てでは上部躯体の木部に必要な耐力は大きくなりますが、基礎面積は平屋に比べて小さいです。3階建てでは、構造体により多くの体力が必要となりますが、建築面積が小さい分基礎躯体に掛かるコストの割合は、平屋建てに比べ少ないです。構造種別の選択と共に、階数についての検討が重要となります。

3-6-3 建築補助単価と単価補正

義務教育諸学校等の施設費の国庫負担等に関する法律に基づき、公立の義務教育諸学校の建物の建築に要する経費について国が一部を負担することとされており、公立の校舎、屋内運動場及び寄宿舎の施設整備に要する経費に対して国の負担（補助）が行われています。

この国の負担（補助）額の算出方法は、原則、次の通りです。

補助資格面積×国庫補助単価×1.01（事務費）×国庫負担率＝国庫負担金（補助金）交付額

義務教育諸学校等の建築に要する経費に係る公立学校施設整備費負担金及び学校施設環境改善交付金の交付額の算定基準として、1㎡あたりの建築単価（予算単価）が定められていますが、この1㎡あたりの建築単価は、建物の構造の種類別に新築又は増築を行おうとする時における建築に要する経費を参酌して、文部科学大臣が財務大臣と協議して定められます。

これを基礎にして、公立学校施設整備費負担金

及び学校施設環境改善交付金の予算執行における国庫補助単価は、各都道府県ごとの事情を勘案して学校種別、建物区分、構造別に応じて定めた地域別単価と、事業の内容、立地条件等を考慮した加算単価から構成されています。

なお、「地域材を活用して木造施設を整備する場合」や「環境を考慮した学校（エコスクール）」として認定を受けて床や壁などを木の仕上げとする場合」は、それぞれ国庫補助単価を2.5%加算することができます。

3-6-4 木材価格の設定

木材は、山から多段階の工程を経て、建築の現場に運ばれます。製材品であれば、育林、伐採、製材、乾燥、表面仕上げ、加工という経路になりますが、製材品の価格は、育林から表面仕上げに至る各工程の必要費用と運送費に諸経費を積み上げて算出されます。また、構造用集成材については、乾燥と表面仕上げの間に集成材の生産工程が加えられて価格が算出されることになります。

価格の表示は、住宅の市場で使用する構造材は、表3-1のように、寸法が規格化されているため、製品価格で示され、カタログや関連団体のHPで知ることができます。このような材料は、流通材と呼ばれています。ただし、構造用製材は2-4-6で説明したように、JAS規格に適合する材料の普及率は低いため、含水率や強度区分の表記を確認して、運用することが必要です。

一方、木質化に使われる板類、あるいは、表3-1に示されていない寸法の構造材は、単位材積当たりの価格で示されるのが慣習です。その数値は、乾燥に必要な経費が断面寸法等で異なること、品数や数量により生産効率が変化すること、寸法が固定されていないため歩留まりがわからない等の理由で、公表されていません。このような注文を受けて製造される方式は、注文生産と呼ばれています。したがって、価格の設定を行うには、使用する木材の大きさ、長さ、品質および必要量を概ね想定して、地域業界との事前の協議をする必要があります。

流通材は、大量生産方式での製造が可能のため、注文生産品と比較すると単位材積当たりの価格は安価になります。一方で、大量生産方式の製造ラインでの注文生産は、工場の生産効率を大きく落とすことになるため、受注を控える傾向になります。構造用集成材についても同様に、住宅で活用

される中小断面の集成材の製造ラインは基本的に大量生産方式であるのに対し、注文品が主流となる大断面集成材の製造ラインでは、単位材積当たりの価格は高くなりますが、寸法の自由度は高いです。

学校施設の木造化・木質化にあたり、価格に影響する木造住宅とは異なる要因として、量と品質の問題があります。量については、1棟あたりに必要な材積と数量が多くなれば、需要と供給のバランスを崩し、単価上昇の原因になります。また、取り扱う量が増えると、材料を保管する時間が長くなるため、管理費用を加算する必要が生じます。さらに、公共建築物への木材利用では、コンクリートや鋼材と同等の品質管理が必要で、これに見合う経費を見込んでおかなければ、杜撰な管理に繋がってしまいます。

地域材の利用で価格に影響するのが、地元業界の能力と容量です。地元企業だけでは対応できない技術が必要な場合は、外注となり、また、必要量を工期の中で納めていくことができなければ、周辺地域の協力が必要になります。すると材料を動かせば運送費の追加が、また、不足する技術の補充には、必要経費の支出を見込んでおかなければ

表 3-1 構造製材と構造用製材の規格寸法の一例

	幅	長さ	背(mm)									
	mm	mm	105	120	150	180	210	240	270	300	330	360
構造用製材	105	3000	○		○	○	○					
		4000				○	○	○	○	○		
		6000	○									
	120	3000		○	○	○	○					
		4000					○	○	○	○		
		6000		○								
構造用集成材	105	3000	○		○	○	○					
		4000				○	○	○	○	○		
		6000	○								○	○
	120	3000		○	○	○	○					
		4000					○	○	○	○		
		6000		○							○	○

*製材所、集成材工場により異なる。

ばなりません。

そして、山から運ばれる丸太の価格には、育林費用と伐採・造材に必要な作業費および運搬費に加え、森林所有者への支払いが含まれますが、これに再造林に必要な費用も加えなければ、地域材活用の大きな意義である森林環境の保全は成立しません。丸太の引き取り価格が低ければ、伐採跡地に植林できず、また、森林所有者への収入が少なければ、林床に日が当たらない放置林となるため、森林の果たすべき機能を発揮できないこととなります。



第4章 設計

4-1 木造学校施設的设计手法

4-1-1 製材による学校建築

(1) 地域性

木造建築物は、地域の気候風土や生活文化あるいは使用する木材に適応して多様に発達して形づくられています。

木造校舎を設計する場合には、その地域で培われた伝統的構法を十分に研究し取り組んでいくことが必要です。

例えば、風の強い方位は下地が密になる等その地域に根ざした木造建築は、その土地の自然環境を柔らかく受け止める形態になっていることが多く、その地域の自然環境に適応した様々な装置や仕組みが生活の知恵として蓄積されています。その手法を活用することで、地域性豊かな学校づくりに結びつけることが出来ることになります。

(2) 地域産材の活用

製材による学校建築は、地域産材の利用がしやすく、学校に地域産材を利用することは、風土に根差した材料を利用した特徴のある空間とするだけでなく、木材生産・加工等の産業の地域振興に貢献します。しかし、地域産材はJAS規格材であることは少なく、大規模の木造建築で使用する木材に適した品質（含水率や強度等）であることが証明されていない事が多いです。製材は品質的なばらつきが大きい為管理が難しく、含水率や材の強度などについて、JAS規格材又はJAS同等材を調達することが難しい場合もあります。また、地域で保有する木材の乾燥機で乾燥可能な最大寸法によっては、学校建築で必要となる寸法の材料の調達が難しい場合もあります。製材による地域産材の利用にあたっては、品質確保の方法について事前に十分な調査を行うことが必要です。品質の確保については、各都道府県の農林部門の技術的な支援を受けることも検討できます。事例の中では、学校建設が地域の木材流通にとって良い刺激となり、校舎建設後には地域の特産品の再評価につながったものもあります。

木材だけでなく、土・煉瓦・瓦・石・和紙等の地域産材も同様です。地域産材を使うことは、個性ある地域性豊かな学校づくりにつながるととも

に、子供たちに素材を通して地域環境を学習する機会を作ることが出来、地域の魅力を再発見するきっかけとなる可能性を持っています。

(3) 地域の技能活用

大工・左官・建具などの伝統的な技能を用いて、校舎の建設を行うことは、その地域に根づいた木造建築技術の継承となり職人にとっては、その技術の表現の場となります。また、地域の職人の参加によって学校づくりがなされることは、地域住民の関心を高め、愛着のもてる学校づくりにつながることが出来ます。

(4) 製材による設計事例

1) 山形県鶴岡市立朝日中学校

鶴岡市立朝日中学校は、当初より地元産材の杉と唐松を使った学校づくりを目標に計画されました。工事に先立ち、基本設計時点で市から業務委託を受けた出羽庄内森林組合が、市有林からの伐採を請負いました。計画の方針で、極力製材の状態で材を利用することや、プレカッ



図 4-1 朝日中学校外観（上）雁木状の空間（下）

トなどは行わず、地元の職人の手加工によって材の仕口加工が行われ、利用された地元産材は、全体木材使用量の約91.5%になります。

建設地は、山形県内でも多雪地域で、最も積雪荷重が重いです。建物外周部には雁木状の空間を持ち、落雪から外壁を保護できるように工夫されています。この雁木は、構造ブレースも兼ねており雪の多い地域性の表現と共に構造としても生かされています。

内部空間は、丸太をそのまま用いた力強い架構や格子組による耐力壁などによって、特徴的な空間となっています。校舎棟の設計については、一般社団法人木を活かす建築推進協議会の技術支援が行われています。

体育館の上部構造は大断面集成材となっています。桁までを鉄骨鉄筋コンクリート造、上部を大断面集成材とスチールロッドを組み合わせた軽快な空間としています。屋根型はマンサード屋根形状で、2.5mの積雪荷重を軽減するような工夫されています。マンサード屋根の最上部

は、雪割りの機能を兼ねたトップライトとなっており、内部に自然光を取り入れています。

校舎全体の暖房の空調エネルギーについても、木質ペレットによるボイラーが利用されています。森林文化都市の鶴岡市として、校舎建設からエネルギーとしてのバイオマス利用まで木の学校づくりを行っています。

2) 青森県八戸市立西白山台小学校

八戸市立西白山台小学校は、地域産の赤松と杉を使い地元の森林組合と地元の職人が建設に携わりました。プロポーザル時の設計条件として、木造、鉄筋コンクリート造、鉄骨造の3種類の構造で建設する事が求められました。設計開始後、上北・三八地方・八戸市の3森林組合は地元産材を新校舎で使うことについて、八戸市や設計者に対して申入れを行うなど活用を目指していました。発注者・設計者側の対応として、従来の工事では、地域材の利用を青森県及び岩手県久慈地域及び二戸地域から伐採されたものとしていましたが、今回はそれに加

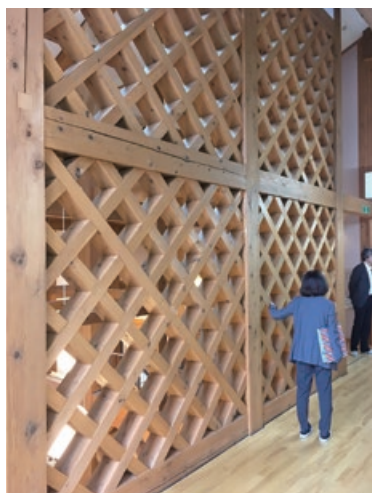


図 4-2 技術支援により設計された耐震壁（上）
丸太を活かした空間（下）



図 4-3 グレーディングマシンによる強度検査（上）
出荷式の様子（下）



図 4-4 モックアップによる検討 (上) 施工時の様子 (下)

え伐採地の産地を明確にすることを義務付けました。

地域産木材として、これまで3森林組合では材の強度や含水率をJAS規格材同等として管理することがありませんでしたが、青森県林業研究所の立会の元、グレーディングマシンによる強度検査や含水率のチェックを行い、全数の検査を行い対応しました。これらの取り組みの中で、強度に見合った伐採や製材の合理化等により、3森林組合の「強い樹あおもり」ブランドの再構築が行われ、建設後の技術向上につながりました。

構造的には、烏賊の漁で使うハネゴをイメージした形態で、小径材を連続させて空間を構成しており、接続については、一般的な金物を極力見せないように使用しています。

4-1-2 JIS A 3301 による学校設計

文部科学省は、平成27年3月に大規模木造建築物の設計経験のない技術者でも比較的容易に木造校舎の計画・設計等が進められるよう、また、近年の学校施設に求められる機能や性能等が確保

できるものとなるよう、JIS A 3301 を全面改定しました。

階数は、平屋建て及び2階建てを対象としており、準防火地域では延べ面積は500㎡以下、その他地域では延べ面積は1棟当たり2,000㎡としており、延べ面積が2,000㎡を超える場合には分棟にするなどの配慮が必要であり、準耐火構造の適用を受けるものは対象外としています。

片廊下タイプやオープンスペース型、中廊下タイプや大部屋型などのユニットを組み合わせながらブロックプランにより平面計画を行います。

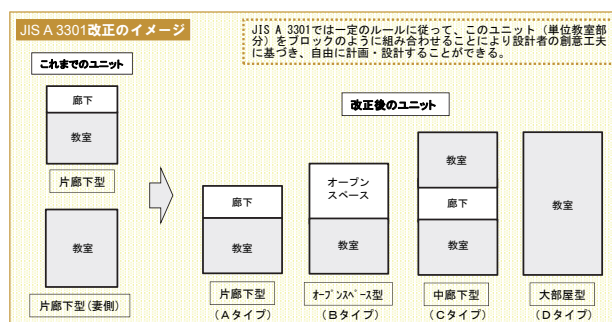


図 4-5 JIS A 3301 改訂のイメージ

使用材料としては、軸組材料として構造用製材と共に構造用集成材を使用するものとしており、面材料には構造用合板を使用するものとしています。材料は、JIS 製材、構造用集成材の他、適切に管理された無等級材料の使用も考慮されています。

参考文献

- 1) JIS A 3301 を用いた木造校舎に関する技術資料 平成27年3月 文部科学省

4-1-3 集成材による学校建築

一般流通材の集成材を用いることは、製材における欠点を補い、含水率や材の強度などもJAS規格にあったものが調達可能となります。また、材料の長さについても製材などで一般的とされる3～4m材に比べて集成材では長さ6～8mの材料も調達が可能となります。断面寸法も小口の短辺は105～120mmで、長辺は450mm程度まで流通しています。製材に比べ燃え代による防火構造などの必要がない場合には、一般流通材の集成材による建築が比較的安価な材料です。強度・サイズなどを自由に選べることを考えると、比較的安価であると考えられます。

一方で、地域に集成材工場がない場合に地域産材の利用を行う場合には、地域外に材を運搬する

ことなどが必要となる為、一般的には価格が高い傾向があります。

4-1-4 大断面集成材による学校建築

大断面集成材を用いた学校建築の利点は、単純な柱と梁のラーメン造で構成することも出来ることにあります。製材や小断面の集成材を用いた学校建築が、水平力を負担させる耐力壁が必要となることに比べて、平面的な計画としては筋交いなどの壁を設けなくても計画出来るので、将来的なフレキシビリティの確保が容易です。

但し、大断面集成材を製作できる工場の数が少ないために、一般流通集成材に比べ、立米当たりの単価が高くなる欠点もありますが、大断面集成材で構成することは、比較的高い強度を持つ木材や燃え代が必要な3階建などでは、製材や一般流通材の集成材で構成する躯体に比べてコスト的に有利な場合もあります。また、ラーメン構造は、単純な繰り返しの施工が多くなる為、効率的な工事となり、工程上も有利です。

(1) 山形県鶴岡市羽黒高等学校

羽黒高等学校は、平成27年に法改正され実現可能となった木造三階建て校舎の第一号です。5,500㎡強の3階建て校舎を1年の工期で施工しています。

また、躯体で使う木材の60%を学校林の樹木を含む地域産の杉材を使っています。大断面集成材に鉄筋を挿入しエポキシ樹脂で接着する構法で、金物などの接合部が露出しません。2方向ラーメンの木構造で、今後の学科の改変などに対応できるフレキシブルな計画となっています。施工の効率化と工期の短さにより、準耐火構造で燃え代がある木造3階建であるにもかかわらず2階建てに比べてもリーズナブルなコストで計画されています。

4-1-5 CLTを用いた学校建築

海外では、CLTを活かした学校が竣工していますが、国内では床の一部に使用したものや耐震壁に利用したものが竣工しており、今後の計画と竣工が待たれます。

床や壁に使うCLTの良さは、1時間準耐火構造であれば木の素材が直接見えるように使える事です。照明や設備などの配線や機器を上手く調整することが出来れば、木の温かみの溢れる空間づくりが可能です。

参考文献

- 1) JIS A 3301を用いた木造校舎に関する技術資料 平成27年3月 文部科学省

4-2 構造設計

4-2-1 構造設計概要

(1) 木造建築構法の変遷

わが国における木造建築構法は、その歴史的背景により多種多様です。古くから建てられていた木造は、柱・梁を主体とした軸組構法で、主として貫、差し鴨居、土塗り壁、板壁などにより、地震や暴風などによる水平力に抵抗する機構を持つものでした。これに対して、明治以降には筋かいやトラスを含む洋風建築が移入されましたが、一般に筋かいが使われるようになったのは建築基準法が制定された1950年以降で、この流れを汲む構法が現在建てられている「在来軸組構法」です。在来軸組構法では、延べ床面積500㎡以下、階数が2を越えないものでは、一般に施行令の仕

様を満たしており、壁率の規定を満たしていれば、構造計算を省略することができることになっています。当時の学校校舎は、多くが木造により建てられていましたが、このような建物は設計条件が施行令の仕様規定に合致しないため、多くは木造校舎のJISにより設計されており、いわゆる片廊下型の校舎が建てられていました。1960年代後半になると、接着パネルを用いた木質系プレハブが登場し、1974年には枠組壁工法の技術基準告示が制定され、筋かいに代わって構造用合板などの面部材を木材の枠組に釘打ちした耐力壁が用いられるようになりました。また、1981年の新耐震設計法と同時期に告示1100号が制定され、在来軸組構法における面材張り耐力壁の壁倍率が

示されました。このころには、学校校舎はもとより、大規模木造建築が建てられることはほとんど無く、木造住宅の設計はもっぱら壁率の計算により設計されていました。このように、壁率の計算による耐震・耐風設計は戸建て住宅を想定したもので、原則として設計条件の異なる建物の設計に用いることは適切ではありません。そこで、1986年に建築基準法が改正され、木造の高さ制限が合理化されたのを期に、壁率の設計に寄らず、他構造と同様な構造計算を行うことにより設計を行う方法が施行令第46条2項に示されました。制定当初は、主として大規模木造建築を想定したものであったため、主要な柱・横架材に用いることのできる部材は、小径15cm、断面積300cm²以上の大断面構造用集成材のみでしたが、その後構造用単板積層材（LVL）、構造用製材等が追加されました。翌年、枠組壁工法の告示に3階建ての壁率の表が追加されたことにより、構造計算による木造3階建ての設計が公になったといえます。丸太組構法の告示が制定されたのもこのころです。その後、防火関係の規定の合理化が行われ、木造建築の大型化、多層化が進められてきました。2010年頃からは、国産材の有効利用の一環として、欧州で開発されたCLT（直交集成板）の研究が行われ、基準強度とCLTパネル工法の技術基準告示が公布されました。わが国ではCLT建築の需要はまだ限られていますが、欧州ではCLTは学校建築にも活用されています。

(2) 各構法における特徴

1) 在来軸組構法

施行令第46条に示された筋かい等の軸組壁や告示1100号に示された耐力壁の壁倍率をもとに設計される在来軸組構法は、わが国で最も一般的な木造住宅工法であり、資材の調達、施工の経験などの面からも、最も導入しやすい工法であるといえます。この工法は、幾多の地震災害をもとに金物による接合部の補強方法や4分割法による耐力壁配置の検定などにより構造の合理化が行われています。この工法は基本的には戸建て住宅を想定したものであり、固定荷重、積載荷重が異なる建築に適用する場合には注意が必要です。特にこの工法に用いられる軸組壁や耐力壁は、せん断耐力に上限があるため（壁倍率5以下）、大きな空間を有する建物や開口部が多く十分な量の耐力壁の配置が困難と考えられる建物にこの工法を適用する際は注意が

必要となります。

2) 集成材等による軸組構造

この工法は、もともと体育館などの大スパン建築など既往の耐力壁では対応できない構造に対処するためのもので、当初は構造用大断面集成材のアーチ、ラーメンやトラスを用いた構造が想定されていたため、柱や横架材に用いられる材料も大断面集成材に限られていましたが、次第に壁率の計算によらない軸組構造にも適用されるようになったため、部材断面の制限も撤廃されました。また、新しい構造材料にも対応すべく、単板積層材（LVL）、JASの構造用製材や大臣認定された木質接着成形軸材料、木質複合軸材料等も使用できます。この工法では、一般に部材同士をボルト等の金物で緊結するため部材の含水率が15%以下と定められています。従って、製材を用いる場合は日本農林規格のD15を用いる必要があります。ただし、乾燥割れによる耐力低下の恐れが少ない接合とした場合はD20（含水率20%以下）とすることができます。また、この工法では壁量の検定は必要ではありませんが、所定の構造計算を行うことが必要です（令46条2項）。

3) 枠組壁工法

この工法は、北米の在来工法にあたるいわゆるツーバイフォー工法がわが国に導入されたもので、ディメンジョン・ランバーと呼ばれる規格化された材を用いて建設されます。この製材品は、公称2インチ×4インチ（実寸は38mm×89mm）を標準とした主として2インチ系列の枠材や根太材等に構造用合板などの面材を釘打ちし、耐力壁や水平構面を構成するもので、構造全体が箱状になるため、耐震性は高いです。一方、この工法では耐力壁線に囲まれる面積や、相対する耐力壁の距離が限られていること、また開口部の幅や耐力線に占める開口幅の合計の割合が限られているなど、大空間や大開口を有する建物の建築には必ずしも適していないため、戸建て住宅以外では、保育園や高齢者施設などに使われることが多いです。この工法では、所定の構造計算を行うことにより、面材を枠材に打ち付ける釘の間隔を調整して耐力壁の剛性・耐力を調整したり、高耐力の壁体を設計することも可能なため、所定の軸組材と組み合わせることにより、設計の範囲を広げることが可能となります。

4) 木質プレハブパネル工法

プレハブ建築は、一般に建物の構成要素の一部または全部を工場で生産するものをいうので、その範囲は広いですが、一般的な工法によるものの他に構造用面材を木材の枠材に接着接合して、木質パネルを構成する木質接着複合パネルや断熱材と面部材を接着した木質断熱複合パネル等を用いたものがあります。木質プレハブは、その材料、構法とも各メーカーにより様々であり、仕様を法律で規定することは馴染まないで、所定の構造計算（保有水平耐力の計算）が規定されています。一般にプレハブパネルが学校建築に使われることは限られていますが、屋根や床に同一形状のパネルを多数用いる場合などは、工期の短縮などに役立つ可能性があります。

5) 丸太組構法

丸太材等を水平にして積み重ねる工法で、上下の丸太同士（製材も可）に丸鋼などのダボを挿入することにより水平力に抵抗させる機構をもちます。技術基準告示に示された規模と仕様の建築では、ダボの本数を計算することにより、構造計算を省略することが出来ます。野外実習のための施設や自然を感じさせる空間など多様な利用が考えられます。

6) CLT パネル工法

CLT は Cross Laminated Timber の略称であり、挽き板（ラミナ）を幅方向に並べたものを互いに繊維方向が直交するようにして積層接着した木質パネルで、1990 年代に欧州で開発された構造用材料です。わが国では 2014 年に直交集成板の JAS が制定され、2016 年に直交集成板の材料強度及び CLT パネル工法の技術基準告示が公布されました。CLT パネルは幅 3m 長さ 12m、厚さ 60mm から数十センチのものまで製造可能で、これらのパネルを NC ルーターで加工したものを現場に運び、壁パネルや床パネルとして施工を行います。CLT パネル工法は、CLT パネルの壁体が鉛直荷重と水平力の両方に抵抗する構造を指し、鉛直荷重は柱で負担し、水平力のみを CLT パネルで抵抗させる構造は、軸組構法として設計することになります。CLT パネル工法の告示が制定されてからまだ日が浅いこともあり、CLT を用いた建築数はわが国ではまだ限られていますが、欧米では CLT の活用は伸びており、学校建築な

どにも用いられる例も多いです。

(3) 木材の特徴

木材を構成する細胞は、図 4-6 に示すように樹木の軸方向に配置されており、細胞の配列方向（繊維方向 L）の強度は強く、材に対して半径方向（R）および接線方向（T）の強度は小さく（異方性）、L 方向、R 方向、T 方向の強度の比は概ね 20 : 10 : 1 です。また、含水率 1% あたりの平均収縮率（%）は、概ね L 方向 0.01 ~ 0.02、R 方向 0.1 ~ 0.2、T 方向 0.2 ~ 0.3 程度で、繊維方向の収縮率は小さいです。

木材は、繊維飽和点（約 28%）以下では含水率（含有水分重量と木材の全乾重量の比）が高いと、図 4-7 に示すように強度が低下します。また、

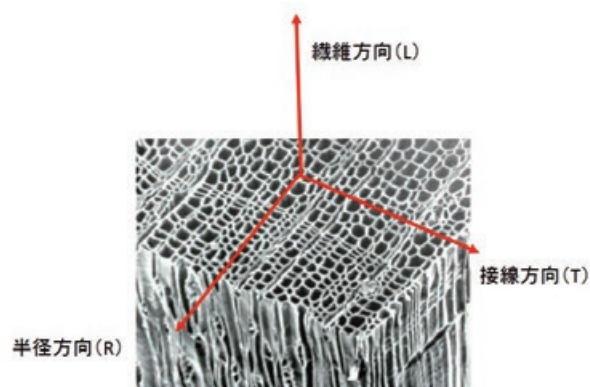


図 4-6 木材の組織と構造（日本林業技術協会「走査顕微鏡図説、木材の構造」に加筆）

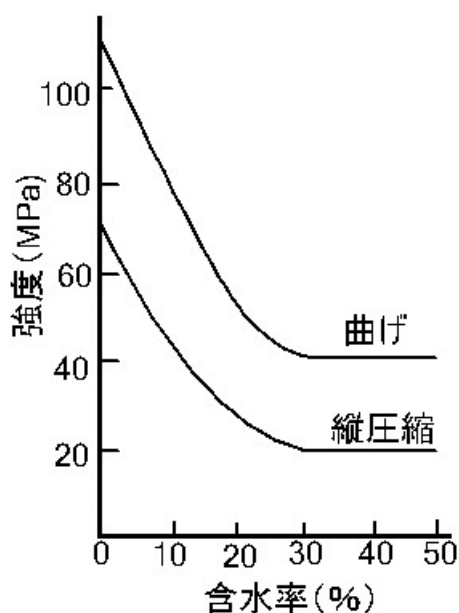


図 4-7 無欠点小試験体の強度と含水率との関係（「木材の物理」伏谷賢美他 文永堂出版に加筆）

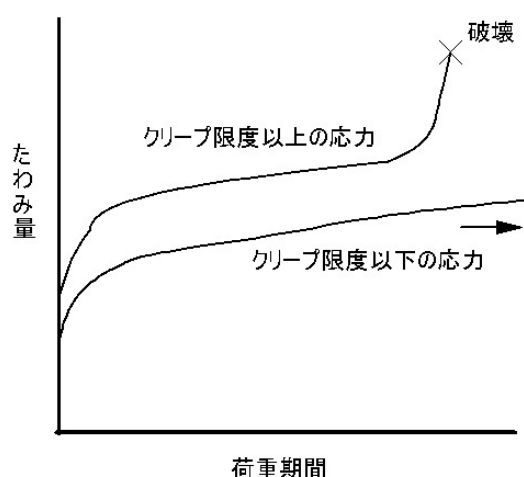


図 4-8 クリープ現象の模式図（「新・木質構造建築読本」木質構造研究会編 井上書院）

乾燥に伴い収縮し割れを生じ、構造的な欠点となる場合もあるので、乾燥材を用いることが重要となります。

木材は、継続的に応力が作用すると変形が増加するクリープ現象を示します。応力が強度に対してある程度小さい場合は、時間の経過に伴いクリープ変形は低下しますが、応力が強度に対してある程度大きいと、図 4-8 に示すようにクリープ変形は増大し、最終的に破壊に至ります。この応力をクリープ限度といいます。一般に、恒温・恒湿下（20℃、65%）では、クリープ限度応力は木材で 0.5、この時変形は 50 年で 2 倍程度になるといわれています。しかしながら、自然の温湿度の条件では、木材の含水率変化に伴いクリープ変形が進行する現象があります（メカノソープティブ・クリープ）ので、注意が必要です。

(4) 構造用材料

学校建築の設計に当たっては、多くの場合構造計算が必要となり、構造材料は日本工業規格（JIS）、日本農林規格（JAS）あるいは大臣の認定を受けた部材などで、材料強度および許容応力度が定められたものであることが必要となります。日本農林規格における構造部材には、以下のものが挙げられます。

1) 目視等級区分構造用製材

目視により等級区分を行った製材で、節の見方により甲種構造材、乙種構造材に分けられ、さらに欠点の度合いにより、1 級から 3 級に区分されます。

2) 機械等級区分構造用製材

構造用製材で、木材の強度とヤング係数の間

に比較的高い相関関係があることをもとに、製材のヤング係数を 1 本ずつ機械で測定し、これをもとに等級区分を行うものです。従って、等級は各樹種群について、ヤング係数の範囲を示す E で表わされます。樹種群に分けられているのは、強度とヤング係数の関係が、樹種群ごとで異なっているためです。

3) 枠組壁工法構造用製材（目視等級区分製材・たて継ぎ材）

部材の断面寸法が、204、206、208、210、212、104、404、406 等に規格化されており、樹種群ごとに、特級、1 級、2 級、3 級、コンストラクション、スタンダード、ユーティリティ、縦継ぎ材に分類されています。

4) 構造用集成材

構造用集成材は、ひき板を繊維方向を平行にして積層接着した部材で、同一の等級のラミナ（ひき板）を積層接着したものを同一等級構成集成材、最外層、外層、内層に異なる等級のラミナを用いたものを対称異等級構成集成材、ラミナ配置が対称でないものを非対称異等級構成集成材と呼びます。構造用集成材の等級は、樹種によらず強度 F とヤング係数 E の組合せで示されます。ただし、せん断強度およびめり込み強度は、樹種群によります。

5) 構造用単板積層材

構造用単板積層材（LVL）は、単板を繊維方向を平行にして積層接着したもので、直交単板の位置と量により A 種と B 種に分類されます。製品の等級は、樹種に係らずヤング係数 E で表わされ、単板のグレードにより更に特級、1 級、2 級に分類され、ヤング係数 E と強度 F で表わされます。せん断については、集成材等と異なり、樹種と関係なく厚さ方向と幅方向の強度で表わされます。

6) 直交集成板

直交集成板（CLT）は、ひき板（ラミナ）を幅方向に配置したものを直交させて積層接着して大判のパネルを作成するもので、耐力壁や床版に用いられます。直交集成板は 1990 年代に欧州で開発された構造部材で、一般には Cross Laminated Timber の頭文字をとって CLT と呼ばれています。CLT は最外層と内層のラミナのグレードが異なる Mx と同一ラミナで構成された S に分けられ、層数とプライ数で示されます。

7) ボード類

耐力壁や床構面に用いられるボードに、構造用パネル（OSB 等）、構造用合板、パーティクルボード等があります。

4-2-2 構造計画

(1) 一般事項

構造計画に当たっては、敷地、地盤、建築物の用途、規模、将来計画、工事費、工期、耐火性能等の設計条件を十分把握した上で、所要の安全性を確保するように計画します。

木造の学校施設の構造計画に当たっては、どのような施設にどのような構法、材料を用いるのが適切であるか検討するとともに、木造の構造特性を考慮し、用途に応じた合理的な立面・平面計画とすることが肝要です。例えば、書庫、設備室等の積載荷重の大きな室は、なるべく下層の階に配置し、スパンの大きな室を設ける場合は、なるべく上層の階に配置するようにすると構造上有利となります。また、室の重量が平面の片側に偏らないように配置し、水平耐力要素がバランスよく配置されるよう留意します。

特殊な用途の室があるなど、機能面で構造全体を木造とすることが適切でない場合は、その部分を木造以外の構造種別として、木造部分を併用した階層・平面計画とすることも考えられます。

(2) 架構形式

住宅建築には、一般に筋かいや耐力壁が使われることが多いですが、大型木造建築物では、その用途によりアーチ、ラーメン、トラスなどの架構が適用されることが多いです。

湾曲集成材による3ヒンジアーチは、体育館等に用いられることが多く、設計、施工が容易ですが、一般に湾曲集成材のコストが通直材と比べて高価であるため、柱部分とラフター部分を通直材とし、これらを接合金物で剛とするか、方杖を用いてモーメントを伝達させる工法がとられることもあります。たわみを押さえるため張弦梁が用いられることもあります。階高が高い場合は下部を鉄筋コンクリート造とし、上部にアーチ等を設置する場合があります。桁行き方向には、ブレース構造が用いられることが多いです。

円形や楕円形の競技場やホールでは、湾曲アーチを用いるほか、通直材を組み合わせた立体トラスやシェル構造による立体架構が取られることが多いです。

校舎や事務棟等の建物では、木質ラーメンやブレース構造が適用されることが多いですが、骨組みに構造用合板等の面材を釘打ちした耐力壁が用いられることもあります。ラーメン構造は、木材のヤング係数が他材料と比べて比較的低いため、部材断面が大きくなりがちで、また、柱・梁を剛に緊結することが困難であることから、建物の剛



図 4-9 湾曲集成材アーチを用いた体育館（フランス）（INS 国立体育学院，パリ）



図 4-10 通直集成材を用いた体育館（浜松）（静岡県立天竜高等学校）



図 4-11 RC と木造シェル構造の美術館（フランス）（ポンピドー・センター，メッツ）



図 4-12 CLT パネルと集成材による学校（イギリス）
（オープン・アカデミー，ノーリッチ）

性を確保することが難しい。耐力壁を併用するなどの工夫が必要となります。一方、ブレース構造は一般に変形性能が低く、水平力に対して脆性的な破壊を示すため、設計の際に注意が必要です。

最近、諸外国では壁体と床版に CLT を用いた建築も建てられており、学校建築や体育館の建設にも適用されています。この場合、屋根や床版のスパンが大きい場合は、一般に集成材が用いられることが多いです。

(3) 鉛直荷重に対する計画

1) 床の設計

床梁のたわみは、クリープ変形を考慮して変形増大係数（通常 2.0）を乗じて、スパンの $1/300$ 以下とすることが望ましいです（技術基準では $1/250$ ）。また、母屋、垂木のたわみは、変形増大係数を乗じてスパンの $1/200$ となるようにします。

2) 積雪荷重

木材の積雪荷重に対する許容応力度は、短期積雪に対して基準強度の $1.6/3$ 倍、長期積雪に対して基準強度の $1.43/3$ 倍とします。積雪以外の応力に対する短期許容応力度は基準強度の $2/3$ 倍、長期許容応力度は基準強度の $1.1/3$ 倍とします。

4-2-3 構造計算

(1) 荷重・外力

① 固定荷重

固定荷重を積算する場合の木材の比重は、以下によります。

ベイマツ、クロマツ、アカマツ、ツガ等：0.50 程度
ベイヒ、ベイツガ、ヒバ、ヒノキ、モミ等

：0.44 程度

トドマツ、エゾマツ、ベニマツ、スプルー
ス、スギ、ベイスギ等：0.38 程度

② 積載荷重

建築基準法施行令第 85 条第 1 項の規定によるほか、表 4-1 によります。

③ 積雪荷重

許容応力度計算を行う場合は積雪荷重が適切に考慮されますが、建築基準法施行令第 46 条第 4 項の壁量規定には、積雪荷重が考慮されていないため、許容応力度計算を行わない 4 号建物においても、建築基準法施行令第 46 条第 4 項における壁量を確認する際に壁量に余裕を持たせるなど、積雪荷重を適切に考慮する必要があります。

④ 風圧力

許容応力度計算を行う場合、風圧力は建物の形状や基準風速ごとに適切に考慮されますが、建築基準法施行令第 46 条第 4 項の壁量規定では、見付け面積当たりの壁量の規定は建物高さに拘わらず一般地域では $50\text{cm}/\text{m}^2$ （強風地域では $50\text{cm}/\text{m}^2$ から $75\text{cm}/\text{m}^2$ の間をとる）としています。

⑤ 地震力

建築物の高さが 60m 以下の地震力は、建築基準法施行令第 88 条及び昭 55 建告第 1793 号の規定により算定します。

(2) 木材の基準強度

木造建築の構造部材に用いる材料の規格および基準強度は第 5 章 1 節によりますが、材料の選定においては以下の事項に注意を要します。

① 日本農林規格における機械等級区分製材は、E（ヤング係数）表示ですが、樹種、産地によって得られる等級がある程度制限されるので、注意が必要です。また、断面寸法によっては JAS 材を入手することが困難な場合もあります。

② 日本農林規格による構造用集成材の基準強度は、樹種によらず F（強度）と E（ヤング係数）の組み合わせで表されていますが、特定の樹種に対応する等級は限られているので、部材断面を決定する場合には注意が必要です。

③ 構造用集成材には、同一等級構成構造用集成材、対称異等級構成構造用集成材等があり、用途に応じて柱には同一等級構成構造用集成

表 4-1 積載荷重

(国土交通省大臣官房営繕部, 木造計画・設計基準の資料, 平成 29 年版)

(単位: N/m²)

室 内 等		床版又は 小梁計算用	大梁、柱又は 基礎計算用	地震力 計算用	備 考
屋上	常時人が使用する場合 (学校の類を除く)	1,800	1,300	600	建築基準法施行令第85条の 屋上広場を準用。
	〃 (学校の類)	2,900	2,400	1,300	
	通常人が使用しない場合	980	600	400	
	体育館、武道場等	980	0	0	短期荷重とする(作業荷重 を考慮)。積雪荷重及び風荷 重との組合せは行わない。
	片持形式のバルコニー、庇等	1,800	1,300	600	建築基準法施行令第85条の バルコニーを準用。
事務室、会議室及び食堂		2,900	1,800	800	建築基準法施行令第85条に よる。
研 究 室		2,900	1,800	800	実況に応じて算定する。
教 室		2,300	2,100	1,100	建築基準法施行令第85条に よる。
劇場、映画館、演芸場、観 覧場、公会堂、集会場その 他これらに類する用途に供 する建築物の客席又は集会 室	固定席	2,900	2,600	1,600	建築基準法施行令第85条に よる。
	その他	3,500	3,200	2,100	
法務局登記書庫		5,900	4,900	3,900	法務省型鋼製書架 W 型 8 段 6 連を配置した場合。
一般書庫、倉庫等		7,800	6,900	4,900	通常の階高の室に満載の書 架を配置した場合。
移動書架を設置する書庫、 電算室の空調機室、用具庫等		11,800	10,300	7,400	一般書庫の1.5倍程度。
電 算 室		4,900	2,400	1,300	床版又は小梁計算用は電算 室用既製床の耐荷重の値。他 は建築基準法施行令第85 条の店舗の売場を準用。
機 械 室		4,900	2,400	1,300	床版又は小梁計算用は機械 の平均的な重量の値。他は 建築基準法施行令第85条の 店舗の売場を準用。
体 育 館 、 武 道 場 等		3,500	3,200	2,100	振動等を考慮し、建築基準 法施行令第85条の劇場等(そ の他)を準用。

材、梁には対称異等級構成構造用集成材が主として用いられます。また、構造用集成材のめり込およびせん断応力に対する基準強度は樹種によります。

- ④ 構造用単板積層材 (LVL) における基準強度は E (ヤング係数) と等級により定められています。せん断応力に対する基準強度は強度等級により樹種によりません。
- ⑤ 直交集成板 (CLT) における基準強度は、ラミナの構成により計算で求めます。

(3) 部材の設計

1) 引張り材

引張材の断面は (4-3-2.1) 式によって算定します。

$$\frac{N}{A_a} \cdot \frac{1}{f_t} \leq 1 \quad (4-3-2.1)$$

ここに、N: 設計用軸方向引張力 (N)

A_a: 有効断面積 (mm²)

F_t: 許容引張応力度 (N/mm²)

引張材の断面欠損は全断面積の 1/4 以下とします。

2) 圧縮材

単一圧縮材

1 軸方向中心荷重を受ける単一圧縮材の断面は (4-3-2.2) 式によって算定します。

$$\frac{N}{A} \cdot \frac{1}{\eta \cdot f_c} \leq 1 \quad (4-3-2.2)$$

N：設計用軸方向圧縮力 (N)

A：全断面積 (mm²)

N：材の細長比に応じて決まる座屈低減係数

F_c：許容圧縮応力度 (N/mm²)

座屈低減係数 η は材の細長比 λ に応じて次式により算出します。

$$\left. \begin{array}{ll} \lambda \leq 30 & \eta = 1 \\ 30 < \lambda \leq 100 & \eta = 1.3 - 0.01\lambda \\ 100 < \lambda & \eta = \frac{3000}{\lambda^2} \end{array} \right\} \quad (4-3-2.3)$$

圧縮材の細長比 λ は (4-3-2.4) 式により算出します。ただし、細長比は 150 以下とします。

$$\left. \begin{array}{l} \lambda \leq l_k / i \\ i = \sqrt{\frac{I}{A}} = \frac{h}{3.46} \quad \cdots \cdots \text{長方形断面の場合} \\ \quad = \frac{D}{4.0} \quad \cdots \cdots \text{円形断面の場合} \end{array} \right\} \quad (4-3-2.4)$$

λ ：圧縮材の細長比

l_k ：座屈長さ (mm)

i ：座屈方向の断面 2 次半径 (mm)

I：全断面積に対する座屈方向の断面 2 次モーメント (mm⁴)

A：全断面積 (mm²)

h：長方形断面座屈方向の材せい (mm)

D：円形断面の直径 (mm)

3) 単一曲げ材

曲げ材の断面は一般に (4-3-2.5) 式により算定します。

$$\frac{M}{Z_e} \cdot \frac{1}{f_b} \leq 1 \quad (4-3-2.5)$$

M：設計用曲げモーメント (N・mm)

f_b ：許容曲げ応力度 (N/mm²)

Z_e ：有効断面係数 (mm³)

切欠きの有無に応じ有効断面係数は以下により算定します。

① 切欠きのない場合 Z_e = 全断面係数 Z

② 圧縮側に切欠きのある場合 Z_e = 正味断面係数 Z_0

③ 引張側に切欠きのある場合

・製材などの割裂きの影響が大きい材料 (切欠きは材せいの 1/3 以下に制限)

$Z_e = 0.45 \times$ 正味断面係数 Z_0

・割裂きの影響が小さい材料 (切欠きは材せいの 1/4 以下に制限)

$Z_e = 0.60 \times$ 正味断面係数 Z_0

・せん断応力度の算定

曲げ材のせん断応力度は一般に (4-3-2.6) 式により算定する。

$$\frac{\alpha Q}{A_e} \cdot \frac{1}{f_s} \leq 1 \quad (4-3-2.6)$$

α ：断面形状で定まる値で長方形の場合は 3/2

Q：せん断力 (N)

f_s ：許容せん断応力度 (N/mm²) 製材の場合、曲げ材の支持点に切欠き・干割れの発生のおそれがないものについては、許容せん断応力度を 1.5 倍までの範囲で割増して計算することができる

A_e ：有効断面積 (mm²)

支持点付近における有効断面積は切欠きの有無に応じ以下によって算定する

・切欠きのない場合 A_e = 全断面積 A

・圧縮側に切欠きのある場合

A_e = 正味断面積 A_0

引張側に切欠きのある場合 (切欠きは材せいの 1/3 以下に制限)

$A_e = (\text{正味断面積})^2 / \text{全断面積 A}$

材幅に比べて、せいの大きい曲げ材を用いる場合、表 4-2 の条件にしたがって支持部または支点間に振れ止めを設置します。

表 4-2 振れ止め材の条件 (日本建築学会、木質構造設計規準・同解説)

材せい/材幅	支持部または支点間の振れ止め材
2.5未満	不要
2.5～4.0	両端支持部の横移動および回転を拘束する。
4.0～5.0	支点間に垂木や棒鋼などの振れ止め材を設ける。
5.0～6.5	両端支持部の横移動および回転を拘束し、かつ曲げ材の圧縮側を床板や根太材で連結する。
6.5～7.5	材せいの8倍以内の間隔で支点間につなぎ材や振れ止め材を設ける。
7.5～9.0	両端支持部の横移動および回転を拘束し、かつ曲げ材の圧縮側および引張側を板や根太材で連結する。

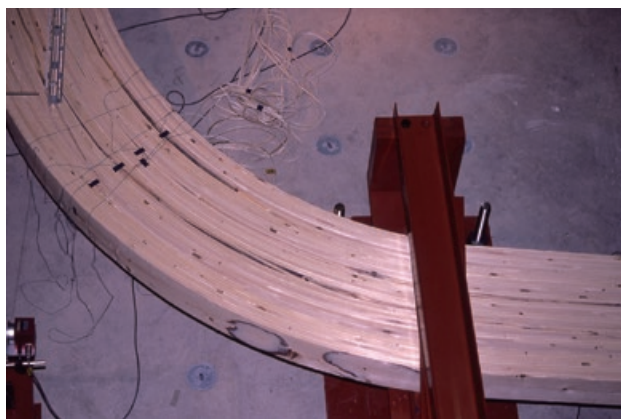


図 4-13 湾曲集成材の湾曲部での破壊

4) 湾曲集成材

集成材の湾曲部では、この部分が曲げを受けた場合、湾曲部が閉じる場合は木材の繊維直交方向（半径方向）の圧縮力、開く場合は繊維直交方向の引張り力を生じ、湾曲部が図 4-13 に示すように破壊することがあります。

湾曲部の許容曲げ応力 f'_b は、(4-3-2.7) 式で算定する係数 k は (4-3-2.7) 式によります。

$$f'_b = k \cdot f_b$$

$$k = 1 - 2000 \left(\frac{t}{\rho} \right)^2 \quad (4-3-2.7)$$

t : ラミナ厚 (mm)

ρ : 湾曲の中心線における曲率半径 (mm)

せいが一定の長方形断面の湾曲材が曲げモーメントを受けたときに半径方向に生じる最大応力度は (4-3-2.8) 式によります。

$$\sigma_R = \frac{3M}{2\rho \cdot b \cdot h} \quad (4-3-2.8)$$

σ_R : 半径方向最大応力度 (N/mm²)

M : 曲げモーメント (N・mm)

b : 材幅 (mm)

h : 断面のせい (mm)

ρ : 湾曲材の中心線における曲率半径 (mm)

(4) 接合部の設計

接合部の形式には様々なものがありますが、構造計算を行うものでは、力の流れが比較的明確な金物接合が用いられることが多いです。金物接合に用いられる接合部には、曲げ降伏型接合具であるボルト、ドリフトピン、ラグスクリュー、釘、ビスなどが用いられます。これらの接合具は、いずれも接合部にせん断力が作用した場合に、接合具が木材にめり込むことにより曲げを受け、曲げ降伏する機構をもちます。接合具の降伏モードは、

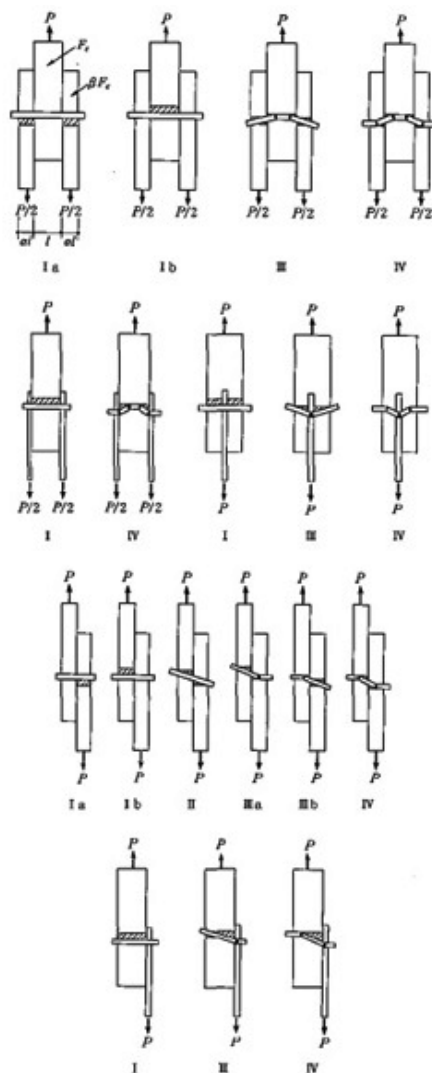


図 4-14 曲げ降伏型接合部の降伏モード (日本建築学会, 木質構造設計規準・同解説)

図 4-14 に示すように材厚と接合具径の比に左右されます。

図 4-14 に曲げ降伏型接合部の降伏モードを示します。材厚・接合具径比が小さい場合、接合具は曲げ降伏することなく、接合具が木材にめり込んで終局に至ります (モード I)。材厚・接合具比が大きい場合、接合具は曲げ降伏し終局に至ります (モード III, IV)。一般に、材厚・接合具比が大きいほど塑性変形が大きく、エネルギー吸収が大きいのです。

1) 単位接合部の短期許容耐力

曲げ降伏型接合部の短期許容せん断耐力 p_a は、接合部の降伏耐力 p_y と終局耐力 p_u を用いて (4-3-2.9) 式で表わされます。

$$p_a = \min.(p_y, 2/3p_u) \quad (4-3-2.9)$$

接合部の降伏耐力 p_y は、(4-3-2.10) 式で表わされます。

$$P_y = C \cdot F_e \cdot d \cdot l \quad (4-3-2.10)$$

p_y : 単位接合部の降伏せん断耐力 (N)

C : 接合形式とその破壊形式等によって定まる
接合形式係数

F_e : 主材の基準支圧強度 (N/mm²)

d : 接合具径 (mm)

l : 主材厚, l' : 側材厚 (mm)

木材の主材および側材よりなる2面せん断接合の接合形式係数 C は, 次の4式のうち最小値をとります。

式中の記号は次による

α : 側材厚 / 主材厚 (l' / l)

β : 側材と主材の支圧強度の比 (F_e' / F_e)

F_e' および F_e : 主材および側材の基準支圧強度 (N/mm²)

F : 接合具の基準強度 (235N/mm²)

γ : 接合具の基準強度と主材の基準支圧強度の比 (F / F_e)

① 木材の主材および側材よりなる2面せん断接合の接合形式係数 C 。次の4式のうち最小値をとる。

モード Ia : $2\alpha\beta$

モード Ib : 1

$$\text{モード III} : \sqrt{\frac{8\alpha^2\beta^2(1+\beta)}{(2\beta+1)^2} + \frac{8\beta\gamma\left(\frac{d}{l}\right)^2}{3(2\beta+1)}} - \frac{2\alpha\beta}{2\beta+1}$$

$$\text{モード IV} : \frac{d}{l} \sqrt{\frac{8\beta\gamma}{3(1+\beta)}} \quad (4-3-2.11)$$

② 木材の主材および鋼板を添え板とする2面せん断接合の接合形式係数 C 。次の2式のうち最小値をとる。

モード I : 1

$$\text{モード IV} : \frac{d}{l} \sqrt{\frac{8}{3}} \gamma \quad (4-3-2.12)$$

③ 木材の主材の中央に鋼板を挿入した2面せん断接合の接合形式係数 C 。次の3式のうち最小値をとる。

モード I : 1

$$\text{モード III} : \sqrt{2 + \frac{8}{3} \gamma \left(\frac{d}{l}\right)^2} - 1$$

$$\text{モード IV} : \frac{d}{l} \sqrt{\frac{8}{3}} \gamma \quad (4-3-2.13)$$

2) 接合部における木材破壊の検定

① 木材の繊維と直角または傾斜する方向の応力を受ける場合の割裂破壊に対する設計

図4-15に示すように荷重角度が θ の場合, 部材が図4-16に示すようにかつ裂またはせん断により破壊することがあります。この場合の終局耐力 (P_{uw}) は, (4-3-2.14)-(4-3-2.16) 式により求めることができます。

表 4-3 各樹種群における支圧強度 (F_e)
(日本建築学会, 木質構造設計規準・同解説)

グループ	樹種	基準比重	基礎指圧強度 (N/mm ²)	
			繊維方向	繊維直角方向
J1	べいまつ・くろまつ・あかまつ・からまつ・つが 等 (比重が0.50程度のもの)	0.42	25.4	12.7
J2	べいひ・べいつが・ひば・ひのき・もみ 等 (比重が0.44程度のもの)	0.37	22.4	11.2
J3	とどまつ・えぞまつ・べにまつ・スプルース・すぎ・べいすぎ 等 (比重が0.38程度のもの)	0.32	19.4	9.7

[注] 1) 接合具の径 (d) は26mm 以下、径が26mm を越える場合は実験等により求める。

2) 釘とねじは荷重方向にかかわらず繊維方向の値をとる。

3) 荷重方向が繊維に傾斜する場合は, 601.4の(6.1)式により求めることができる。

$$P_{uw} = \min (P_{uw1}, P_{uw2})$$

$$P_{uw1} = \frac{2}{\sin \theta} C_r \cdot l \cdot \sqrt{\frac{h_e}{1 - \frac{h_e}{h}}}$$

$$P_{uw2} = \frac{2}{3\sin \theta} \cdot \xi \cdot h_e \cdot l \cdot F_s$$

$$\xi = \frac{|Q_1 - Q_2|}{\max(|Q_1|, |Q_2|)}$$

$$(4-3-2.14)-(4-3-2.16)$$

P_{uw} : 割裂またはせん断破壊による終局耐力 (N)

P_{uw1} : 割裂破壊による終局耐力 (N)

P_{uw2} : せん断破壊による終局耐力 (N)

C_r : 割破壊定数, C_r の値は, J1 : 12.0, J2 : 10.0, J3 : 8.0N/mm² とする

h : 材せい (mm)

h_e : 加力側材縁から最も遠い接合具までの距離 (mm) (図4-15 参照)

l : 主材厚 (mm)

Q' , Q : 応力 P が作用した場合の接合部両側におけるせん断力 (N)

F_s : 木材のせん断基準強度 (N/mm²)

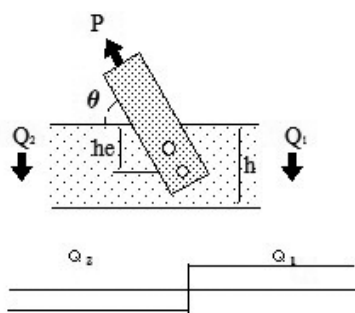


図 4-15 木材の繊維に傾斜する加力（日本建築学会，木質構造設計規準・同解説に加筆）



図 4-16 木材繊維に直交方向応力を受ける破壊

ξ：せん断力比

② 集成型破壊

木材の繊維に平行方向の力を受ける 2 面せん断接合部が図 4-17 および図 4-18 に示す集成型せん断破壊を示す場合の破壊終局耐力 (P_{uw2}) は，せん断面および引張面における応力より (4-3-2.17) 式により求めることができます。

$$P_{uw} = \max \left\{ \begin{array}{l} A_{et} \cdot F_t \\ A_{es} \cdot F_s \end{array} \right. \quad (4-3-2.17)$$

P_{uw} ：割裂またはせん断破壊による終局耐力 (N)

A_{et} ：引張部分の有効面積（先孔による断欠損を除いた値）(mm²)

A_{es} ：せん断の有効面積（先孔による断而欠損を考慮した値）(mm²)

l ：主材の（有効）厚さ（mm），ただし， l が 10d を超える場合は 10d とする

d ：接合具径（mm）

F_t ：引張りの基準強度（N/mm²）

F_s ：せん断の基準強度（N/mm²）

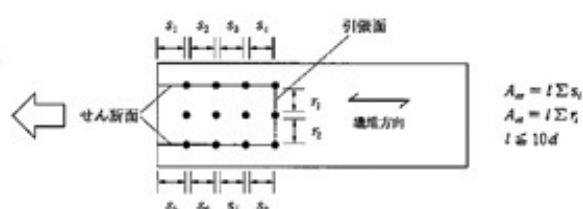


図 4-17 繊維平行方向の応力を受ける接合部の集成型破壊（日本建築学会，木質構造設計規準・同解説に加筆）



図 4-18 接合部における集成型破壊

(5) 各構法における設計

1) 在来軸組構法・枠組壁工法

在来軸組構法では，延べ床面積と階数により構造計算法が異なります。一般に，延べ床面積が 500m² 以下，階数が 2 を越えない建築物では，各階の床面積当たりの有効壁量が屋根の重さと階数に応じて定まる必要壁率を満たしていることを確認すれば，水平力に対する構造計算は省略することができます（建築基準法施行令第 46 条 1 項 4 項）。しかしながら，この規定は住宅の用途を想定したもので，一般の住宅建築と設計条件が異なる学校建築では，このような検定では不十分であり，この条件に収まる建築物であっても，構造計算を行うことが必要となります。

構造計算にあたっては，耐力壁の壁倍率 1 当たりの許容せん断耐力を 1.96kN/m として計算を行います。また，耐力壁の剛性は在来軸組工法では 1/120rad 時の割線剛性を，枠組壁工法では 1/150rad 時の割線剛性を用います。

2) 集成材等による軸組構造

集成材等を用いた構造（令 46 条第 2 項）では，令 46 条の壁量の確認は必要とされませんが，主要な構造部分である柱・横架材に用いることの出来る材料が限られているほか，所定の構造計算が必要となります。

3) 主要な柱・横架材に使用する材料（告示1898号）

① 製材

日本農林規格に適合する目視等級区分構造用製材および機械等級区分構造用製材で、含水率15%以下（乾燥割れにより耐力が低下するおそれの少ない構造の接合とした場合にあっては、20%以下）のもの、または国土交通大臣の指定を受けたもの。

② 構造用集成材

日本農林規格に適合する構造用集成材、または国土交通大臣の指定を受けたもの。

③ 構造用単板積層材

日本農林規格に適合する構造用単板積層材（LVL）。

④ 国土交通大臣の認定を受けたもの

- ・木質接着成形軸材料
- ・木質複合軸材料

4) 構造計算

① ルート1の計算

軸組工法の構造計算フローを図4-19に示します。ルート1の計算は、高さ13m、軒高9m以下の建築に適用されます。

- ・構造耐力上主要な部分ごとに、荷重及び外力によって建築物の構造耐力上主要な部分に生ずる力を求め、長期及び短期の各応力度が、長期に生ずる力又は短期に生ずる力に対する各許容応力度を超えないことを確かめる。
- ・建築物の地上部分については、標準せん断力係数を0.2以上（地盤が著しく軟弱な区域として特定行政庁が指定する区域内における木造の建築物にあっては、0.3以上）によって各階に生ずる水平方向の層間変位を計算し、当該層間変位の当該各階の高さに対する割合（層間変形角）が1/200（地震力による構造耐力上主要な部分の変形によって建築物の部分に著しい損傷が生ずるおそれのない場合にあっては、1/120）以内であることを確かめる。
- ・標準せん断力係数は、0.3以上とした場合は、相関変形角の確認は不要。
- ・偏心率が0.15以下であることを確かめる。偏心率が0.15を越え0.3以下の場合は、 F_e による外力割り増し、捩れ補正を行うか、保有水平耐力の計算を行う。

② ルート2の計算

ルート2の計算は、高さ31m以下の建築に適用されます。

- ・構造耐力上主要な部分ごとに、荷重及び外力によって建築物の構造耐力上主要な部分に生ずる力を求め、長期及び短期の各応力度が、長期に生ずる力または短期に生ずる力に対する各許容応力度を超えないことを確かめる。
- ・層間変位が1/200（地震力による構造耐力上主要な部分の変形によって建築物の部分に著しい損傷が生ずるおそれのない場合にあっては、1/120）以内であることを確かめる。
- ・偏心率が0.15以下であることを確かめる。
- ・剛性率が0.6以上であることを確かめる。
- ・筋かいの応力割増しを行う。

③ ルート3の計算

ルート3の計算は、高さ60m以下の建築に適用されます。

- ・構造耐力上主要な部分ごとに、計算した長期及び短期の各応力度が、長期に生ずる力または短期に生ずる力に対する各許容応力度を超えないことを確かめる。
- ・国土交通大臣が定める場合においては、構造耐力上主要な部分である構造部材の変形または振動によって建築物の使用上の支障が起こらないことを確かめる。
- ・層間変位が1/200（地震力による構造耐力上主要な部分の変形によって建築物の部分に著しい損傷が生ずるおそれのない場合にあっては、1/120）以内であることを確かめる。
- ・建築物の地上部分について、標準せん断力係数を1.0として計算した各階の水平力に対する耐力（保有水平耐力）が、必要保有水平耐力以上であることを確かめる。必要保有水平耐力 Q_{un} は、(4-3-2.18)式で求めます。

$$Q_{un} = D_s F_{es} Q_{ud} \quad (4-3-2.18)$$

Q_{un} ：各階の必要保有水平耐力（kN）

D_s ：各階の構造特性を表すものとして、建築物の構造耐力上主要な部分の構造方法に応じた減衰性および各階の靱性を考慮して定める数値

F_{es} ：各階の形状特性を表すもの

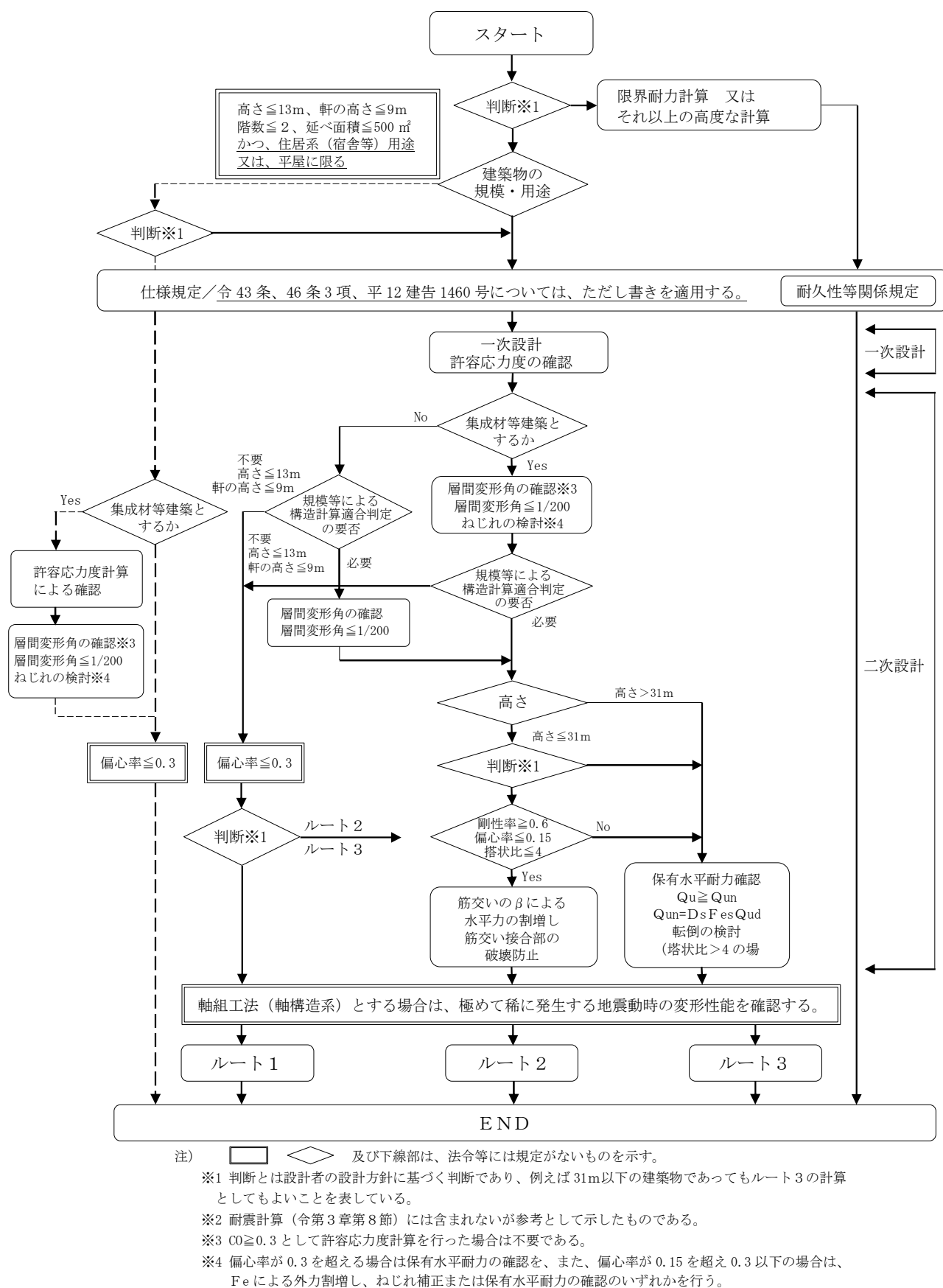


図 4-19 軸組工法における構造計算のフロー（国土交通省大臣官房営繕部，木造計画・設計基準の資料，平成 29 年版）

4-2-4 JIS A 3301 による学校校舎

(1) 法令上の位置付け

JIS A 3301 は、建築基準法施行令第 48 条第 2 項第二号に規定する「国土交通大臣が指定する日本工業規格」として、平成 12 年建設省告示第 1453 号に定められた規格であるため、JIS を適用して設計した場合は、同令第 48 条第 1 項各号の規定は適用外となります。ただし、JIS の適用範囲を超える建物については、JIS を準用して設計した場合であっても同令第 48 条第 1 項各号の規定が適用されます。また、それ以外の規定や法令等については、JIS を適用して設計した場合であっても同令第 46 条第 2 項第一号に基づく構造計算など、通常時と同様に適用を受けることになります。特に、基礎や防火壁、屋外階段等の設計など、JIS に規定されていない事項については、関係法令等に基づいて設計・施工する必要があります。

(2) 適用範囲

JIS A 3301 は、建築基準法において耐火構造及び準耐火構造が要求されない規模に対応しており、平屋建て及び 2 階建て、軒高 9m 以下、最高高さ 13m 以下で、1 棟あたりの延べ床面積が 2,000m² 未満です。また、屋根勾配が 3～4.5 寸、

軒の出が 1.2m 以下、GL から土台天端までが 1,400mm 以下、横架材天端間高さが 3,650mm 以下となっています。

荷重条件は、積雪荷重条件に基づいて 1 級（一般区域、垂直積雪量 30cm 以下）、2 級（一般区域、垂直積雪量 90cm 以下）、3 級（多雪区域、垂直積雪量 100cm 以下）、4 級（多雪区域、垂直積雪量 150cm 以下）とし、地震力、風圧力、固定荷重は以下の値を想定しています。

・地震力：標準せん断力係数 $C_0=0.25$

（重要度係数 1.25 を考慮）

・風圧力：基準風速 $V_0=40\text{m/s}$ 以下

・固定荷重

屋根：水平投影面に対して 1,430N/m² 以下
3 級及び 4 級は水平投影面に対して 990N/m² 以下

2 階床：1,500N/m² 以下

外壁：1,100N/m² 以下 内壁：700N/m² 以下

(3) ユニットの種類と組合せ

1) ユニットの種類

昨今の学習形態の多様化、及び教室との一体利用が可能な多目的スペースにも対応可能な自由度の高い平面計画の実現という方針に基づ

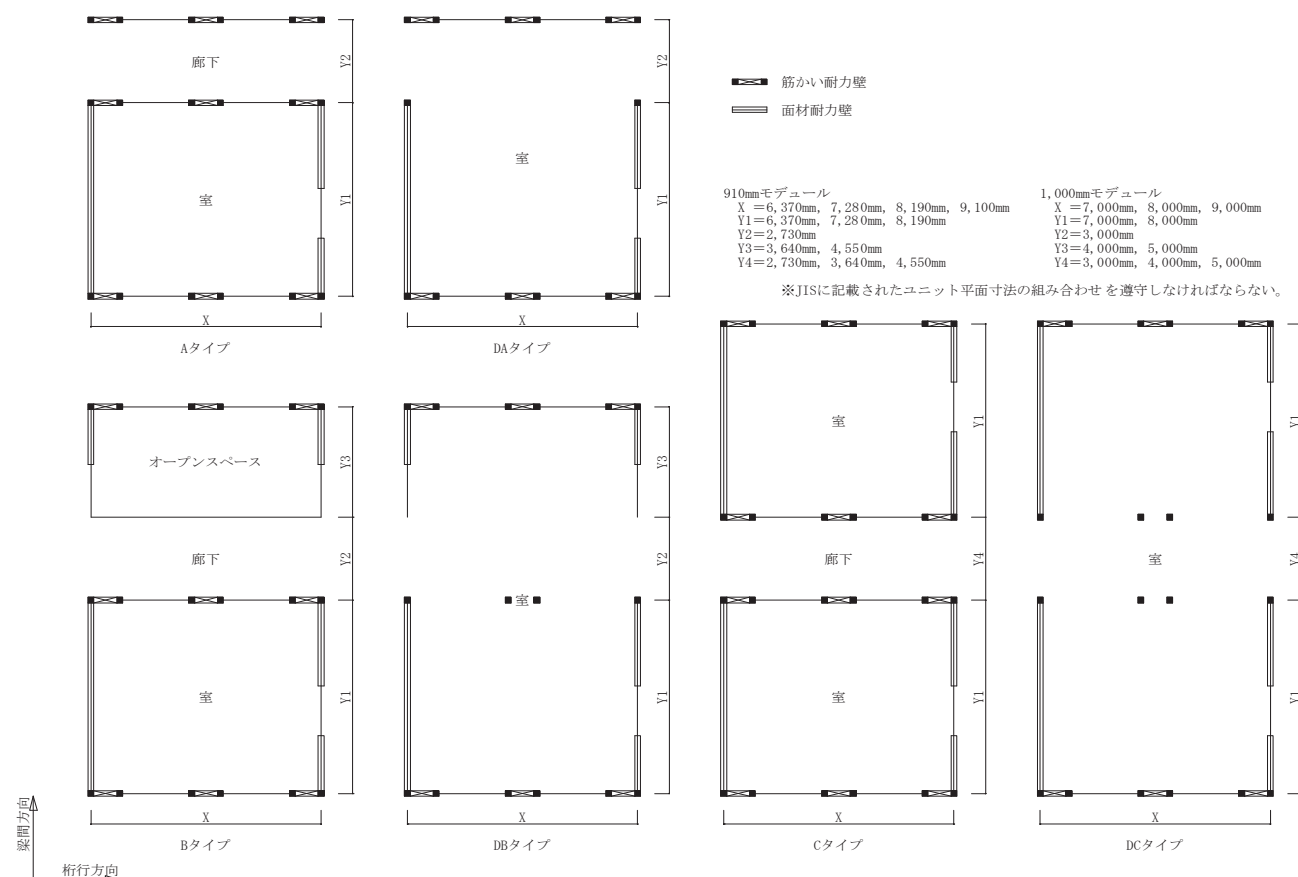


図 4-20 ユニットの平面形状の種類

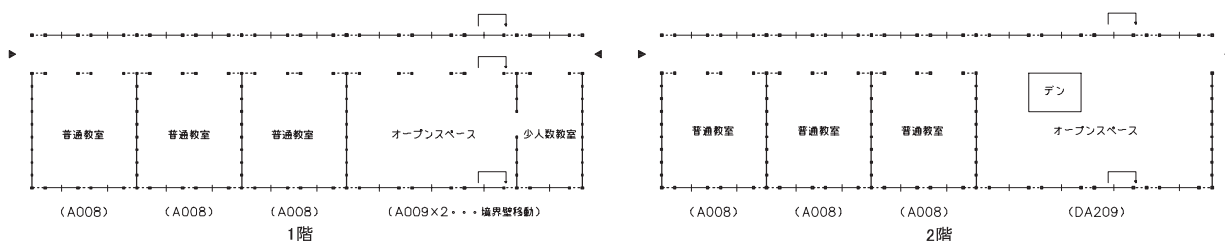
き、ユニットの平面形状には、Aタイプ（片廊下型）、Bタイプ（廊下と一体となった多目的スペースをもつ型）、Cタイプ（中廊下型）、各タイプの廊下と教室間の耐力壁を撤去したDタイプ（大部屋型）の四つが設定されています（図4-20）。加えて、各タイプともにXY方向の寸法に多くのバリエーションを有し、全体で522通りのユニットプランとなっています。なお、ユニットは単体であっても構造的に成立するように柱・梁・トラス・耐力壁・水平構面が配置されているため、JISに記載された仕様を遵守しなければなりません。

2) ユニットの組合せ

ユニットを桁行方向に並列配置することで、普通教室群、特別教室群、管理諸室などのブロッ

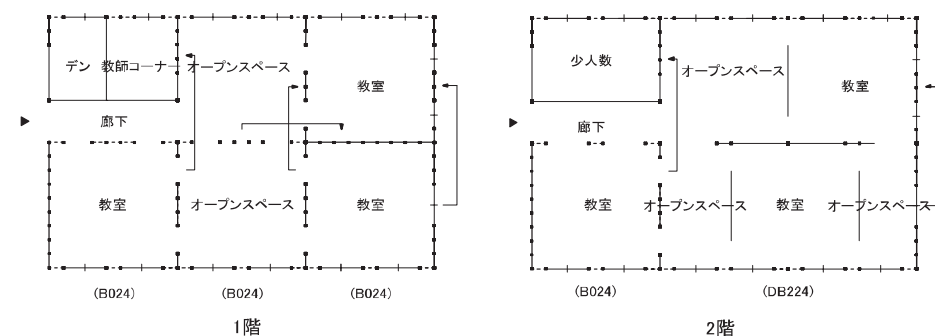
クプランが計画でき、学校計画の個性化、学習形態の弾力化・多様化に対応することが可能です。組合せの前提条件として、耐火建築物及び準耐火建築物の校舎とはならないよう、2,000m²毎の別棟区画、並びに、1,000m²以内での防火区画を設ける必要があります。そのために、ブロックプランも平屋・2階建てともに1,000m²以内に納まる計画となります。

図4-21は、各ユニットの特性を踏まえつつ組合せたブロックプランの一例です。ユニットは、主に構造的・構法的な制約から、①同一タイプの同サイズのユニットを桁行方向に連結②上下階でも同一タイプ、同サイズのユニットを積層③Dタイプは平屋または2階に配置し、連続並置は不可④上下階での耐力壁や柱の位置



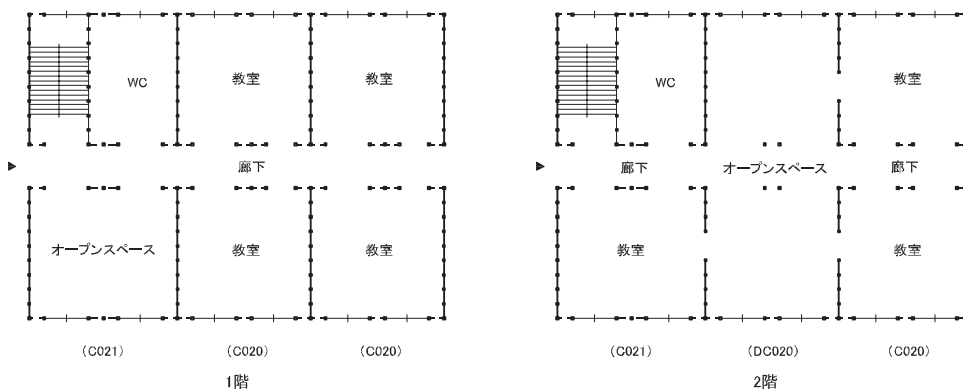
Aタイプ片廊下型教室廻り

1階は、境界耐力壁の横移動により、1.5教室分の広さのOSと半教室分の少人数教室を確保し、複数学級共用の場とする。2階は、2ユニット連結の大部屋型により、より開放的なOSとし、簡易間仕切りにより分節化を図る。



Bタイプ多目的スペース型教室廻り

梁間方向の深さを活用し耐力壁の大幅な横移動により、変化のある教室配置と、教室・OSの連続、一体性を高める計画。2階は、2ユニット連結の大部屋型（DB）と簡易間仕切りによる多様で自由な教室・OSの配置。



Cタイプ中廊下型教室廻り

1階は、視覚的な連続性のある対面性を活かして一室をOSに転用する。2階は大部屋型によるOSとし、開放性や教室との連続性を高める。

図4-21 ブロックプランの組み合わせ例

の一致⑤階段や吹き抜けの配置の考慮⑥図書室は2階には配置できない等、配置基準として一定の原則が設けられています。その一方で、⑦耐力壁の位置、仕様の変更や簡易間仕切り壁の追加が可能という原則を活用し、オープンなDタイプと組み合わせることで、機能的で自由度の高いブロックプランの構成と変化に富んだ教室廻りの計画や全体計画が可能となります（図4-21のBタイプ）。

(4) 仕様材料

木材などの材料の品質については、“公共建築木造工事標準仕様書”6章〔軸組構法（軸構造系）工事〕を参考に、軸組材料や面材料等の品質が規定されているので、JISに記載された仕様を遵守しなければなりません。

(5) 耐力壁

耐力壁には、高耐力を有する面材耐力壁（短期許容せん断耐力 29.6kN/m）と視線や光が透過する筋かい耐力壁（短期許容せん断耐力 21.6kN/m）が用意されています。

面材耐力壁は、12mm厚の構造用合板を両面からN50釘により柱及び横架材に60mmピッチで千鳥打ち、間柱に90mmピッチで釘打ちとした両面張りの大壁仕様です。筋かい耐力壁は、筋かいの角度を45°程度で各段の角度を全て同一とした図4-22に示す仕様です。内法寸法 2,810mm

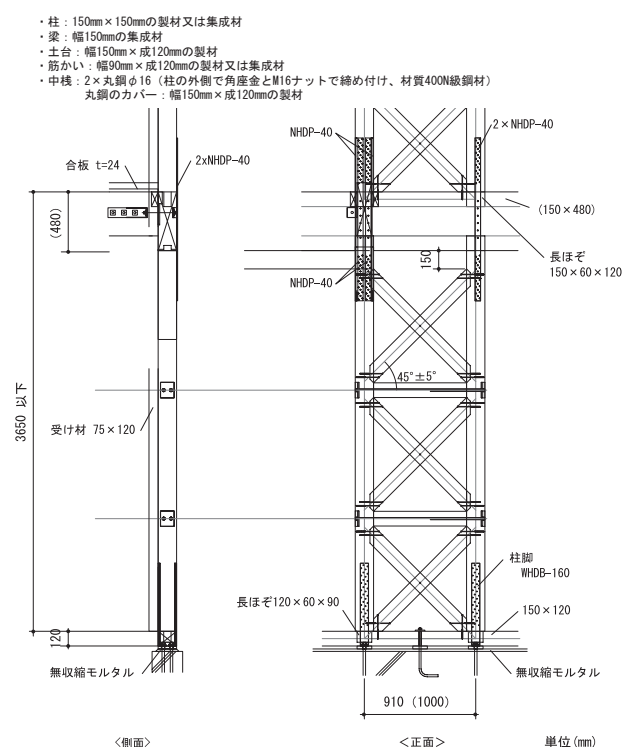


図 4-22 筋かい耐力壁の概要図

以上では3段、内法寸法 2,810mm 未満では2段となります。両耐力壁ともに大きさが制限されており、高さは 1,800mm ~ 3,650mm、柱間隔は 900mm ~ 1,000mm です。耐力壁の許容せん断耐力が非常に高いことから、柱脚柱頭接合部には非常に大きな引張力が作用することになるため、1階柱脚と基礎緊結用の金物（短期許容引張耐力 160kN）及び2階柱脚と1階柱頭緊結用の金物（短期許容引張耐力 40kN）が用意されています。耐力壁及び接合金物は、いずれも指定性能評価機関において試験を行い、試験結果に基づき短期許容耐力を評価したものです。そのため、JISに記載された条件と仕様を遵守しなければなりません。

(6) 水平構面

水平構面の仕様は、耐力壁線間の距離が大きいユニットにも対応するため、2階床水平構面は構造用合板 t24mm 又は t28mm を N75@75mm 目の字打ちで直張りした仕様（短期許容せん断耐力 14.1kN/m）、屋根水平構面は構造用合板 t24mm 又は t28mm を N75@75mm 目の字打ちで直張りした仕様（短期許容せん断耐力 13.5kN/m）としています。また、Dタイプの屋根及び多雪地域の屋根は、より大きな剛性及び耐力が必要となるため、釘打ちを @50mm とした仕様となります。

(7) 小屋組トラス

小屋組トラスは、各ユニットに対応した図4-23に示す4種類のトラスの形状が用意されています。各トラスは、屋根勾配が3~4.5寸、トラスのスパンが片流れトラスの①③④で最大 8.19m、キングポストトラスの②で最大 11m です。トラスの各部材は、基本的に製材又は集成材を用いますが、トラスの実大試験等で頻繁に見られた木材の脆性的な破壊を回避するため、陸梁については製材の使用を避けて集成材を用いる仕様となって

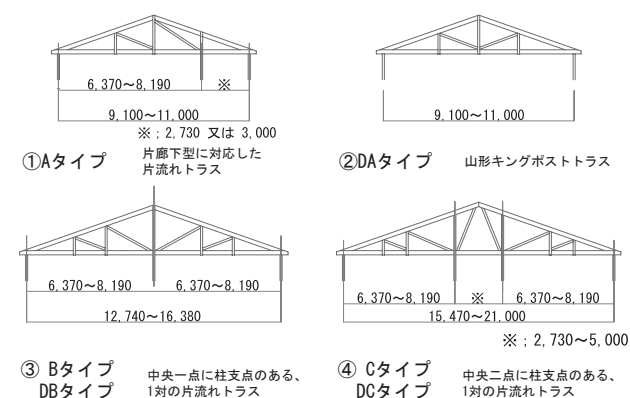


図 4-23 小屋組トラスの種類と対応するユニット



図 4-24 小屋組トラスを用いた空間の例

います。学校校舎ではありませんが、図 4-24 が倉庫に用いた一例です。

(8) 木造校舎の設計例

図 4-25 に平屋建て (6 クラス)、図 4-26 に 2 階建て (12 クラス) の小学校 (特別支援学級を含む) の計画を 1 例ずつ示します。教室周りには多様な学習形態に対応するオープンスペースや少人数教室を有します。防耐火に係る法規制に対応する $2,000\text{m}^2$ 未満の棟とそのつながりにより構成し、床面積が $1,000\text{m}^2$ を超える棟は防火壁によって分割しています。設計例では敷地を設定していませんが、実際の設計では敷地内の通路 (建築基準法施行令第 128 条第 2 項) にも留意して計画する必要があります。

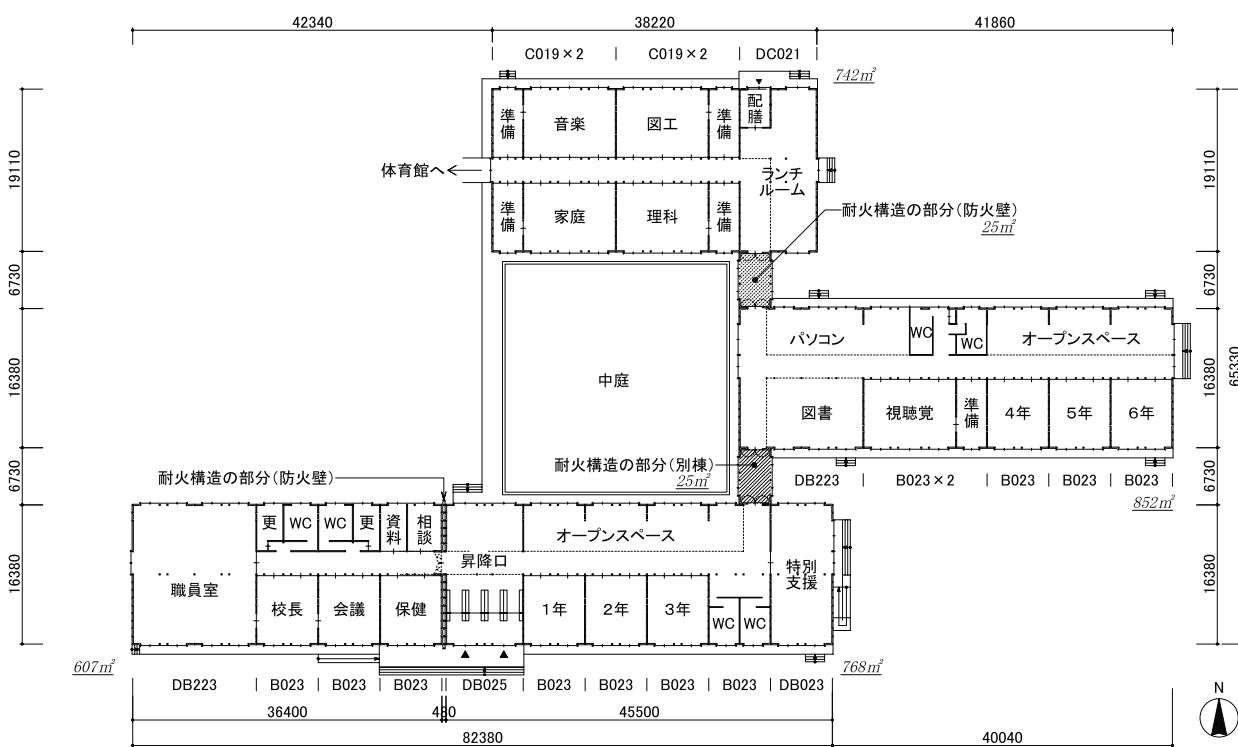


図 4-25 平屋建ての木造校舎設計例



図 4-26 2 階建ての木造校舎設計例

4-3 設備設計

4-3-1 設備設計概要

設備設計は、低炭素社会を目指すことを念頭に置きながら機能性・利便性・快適性を目指したうえで効率性・安全性・信頼性を重視したものとします。また、パッシブなエネルギー利用を基本としてエネルギーコストの低減と共にメンテナンスコストの低減を目指すことが重要です。

(1) 安全性

児童の安全や健康に支障が生じることが無いように、十分な防災性や安全性を考慮して設計することが重要です。また、機器や操作装置に設置位置や高さには十分注意して計画します。機器の設置や配管の取り付け等は、地震等によって落下や転倒により危険が生じないように計画し設計することが重要です。

木造の校舎においては、配管の吊りボルトなども木材に設置することになる為、取り付けにあたってはビスと木材の強度に注意して脱落や破損などがないように設置することが必要です。

(2) 信頼性

安定した性能の機器を選定すると共に、それを制御する安定したシステムを設計することが重要です。また、運用エネルギーを測定するなど記録し分析できるようにすることも必要です。

配管などは、構造体の変形に柔軟に追従することが出来るよう、耐震性能に配慮し配管・配線を設計することが重要です。

木造の校舎においては、防火区画を設置する為に EXP-J を設置する事が多い為、木造の変形量や異種構造体の変形量に注意して柔軟に追従する

計画とします。

(3) 機能性

平面計画や各室計画を総合的に計画し、設計することが重要となります。その後の改修工事に柔軟に対応できるフレキシブルな計画であると共に、誰もが使い易いバリアフリーな計画とすることが望ましいです。

環境教育に直接寄与する設備や計測機器を設置し、環境配慮に対して児童生徒の興味を引き出す計画とすることも必要です。

地震や災害時における飲料水や電源等を確保する為に、貯水槽や水泳プールへの浄水機能の設置や井水設備、また自家発電設備や便所などの設置を検討します。

(4) 利便性

各室の利用状況に応じて利用者が各設備を運転停止や調整など操作できるように留意し計画します。空調は部屋の分割利用に考慮することや照明は外光が入る窓側を消灯することが出来るように計画する等、利便性に配慮することが重要です。

木造の校舎においては、構造体を露出させる場合が多いため、隠蔽しない場合には配線や配管は設備ラックに統合して配置する等美観と利便性が両立するように計画します。また、配管配線を隠蔽する場合には、壁や床下等内部に設置する場合にも更新や増設に対して柔軟に対応できるように計画します。

(5) 効率性

各室の利用状況に応じてエネルギーを効率的に供給できるよう、平面計画及び各室計画を併せて検討し設計します。

設備機器やシステムは、環境負荷の低減に配慮して計画します。設備選定の際には、学校特有の休暇期間中の運用にも考慮します。

給排水については、節水型機器の導入や、雨水の便所洗浄水や校庭散水への利用、プール水の循環利用など水資源を無駄なく有効に活用することを検討します。

学校では、エネルギーコストの中で照明エネルギーの占める割合が大きいため、自然採光を行うことや照度や輝度差を小さくすることで照明の点灯時間や出力を減らす工夫等を行うことが望ましいです。

木造の校舎では、屋根に勾配を設ける事が多いため、日照時間の長い地域では、屋根面で太陽熱集熱し補助熱源とすることで暖房のエネルギーコ

ストを削減することも検討します。また部屋の気積が大きくなる為、室内の上下温度差を解消するようファンなどの設置を検討します。

(6) 快適性

各室の利用状況に応じて、出来るだけ均一で快適な環境が得られるよう計画します。

室内で極端な温度差や照度部分の差が出来ないように注意します。学校施設においては、学年毎やゾーン毎に冷暖房の区画が出来るよう工夫するなど、エネルギーコストと快適性の両立を目指します。

(7) 美観

鉄筋コンクリート造では躯体や壁の中に配管等を打ち込むことや、設備機器を天井内に隠蔽していますが、木造の校舎では構造を現す場合もあり、設備機器の配置・配管・配線のルートをあらかじめ検討しておくことが重要です。

4-3-2 電気設備

(1) 照明設備

各室の照明器具の配列や位置は、適正な照度が得られるよう適切に設定することが重要です。また、照明設備は光源が直接児童の目に入らないような位置に配置します。ICTの設備で映像機器を使う部屋については照度が調整できるように計画する事や、ICTの機器には光源の映り込みが無いように照明器具を配置します。

また、照明設備については、落下防止措置を行うと共に破損防止の措置を行います。

木造の校舎で、構造躯体を露出させる場合には躯体の割付と照明器具の取り付けピッチや配線や配管に関しても意匠に配慮する必要があります。

(2) 電力設備

各室のコンセントについては、教育機器の種類や数、使用電力量を把握したうえで適切な個所に設けます。フロアコンセントを設ける場合には、カバーの破損などに配慮したものを設ける事とします。

学校のエネルギー消費を細かく分析すると、ベースとなる消費エネルギーとしてコンセントによるエネルギー消費が大きい割合となっています。コンセントに接続されている機器の中には大きな待機電力を消費するものもある為、複雑な初期設定や時計・タイマー等の機能がないものは待機電力が節約できるように検討することも必要です。また、安全性に考慮して出来る限り漏電遮断

器を設ける事も必要です。木造の校舎では、コンセントボックス廻りの防火性や気密性に配慮する必要があります。

受変電設備については、電力使用量を常に把握出来るよう配慮します。

(3) 情報通信設備

校内放送などの設備を設置する場合には、受信する各室における映像の選択や調整に留意します。モニターなどの受信設備は、窓や照明に配慮し適切な位置に配置すると共に、台や壁・天井などに堅固に取り付けることとします。

拡声器などは、利用目的に応じ可聴範囲に留意したうえで適切な位置に配置します。また、受信側で音量を任意に調整することが出来るようにします。屋外に設置する拡声器については、その音響が周辺へ支障を及ぼすことがないように位置や向きに十分配慮すると共に、小出力のものを複数個設置するよう検討します。

ICT 設備については、利用の目的に応じ必要な回線を確保出来るようシステムを検討し導入します。ネットワークについては、有線によるものと無線によるもののメリットを比較し、情報漏洩に十分配慮したうえで設置します。

4-3-3 給排水設備

給排水の配管については、メンテナンス性や構造に配慮し主な縦配管は出来るだけ平面的な位置の移動がないよう同じ位置に積層させて設置することが重要です。

受水槽は、学習、生活等において利用する水の量を適切に算定し適切な位置に設置します。便所の便器や洗面などの給水設備については、泡沫型等の節水型機器を選ぶと共に、災害時の利用にも考慮して、グラウンドへの散水や便所の洗浄水には井水などの利用についても検討します。

木造の校舎においては、防蟻等の観点から雨水排水については、基礎及び建物周辺が湿潤な状態にならないよう、表面の勾配に十分考慮することや適切な排水をすることが重要です。

4-3-4 空調設備

地域の気象条件、建物規模、設備を必要とする各室・空間の面積、形状、利用目的及び時間、健康面への配慮、維持管理等の諸条件を総合的に検討し、設計することが重要です。パッシブなエネルギー利用を心掛け、空調エネルギーについては、

自然換気により室内環境を快適に維持することを前提に設計します。日照時間の多い地域では太陽熱を使うことや、基礎のピットの地中熱により与熱・除熱すること等地域の気候に合わせ計画することが重要です。

(1) 冷暖房設備

冷房などを前提に計画する場合には、電気やガス熱源機器などを使う方法以外に地下水との熱交換や氷室を設けた熱交換など様々な地域の特徴を活かしたエネルギー利用を検討します。

木チップやペレットが入手し易い地域では、ボイラーによる暖房や木質ペレット焚冷温水機による冷暖房などの利用も検討することが望ましいです。

木造の校舎では、面積区画や学年のゾーニングなどを上手く利用して適切にゾーニングすることで、冷暖房の範囲が適宜調整できるよう配慮します。また、操作・制御装置は、操作しやすい仕様とし適切な位置に配置すると共に、配管経路についてもメンテナンスに十分配慮します。

(2) 換気設備

換気設備については、利用人数や利用形態に合わせて適切な換気量を設定し、換気設備を設ける事が重要です。

全熱交換機や熱回収式外調機を用いる等して、換気によるエネルギーロスを最小限にして省エネルギーな計画とすることも検討します。

木造の校舎においては、気密性の確保に十分配慮します。また、屋根型のある空間では夏季には頂部に溜まった空気を排気し、冬季には暖まった空気を還流することも検討します。

4-3-5 防災設備

自動火災報知機や、非常用押しボタン等の警報設備は、火災を早期に感知し、教職員・児童・生徒や消防機関等に迅速に通報できるよう建物規模に応じて適切に設計することが重要です。

木造の校舎では、梁の高さにより必要以上に警戒区分が細分化されないよう配慮が必要となります。

屋内消火栓設備等の消火設備は、火災発生時に適切に消化し被害を最小限に抑えることが出来るように建物規模に応じて適切に設計します。

木造の校舎では、避難設備などについては、形成する区画にあわせ、火災時における児童生徒の安全な避難を確保することが出来るよう、建物規模

や児童生徒の人数などに応じて適切に設計します。

防火区画については、避難動線上にシャッターを設ける場合には、閉鎖作動時の危険防止機構の設置とあわせ注意喚起装置を設置することが望ましいです。

4-3-6 その他設備

(1) 昇降機設備

エレベーターの設置にあたっては、障がいのある児童・生徒、教職員の在籍状況、地域住民の利用、学校給食などの物品運搬等を総合的に計画し、位置、規格等を計画し設計することが重要です。

木造校舎でのエレベーター設置にあたっては、

木造の躯体に直接設置することが難しいため、通常のエレベーター設置に必要な寸法より大きくなるので注意が必要です。

(2) 廃棄物処理施設

ごみのリサイクルの推進のため、ごみの保管場所や分別のための場所についても計画することが有効です。

また、ごみの減量化、環境教育の教材として、生ごみの堆肥化のための施設も有効です。

参考文献

- 1) 文部科学省「小学校施設整備指針 第8章設備設計」

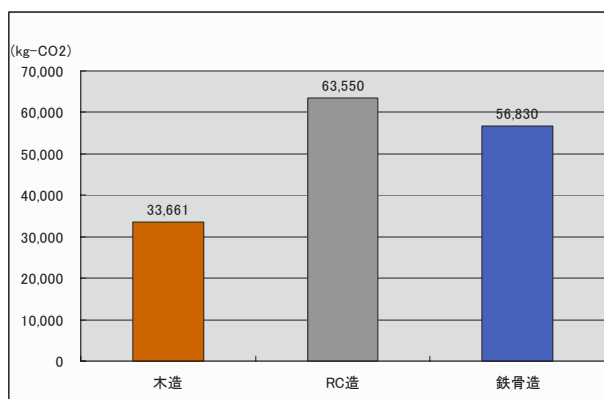
4-4 環境設計

4-4-1 環境設計概要

COP21 のパリ協定により、世界の情勢は低炭素社会から脱炭素社会に向かって大きく前進し、脱炭素革命の始まりともいわれています。CAT（クライメートアクショントラッカー）によると、日本の削減目標（2030年に2013年比26%削減）は「不十分」と評価され、積極的に提言活動などを行っている日本気候リーダーズ・パートナーシップも少なくとも2013年比37%以上の削減とすることが望ましいと発信しています。今後の全体目標の検証結果を受けて、より高いレベルの目標に更新できるかがカギです。カーボンニュートラル社会を目指す低炭素化をさらに深化させて脱炭素社会を目指すというところまで世界は深化し、二酸化炭素の発生源である石油や石炭などの化石燃料をできるだけ使わないことと同時に、自然エネルギー利用へ脱却することが求められています。低炭素社会とは、エネルギー効率の改善やエネルギー供給における低炭素化を通じ、エネルギー需要への対応、豊かな生態系や生物多様性の維持、異常気象や気候変動によるリスク対応など、持続可能な社会に取り組む社会です。

これまでに培ってきた最先端の省エネ技術などを活かして、エネルギー効率の改善やエネルギー供給における低炭素化を推進し、こうした世界に

(図4) CASBEEにおける住宅1棟(床面積125.86㎡)を建設する際の構法別製造時二酸化炭素排出量(kg-CO₂)



(それぞれの寿命を乗じると、各レベルともほぼ同じ値をとることから、図3ではレベル3の値のみを表示している。)

図4-27 CASBEEにおける住宅1棟を建設する際の後方別製造時CO₂排出量比較(木造とRC造、S造とのLCCO₂比較)¹⁾

における課題の解決に貢献するとともに、それが住まいの快適性の向上や化石燃料への依存度の低減、新たな技術開発に基づく産業の創造などを通じ、国民の生活水準や産業の活力の向上に繋がるよう、社会全体で取り組んでいく必要があります。

必要とするエネルギーをどこまで最小化できるかを考え、パッシブ型設計技術を基本としたゼロエネルギー化への取り組みを積極的に行うことが重要です。木造学校建築は素材の断熱性能の高さと樹木の成育時のCO₂吸収による光合成の仕組

みから生涯 CO2 発生量 (LCCO2) が少ないことなどから、また、スウェーデンのバクショーやドイツのフライブルクのような木造都市化の流れは日本においても技術革命と法制度改革と共に今後の木造建築・学校の未来を示しているように感じられます。

(1) 国の環境政策 ZEB ロードマップと木造の学校

平成 22 年に行われた国交省・経産省・環境省合同の「低炭素社会に向けた住まいと住まい方」委員会は、平成 21 年のラクイラサミットで先進国は 2050 年までに目標とした 80% の CO2 削減に至るロードマップを検討しました。建築物については、平成 26 年に閣議決定した「エネルギー基本計画」において、「平成 32 年までに新築公共建築物等で、平成 42 年までに新築建築物の平均で ZEB (ゼロエネルギービル) を実現することを目指す」とする政策目標が設定されています。

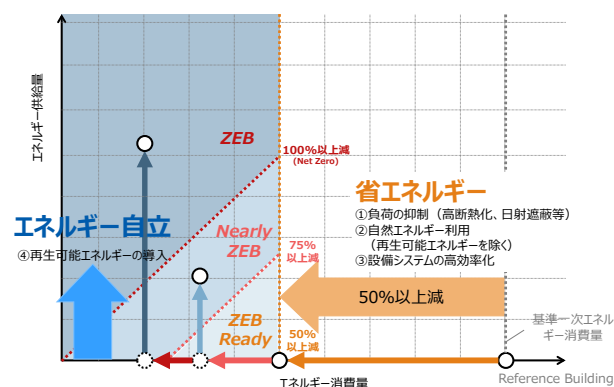


図 4-28 ZEB 定義 (イメージ) 2)

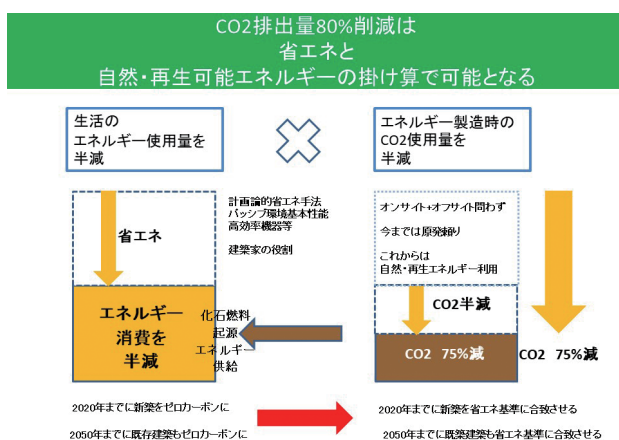


図 4-29 75% 削減を実現するためには 50% の省エネに加え、50% の脱 CO2 エネルギー利用 (小林光提案中村勉作成)

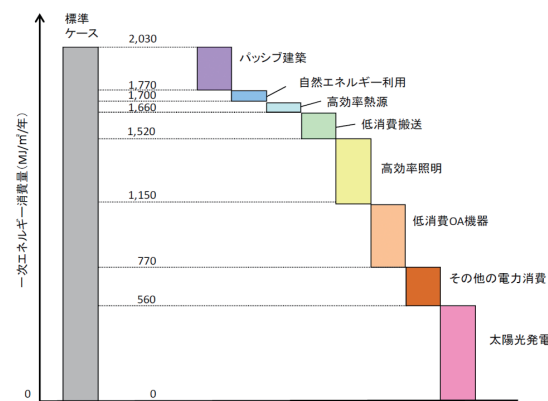
ZEB の定義としては、パッシブ型省エネ技術を基本とした省エネを 50% 以上行い、再生可能エネルギーを加えるところで一次エネルギー消費量の 100% をゼロにするネットゼロエネルギービル、75% 以上のニアリーゼロエネルギービル、50% 以上の ZEB レディの 3 種類があります。さらにマイナスとなる建築をポジティブエネルギービルと定義しています。(図 4-28 参照)

(2) ZEB を達成するための必要技術

図 4-30 は資源エネルギー庁の ZEB の実現と展開についての研究会で示された技術です。

ここではパッシブ建築について、新規断熱材料等による高断熱・遮熱、室内空気改善技術に加え、真空断熱技術（熱損失係数 $0.4\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{k}$ 程度）、外部可動日射制御システムの開発があげられています。ここでは図 4-30（平成 21 年事務所ビル）のように約 20 ~ 40% の省エネ化が想定されています。また、次頁の表 4.4 は学校を ZEB 化するための設計試算例です。

都市部の学校では冷房化が進んでいるため、冷房を行う他施設のガイドラインを参照することも必要です。



出所) ZEB の実現と展開に関する研究会 (平成 21 年 11 月)

図 4-30 ZEB の実現と展開

(3) 高効率機器等の導入

高効率機器等の導入による省エネ化については、一部の製品について近年の開発が目覚ましい。・高効率熱源として、2009 年時点より 2 割程度高効率な熱源の開発に加え、次世代給湯用蓄熱をあげています。学校建築では、高効率ヒートポンプや躯体へのパッシブ蓄熱などが考えられます。

・低消費搬送としての、インバーターの全面的活用、高効率モータ、高効率ポンプ、低摩擦損失

表 4-4 ZEB 化の設計試算例

＜学校（一次エネルギー消費量試算）＞

地域区分：6 地域 構造：鉄筋コンクリート造

延床面積：20,024㎡（建築面積：4,000㎡） 階数：地上 4 階 地下 1 階⁷

検討 Case		A：平成25年基準相当	B：ZEB Ready
外皮	窓仕様	単層透明ガラス 5mm	LowE 複層ガラス (12+中空層12+12mm)
	屋根断熱	押出法ポリスチレンフォーム 保温板 1 種 50mm	押出法ポリスチレンフォーム 保温板 3 種 50mm
	外壁断熱	押出法ポリスチレンフォーム 保温板 1 種 25mm	押出法ポリスチレンフォーム 保温板 3 種 25mm
空調	熱源種別 (中央)	EHP	左記同様
	(個別)	空冷 HP	左記同様
	COP (中央)	3.2 / 3.4	3.4 / 3.8
	二次側 送水温度差	7℃差送水 台数+INV 制御	-
	空調方式	空調機 定風量方式	屋内機
	全熱交換器 主要室系 個室系	全熱交換器	左記同様 空調換気扇
換気	制御	標準モータ 制御なし	高効率モータ (一部) 温度制御 (一部)
照明	器具	Hf 相当	Hf LED ダウンライト
	制御	制御なし	在室検知制御 (便所等) 初期照度補正／昼光利用 (教室等)
給湯	熱源機 中央給湯	温水ヒーター	温水ヒーター(潜熱回収)／給湯 HP
	COP (1 次)	0.84	0.92 / 1.51
	個別給湯	小型電気温水機	左記同様
	COP (1 次)	0.37	左記同様
	節水	なし	左記同様
保温	保温	・管径50mm 未満： 保温材厚さ20mm 以上 ・管径50mm 以上125mm 未満： 保温材厚さ25mm 以上 ・管径125mm 以上： 保温材厚さ30mm 以上	左記同様
	昇降機 制御	交流帰還制御	VVVF (電力回生あり)

配管サイズ，ダクトサイズが事務所ビルではあげられますが，学校施設では面積的に広い空間へのエネルギー搬送は現実的ではなく，トレンチや躯体チャンバーなどの躯体による搬送を検討することに効果があります。

- ・高効率照明として，平成 21 年時点の消費電力量の 1/3 の高効率照明器具（発光効率 150lm/W）の開発と照度設定，調光や点滅制御の全面的採用に加え，発光効率 200lm/W・寿命 6 万時間の LED 照明の導入，次世代照明（マイクロキャビティ，クラスター発光，蓄光技術，高伝送技術等）の導入開発の促進を挙げています。学校建築では，人感センサーやタスクアンビエント照明による局部利用も効果的です。
- ・低消費 OA 機器についてはこれからの学校に

おける AI 化，タブレット化などの流れが大きく，これまでのエネルギー消費のバランスが偏ってくる傾向がみられます。この対策に関して高効率ディスプレイ（消費電力量 1/3）の導入などの検討が必要です。

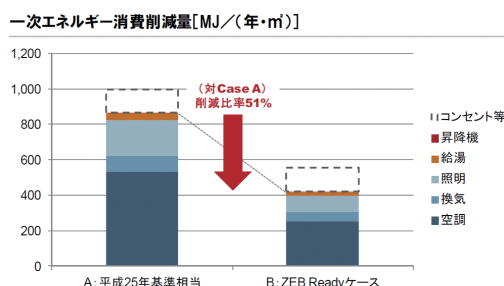
- ・太陽光発電は，屋上面積の 2/3 に，2 倍の変換効率のパネルを設置することや，モジュール変換効率 25% の太陽光発電設備などが期待できます。

これらは ZEB 要素技術の技術開発動向として紹介されているものです。

(4) ゼロエネルギーの設計手法

設計手法としては，企画・計画の段階で省エネすることを考えておくべきという手法から，外部環境を緑化，水景化により冷涼化し，建築にも温

暖な環境を都市として作る方法、そして建築の躯体性能としてのパッシブ型環境性能手法、建築設備の高効率化による省エネ手法などがあり、これらを駆使して50%以下のエネルギー消費に繋げることが必要となります。これに太陽光・太陽熱などの再生可能エネルギーを加えて、ゼロエネルギービル ZEB となります。



省エネルギー基準（平成25年1月公布）及び低炭素建築物の認定基準（平成24年12月公布）の告示に沿った計算方法（プログラム等）のモデルビル（学校）による試算結果

日本の対応：地球温暖化対策計画 (2016年5月13日閣議決定)

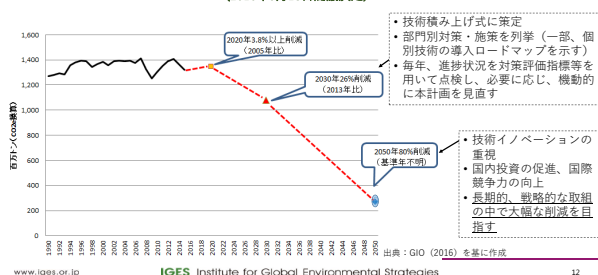


図 4-31 ZEB ロードマップ検討委員会および地球温暖化対策計画³⁾ (2016年5月13日閣議決定)

(5) 学校施設のゼロエネルギー化

学校施設のゼロエネルギー化の実現に向けて（文科省・国交省 学校ゼロエネルギー化に向けて2012年）、次の視点から徹底的な取り組みを行う必要があります。

1) エネルギー使用状況から重点対象を決定する

学校施設のエネルギー消費構造に係る特徴、学校の利用状況等を勘案し、以下の項目について徹底的に対策を検討する必要があります。

視点1. 徹底的な省エネルギー

① パッシブ手法で出来る限りの負荷抑制

1. 照明エネルギー消費量の削減
2. 暖冷房エネルギー消費量の削減
3. 換気エネルギー消費量の削減

② アクティブ手法で出来る限りの省エネルギー化

視点2. 省エネと創エネの最大目標値を設定する

視点3. 創エネ等によるゼロエネルギー化

視点4. 的確なエネルギーマネジメント

ライフサイクルでの経済性（初期投資額の増加、光熱水費の削減、メンテナンスコストの増額等）に配慮し、現状から、省エネルギー量と創エネルギー量の目標値を設定する必要があります。

(6) エネルギー消費状況

学校施設の建物床面積1㎡当たりの一次エネルギー消費量（エネルギー消費原単位）でみると、小中学校370MJ/年・㎡、高校415MJ/年・㎡、大学1,023MJ/年・㎡等となります。他の用途の施設では、例えば、商業施設4,412MJ/年・㎡、事務所1,862MJ/年・㎡であり、例えば、商業施設と比較して学校施設の年間の一次エネルギー消費量は10分の1程度であるなど、非常にエネルギー消費の少ない建築物です（平成24年度学校ゼロエネルギー化推進方策検討委員会報告書）。

平成19年の早わかり木の学校調査では、福島県、群馬県、富山県、岡山県などで400～550MJ/年・㎡程度、次世代省エネルギー地域区分第Ⅳ地域の殆どの事例では250～400MJ/年・㎡程度であり、これを下回ると設備も少ない場合、厳冬期には厳しい環境の学校であるといえます。

一方、冷暖房を行っている学校では1,000MJ/年・㎡程度に多くなり、今後大規模化する新築学校ではこの傾向が表れていることには注意すべきと思われます。

現状でエネルギー消費が少ない要因として、オフィスなどと比べると

- ・冷房設備の設置率が低いこと。
- ・教室などの1日当たりの使用時間が短いこと。
- ・学校施設は夜間の使用が少ないこと。
- ・暖房も石油部分ストーブが主であること。

が挙げられます。学校施設の空調設備が、暖房単独から全館暖冷房へ移行するときの全体の上昇が課題となります。

4-4-2 環境建築の計画・設計手法

(1) 設計手法

エコスクールの計画・設計は、図4-32にあるような手法を駆使し計画設計しますが、最初は出来るだけ新しい建築を作らないように地域の現在ある資源を利用できるものは利用することが望ましいです。次に施設の必要性を認めたら、その規模をできるだけ小さく考えます。そして、エネルギー

ギーを使用する面積を小さくするなどの計画論的方法がエネルギー削減にとって大きな効果をあげます。

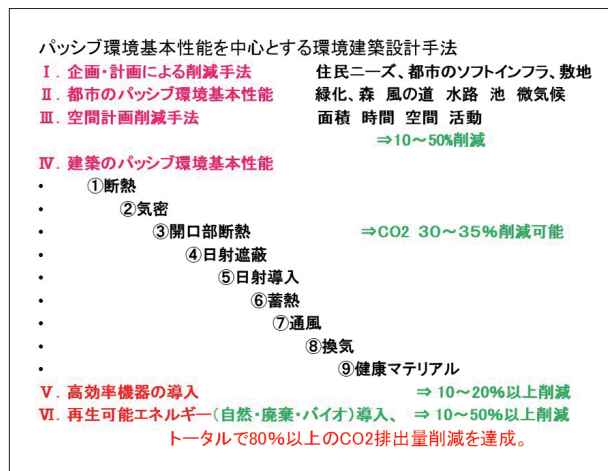


図 4-32 パッシブ環境基本性能を中心とする環境建築設計手法⁴⁾

I. 計画論的手法

計画的に面積を削減したり、運営時間を減らしたりする手法です。既存校舎等のストック利用を優先する、将来の機能の変化に対応できる施設とするなどの企画段階における学校施設の将来に対する配慮が必要となります。

II. 外部空間による手法

外部空間の微気候をデザインすることで、省CO2を図る手法です。外部環境を緑化、水景化し、小さな環境の中で温度差をつくることによって、隣接する建物に熱を与えず、街区全体のCO2排出量を削減できます。

実例としての七沢初等学校では、南側を開放的なグラウンドとすると、太陽熱で温められた空気は上昇し、北側の防風林からの涼しい空気が建物を貫通して動くことにより、内部は通風により冷やされ、冷房機械に頼らずに涼しい空間をつくることができています。

III. 空間設計における手法

面積や利用時間などの設計行為においても検討すべき手法があります。計画・設計の手法により想定されるCO2排出量を大幅に削減することも可能です。

学校建築では、教室に比べ、特別教室などの利用率が低い空間が存在します。これを利用の仕方を工夫し、共通に利用する部屋を計画することで校舎全体の面積を小さくすることなども省エネ手法の一つだと思えます。

IV. 建築設計における手法

パッシブ型設計手法は、これからの設計者は誰もが知識だけでなく、感覚的にも経験しなくてはならない手法となっています。

IV. 建築のパッシブ環境基本性能

パッシブ環境基本性能には①断熱、②気密、③開口部の断熱気密、④日射遮蔽、⑤日射導入、⑥蓄熱、⑦通気、⑧換気、⑨健康マテリアルの9つの要因があります。

パッシブ環境性能を考える基本は、①②③④熱エネルギーを入れない、逃がさない(断熱・気密性能・日射遮蔽)、⑤⑥太陽のエネルギーを入れて蓄え、長く利用する(日射導入・蓄熱)、太陽の光を上手に入れ、⑦人工照明に極力頼らない(日射導入)、⑧自然の冷気を自然の力を増幅して導入し、高温度でも快適さをつくり、同時に冷房負荷を少なくする(通風)、⑨健康のための新鮮空気を排気熱で温めて(冷やして)導入する(換気)、⑨化学物質や添加材料を極力利用せず、火災時にも健康的な環境をつくる(健康マテリアル)という方向性を示しています。

(2) 快適性

東京都市大学教授の宿谷昌則氏によれば、外界と人体との間のエクセルギー消費速度が最小になる環境条件を不快でない環境と定義しています。暑すぎて汗がでる状態は人体からのエクセルギー消費が速いことを意味し、寒くて身体が縮こまる状態も体から体温が出ていくことを防ごうとする仕組みです。この人体と環境との関係を宿谷昌則氏は気温と周壁平均温度の環境の中で人体のエクセルギー消費速度がどう反応するかを実験し、図4-33のような等高線で表しています。この理論を応用すると、学校の場合でも、30℃の暑い夏でも通風窓や天井扇などを利用すると、省エネで快適な環境をつくることが可能となります。また、冬季でもむやみに温度を上げず、次の項で述べるように、18℃程度でも床や壁などの温度をあげる工夫をすると快適となります。そのような工夫が必要と思われます。

(3) 周壁平均温度

熱の移動の一つの方法に放射があります。高い温度の物体から低い温度の物体に、熱は放射されます。冬の場合、気温は18℃で周壁平均温度が25℃くらいが最も快適だという結果となっています。夏の場合はもう少し難しく、蒸発潜熱が奪わ

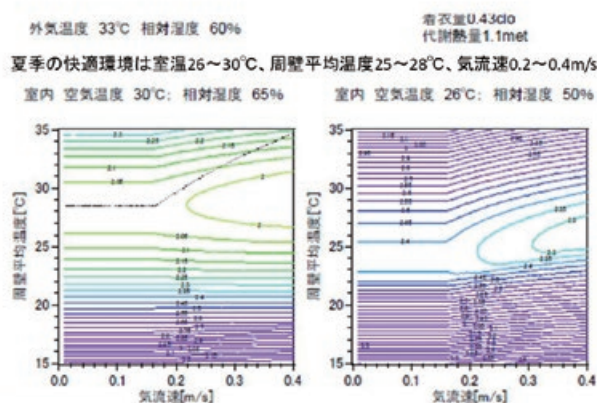


図 4-33 周壁の平均気温と気流（東京都市大学宿谷昌則研究室）

れるときの快適さが考慮され、気流が無い時は周壁温度は 28.5°C が快適ですが、気流が 0.2m/sec ~ 0.5m/sec あれば 30°C 以上でも快適と認める結果となっています（湿度 60% の場合）。室温だけで判断することは、逆に不快とされることもあります。

(4) 内部負荷の計算

設計にあたって、まず内部負荷の計算をする必要があります。内部負荷には室内の温湿度状況を変化させようとする外乱要因として、貫流負荷、日射負荷、人体負荷、内部発熱負荷があります。環流負荷は開口部や隙間、換気、壁、天井・屋根、床を貫流して熱が入り込み（夏期）、あるいは熱が逃げていく（冬季）量を示すもので、床面積当たりのエネルギー量 w/m^2 で表します。一般の建築ではエアコンメーカーは標準的に $250w/m^2$ といいますが、断熱性能の高いエコスクールでは $1/2 \sim 1/3$ 程度低くすることも可能です。ゼロエネスクールではさらに $1/4 \sim 1/5$ 程度まで断熱性能を高めることが必要となります。

内部負荷は学校の利用時間を考えて計算することも必要で、午後 3 時までの活動の学校ではコンクリートを蓄熱層にする方法は、蓄熱に要するエネルギー量が多くなりすぎることも慎重に検討すべきです。非木造の学校を内断熱にするか、外断熱にするかの検討時にも同じ考慮が必要となります。

(5) 断熱と気密

断熱と気密という二つの性能は、最も基本的な性能です。断熱性能は材料の熱貫流率と材料間の空気量とで決まり、断熱材は中でも優秀な熱貫流率の低いものを言っています。

1) 断熱性能

断熱性能は熱貫流率 U 値 ($w/m^2 \cdot k$) で表します。省エネ基準ではⅢ～Ⅵ地域の木造で、屋根・天井 $0.24w/m^2 k$ 、壁 $0.53w/m^2 k$ 、床 $0.34w/m^2 k$ となっています。木造校舎で特に注意しなければならないことは、これらの基準を満たすために、充填断熱と付加断熱の組み合わせを考える必要があります、さらに断熱性能だけでなく、木材の課題の内部結露を起こさないことや、床下の冷気が壁の断熱材の外側を天井まで上ることを防ぐ気流止めなどの工夫も必要なことなどを注意すべきです。

① 天井・屋根面断熱は壁より約 2 倍の断熱性能が求められています。昼間の屋根面への太陽の熱の量と同じように、夜間の放射冷却が垂直面より多く、より丁寧な断熱を屋根面（天井面）に施すことが必要です。木造校舎の屋根面断熱には垂木の間の充填断熱に加え、二段断熱をする必要があります。そのための二段垂木の工夫や、自然素材による場合には充填断熱のセルロース吹き込みなどに加え、圧縮木粉のボードなどが利用されます。

② 壁面の断熱は同じように充填断熱としてのセルロース吹き込みなどで隙間が出来ずに効果的です。木造校舎でゼロエネルギービルとするときには地域によって壁の二重断熱は不要として計画的なコスト減を行うことも可能です。

③ 断熱材の取り付け方法も構造材の間に充填する方法を充填断熱といい、構造材の外側に張り付ける方法を外張り断熱といいます。

充填断熱の場合は、内部結露などが問題となり、構造材としての木材の腐朽が課題となります。

外張り断熱の場合は、あまり厚い断熱材を取り付けることが出来ない課題などがあります。

充填断熱の場合、木構造の柱、間柱部分が壁面の高断熱部分よりも熱貫流率が高く、この部分で熱橋となる危険が生じます。これも計算に組み込む細心の注意が必要です。

④ 床下の断熱は耐圧盤の下で断熱し、コンクリートを蓄熱層として利用する場合と、耐圧盤の上に断熱材を敷き、内部空気で空調を行う場合など、計画の段階で二種類のシミュレーションを行う必要があります。

表 4-5 2014 年改正省エネ基準の部位別熱貫流率基準値 (U 値) (国土交通省)

構造・断熱工法、部位別の熱貫流率基準値 * () は、適用地域

		鉄筋コンクリート造等		鉄筋コンクリート造等以外		備考
				木造、 枠組壁工法	鉄骨造	
		内断熱工法	外断熱工法	断熱工法は問わない		
		熱橋を除いた部分の熱貫流率で 評価		柱等の木材の 熱橋を勘案し た平均熱貫流 率で評価	金属熱橋を勘 案した実質熱 貫流率で評価	
屋根		0.27（Ⅰ） 0.35（Ⅱ） 0.37（Ⅲ～Ⅵ）	0.32（Ⅰ） 0.41（Ⅱ） 0.43（Ⅲ～Ⅵ）	0.17（Ⅰ） 0.24（Ⅱ～Ⅵ）		屋根と天井は 同じ基準
天井						
壁		0.39（Ⅰ） 0.49（Ⅱ） 0.75（Ⅲ～Ⅴ） 1.59（Ⅵ）	0.49（Ⅰ） 0.58（Ⅱ） 0.86（Ⅲ～Ⅴ） 1.76（Ⅵ）	0.35（Ⅰ） 0.53（Ⅱ～Ⅵ）		
床	外気に接する 部分	0.27（Ⅰ） 0.35（Ⅱ） 0.37（Ⅲ～Ⅴ）	0.38（Ⅰ） 0.46（Ⅱ） 0.54（Ⅲ～Ⅴ）	0.24（Ⅰ、Ⅱ） 0.34（Ⅲ～Ⅴ）		Ⅵ地域は、基 準値を定めて いない。
	その他の部分	0.38（Ⅰ） 0.46（Ⅱ） 0.53（Ⅲ～Ⅴ）		0.34（Ⅰ、Ⅱ） 0.48（Ⅲ～Ⅴ）		
土間床等 の外周部	外気に接する 部分	0.47（Ⅰ） 0.51（Ⅱ） 0.58（Ⅲ～Ⅴ）		0.37（Ⅰ、Ⅱ） 0.53（Ⅲ～Ⅴ）		
	その他の部分	0.67（Ⅰ） 0.73（Ⅱ） 0.83（Ⅲ～Ⅴ）		0.53（Ⅰ、Ⅱ） 0.76（Ⅲ～Ⅴ）		

2) 気密性能

気密性能はC値で表されますが、省エネ基準では数値を示されていません。海外では、気密性を重視した基準が設けられていますが、日本では気密性能について、現時点で基準値はありません。比較的躯体の気密性が高い鉄筋コンクリート造に比べ乾式の壁で構成される木造では、気密性について配慮する必要があります。

3) 開口部の断熱性能

壁、天井、床などの断熱性能に比べ、開口部の断熱性能は極端に低いです。旧来の単板ガラスのアルミサッシは $6.5\text{w/m}^2\cdot\text{k}$ と他の断熱部位に比べ 12 倍以上の悪い性能で、全体の平均熱貫流率を大幅に低くしています。本来 0.53 の壁と同じ程度の性能がふさわしいのですが、普及している建材の性能が追いつかないため、開口部は $4.6\text{w/m}^2\cdot\text{k}$ 以下とされており、開口部が他の部位に比べて大変低い基準となっています。この $4.65\text{w/m}^2\cdot\text{k}$ という熱貫流率はペアガラスのアルミサッシの場合を示していますが、これが木製ペアガラスサッシの場合には $2.91\text{w/m}^2\cdot\text{k}$ となり、大分性能がアップすることがわかります。しかし、それでも壁の 0.53 に対して約 6 分の 1 の性能です。樹脂サッシが

この性能を高めるために開発がされています。学校ではアルミのペアガラスが多いですが、火事に際してアルミは 300°C でガラスを放出してしまい、 600°C で蒸発してしまいます。樹脂も熱変形温度は 80°C で、塩化水素などの有毒ガスを放出します。建材の普及は少ないですが、15%以下の含水率である木製サッシは、火災にも表面炭化し、 $1,000^\circ\text{C}$ にも耐え、熱変形はないなどの特性があり、熱貫流率も $0.29\text{W/m}^2\cdot\text{K}$ 以下と小さく、今後の普及が待たれるところです。

4) 日射遮蔽

高断熱・高気密の建築にとって、夏の日射遮蔽は必要不可欠な要件です。太陽光を遮るには基本的に窓の上部の庇によることが大切です。外付けルーバーや外付けスクリーンなどの方法もありますが、まずは夏の太陽高度を遮る庇を設計することが基本です。その際、 26°C 以上の外気温度になる場合（東京では6月から9月まで）の日の9時から15時の間の日射が内部に入らない遮蔽物を設計することが最も効果があります。主となる居室の窓のガラス面より内部に入らないよう、コンピューターでのシミュレーションを行い、角度と庇下部の位置を決定

します。

庇の浅い場合には、外部に落葉樹の森などを計画することも夏の日射を避ける効果が期待できます。植物による場合は、バルコニーなどに網を張って、プランターでへちまやゴーヤなどの蔓性植物を栽培し、網にその蔓を這わせる「緑のカーテン」は平成12年ごろから行われている手法です。その他の小窓については小庇や外付け遮蔽装置を利用します。

この設計作業を怠ると、大変大きな負荷増加の問題に発展することを心すべきです。

5) 日射導入

一方、冬には内部に太陽光による熱を導入し、床に蓄熱するダイレクトゲインという方法や、ガラスの内側に蓄熱壁を立て、熱を蓄熱して内部に放熱するトロンプトウォールと呼ばれる手法もパッシブ手法として効果が高いです。

日射導入のもう一つの方法は自然光の導入です。学校のエネルギー消費の約1/3は照明エネルギーとされており（冷房のない学校）、これを自然光を導入することで教室の窓側1/3の照明を不要とする方法は、それだけで9%近い省エネが可能となります。

日射導入は、南からの直射光を入れると熱も入ることが問題となるので注意が必要です。北側の窓の中間無目外部にライトシェルフとしてのアルミ庇などを取り付け、上部欄間からの光を天井に導くことでもかなりの効果があります。

6) 蓄熱

蓄熱は熱容量の大きな材料に熱を蓄え、時間差をおいて利用しようとする方法で、パッシブ型設計において有効な手法です。蓄熱設計においては、蓄熱体の容量の問題、熱を蓄熱体へ提

供する方法、そして蓄熱体からの人体への放射熱の伝達方法などが課題です。

国土技術政策総合研究所三浦尚志氏の研究では、図4-34に示すように、間欠運転時における断熱性能（Q値）・暖房期の日射熱の取得性能（ μ 値）と蓄熱効果の関係を表しています。これによると、建物の断熱性能が悪く、日射取得性能が悪い建物・室では床や土壁などの蓄熱体を多く配置しても効果は薄く、斜め太線より左上方向（Q値、 μ 値共に高い）での蓄熱効果は高く、10～20%の効果が期待できます。

蓄熱体の容量は体積（表面積×厚さ）と容積比熱の乗数で表されます。容積比熱は $\text{kJ}/(\text{m}^3 \cdot \text{K})$ 、質量比熱は $\text{J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ の単位で表します。

アルミの容積比熱（重量比熱）は2,400（229.04）、木材は520（0.105）で重量比熱では2,200分の1、容積比熱では4.61であり、木材に比べてアルミは熱を蓄えずに伝導する性質があることが分かります。水の容積比熱（重量比熱）は4,000（4.178）で熱を蓄えるに適していて蓄熱タンクとして利用されます。しかし、水は内部で熱対流が起こり、表面蒸発により失われていきます。そのために、オイルヒーターなどの対流しにくい液体や片栗粉の餡かけなどのジェル状の液体を密閉容器にいた蓄熱体の効果が高いです。コストは高いですが水蓄熱床暖房用カプセルなども商品化されています。

蓄熱材として良く利用されるのは基礎を兼ねたコンクリートや石であり、容積比熱（重量比熱）は1,764（0.879）、 $2,132 \text{kJ}/\text{m}^3 \cdot \text{K}$ （0.808）であり、密度が高く、体積あたりの熱容量は高いです。特に大理石などは熱伝達率も高く、局部的な熱も全体に伝達されるので、ダイレクトゲインなどの床材には厚めの大理石などが利用されています。

7) 通風

通風は夏期の冷房に人体の表面から潜熱を取ることによって、体感温度が下がる効果を期待する方法と、通風により結露を防ぐ通年での方法とがあります。前述した宿谷理論では、夏期の快適性は空気温度を 26°C 以下にするために空調機を利用することをできるだけ避けます。 30°C の空気温度の環境でも、空気の動く速さが秒速0.2～0.5mあれば、快適であるといえます（湿度60%以下の場合）。

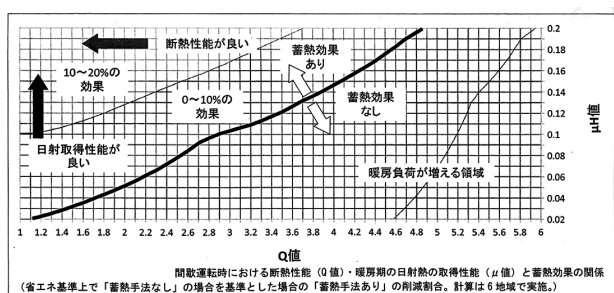


図 4-34 間欠運転時における断熱性能（Q 値）・暖房期の日射熱の取得性能（ μ 値）と蓄熱効果の関係（建築士会技術研修テキストから（日本建築士会連合会））

空気が動くことは圧力の差をデザインすることによって可能となります。敷地の調査時に風向を調べることは大変重要であり、その中の多くの空気の流れ、恒常風を利用することを考えられれば夏期の空調を少なくしたり、各室の自然通風を計画することに大きな力となります。

外部環境では、森や樹木の下部は明るい裸地の部分より太陽の熱が少なく、空気は低いところに滞留していることが多いです。裸地のグラウンドなどの空気が上昇すると下部に森から涼しい空気が流れ込んできます。

窓の左右に壁を立てると、外部の空気の流れを内部に引き込むことができます。これをウインドキャッチャーといいます。

建物の中央部の吹抜けなどを利用して、上部に太陽熱が入る工夫をしてみると、自然なドラフト気流が発生し、建物内の空気を誘引することが可能となります。この縦穴をソーラーチムニーといい、自然の力で空気を動かす、パッシブ型の手法として効果が大きいのです。

8) 換気

学校環境衛生基準では換気の基準として、教室の空気を清浄に保つために、換気は非常に重要であり、「換気の基準として、二酸化炭素は、1,500ppm 以下であることが望ましい。」としています。この基準を達成させるためには、40 人在室する 180㎡の教室の場合、児童生徒等から授業中に発生する二酸化炭素を考慮すると 1 時間に小学校では 2.2 回、中学校では 3.2 回及び高等学校では 4.4 回の換気が必要です。

人は 1 時間に 15～30㎡/h の自然換気が必要とされます。これを実施するために、基準法では 0.5 回換気という形で室内の空気容量の 1/2 を換気することを定めています。折角 +20℃ 以上に暖房してきた空気を外に排出し、外から -2℃ の低い温度の空気を入れることは、それまでのエネルギーを捨て、新しく 20℃ 以上に温めるエネルギーを要することになり、その量はばかになりません。

新鮮空気を導入するにあたって、外部の地中をゆっくり通すことで地中熱によって新鮮空気に加熱して導入する、ヒート（クール）パイプという方法があります。地下のトレンチなどを使う方法もかなり効果があり、大東文化大学板橋キャンパスの場合は地中トレンチを 150m 通すと約 10℃ は温度上昇があり、かなりの効果

があることが分かりました。

排気空気と熱交換をすることもかなりの効果があります。機械的に行う全熱交換器の方法はヨーロッパで開発された方法です。施設用の大型機では、通常の床置きファンコイルユニットと同様の大きさの機械となること、コストが高いこと、新鮮空気との熱交換といっても学校などオープンな施設では窓や扉を開ければ済むものをと考えると一般のオフィスなどのようにはなかなか普及しません。

地下ピットで排気空気との間で熱交換するパッシブ型手法も効果的です。排気空気は空調された室内温度を保っているとして、ピットの一部を熱交換チャンバーとし、ここを経由して新鮮空気を取り入れる方法で、大変効率は高いです。

換気を検討する際に十分に考慮すべきは湿度と結露です。太平洋側の梅雨や台風の季節、日本海側の雪の季節には、70%以上の湿度の新鮮空気を室内に取り込むことになります。これが窓面や断熱性能の低い壁や天井面に結露を生じさせることがあり、大変厄介な現象であり、カビなど子どもたちへの健康への影響も考慮しなくてはなりません。

特にゼロエネルギービルなど、高断熱・高気密性能の高い建築では小さな部位で性能の低いところに問題が集中することがあります。デシカント空調なども含め次項の「学校環境衛生基準」などを考慮して丁寧な空気環境を考えた設計が必要であり、さらに建築後の現象発生時の対応も丁寧にすることが必要です。

9) 健康マテリアル

学校環境の健康マテリアルは、平成 12 年から検討を始め、シックハウス症候群に対する対応や、化学物質症候群への対応として「学校環境衛生基準」（平成 21 年告示）が定められました。学校における換気、採光、照明、保温、清潔保持その他環境衛生に係る事項について、児童生徒等及び職員の健康を保護する上で維持される基準として定められています。教室等の環境における揮発性有機化合物の濃度の判定基準は、表 46 のとおりです。

学校の教室等におけるホルムアルデヒドに関する規制に関しては、建築基準法の「住宅等の居室以外の居室」の適用となり、天井の高さにより、換気設備の換気回数についての緩和規定

表 4-6 健康的な学習環境を確保するために（平成 23 年）

注）室内濃度指針値：厚生労働省の室内空气中化学物質の室内濃度指針値

化学物質名	室内濃度指針*	人体への影響例	参考通知
ホルムアルデヒド	100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.08ppm)	不快感、流涙、目・鼻への刺激等	「室内空气中化学物質の室内濃度指針及び総揮発性有機化合物の室内濃度暫定目標等について（依頼）」 (平成13年 1月29日付け12国ス学建第1号)
トルエン	260 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.07ppm)	頭痛、脱力感等	
キシレン	870 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.20ppm)	頭痛、疲労感等	
パラジクロロベンゼン	240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.04ppm)	目・鼻の痛み等	
エチルベンゼン	3,800 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.88ppm)	喉・目への刺激等	
スチレン	220 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.05ppm)	眠気、脱力感等	
クロルピリホス	1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.07ppb) 小児の場合 0.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.007ppb)	頭痛、めまい、吐き気等	「室内空气中化学物質の室内濃度指針及び標準的測定方法等について（依頼）」 (平成13年 8月30日付け13国ス学建第1号)
フタル酸ジ-n-ブチル	220 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.02ppm)	喉・目への刺激等	
テトラデカン	330 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.04ppm)	高濃度で麻酔作用等	
フタル酸ジ-2-エチルヘキシル	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (7.6ppb) **	長期接触で皮膚炎等	「室内空气中化学物質の室内濃度指針及び標準的測定方法等について（依頼）」 (平成13年 8月30日付け13国ス学建第1号)
ダイアジノン	0.29 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.02ppb)	頭痛、めまい、吐き気等	
アセトアルデヒド	48 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.03ppm)	目・鼻・喉への刺激等	「室内空气中化学物質の室内濃度指針及び標準的測定方法について（依頼）」 (平成14年 4月10日付け14国ス学建第4号)
フェノブカルブ	33 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (3.8ppb)	頭痛、めまい、吐き気等	
総揮発性有機化合物 (TVOC) ＜暫定目標値＞	400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$		「室内空气中化学物質の室内濃度指針及び総揮発性有機化合物の室内濃度暫定目標について（依頼）」 (平成13年 1月29日付け12国ス学建第1号)

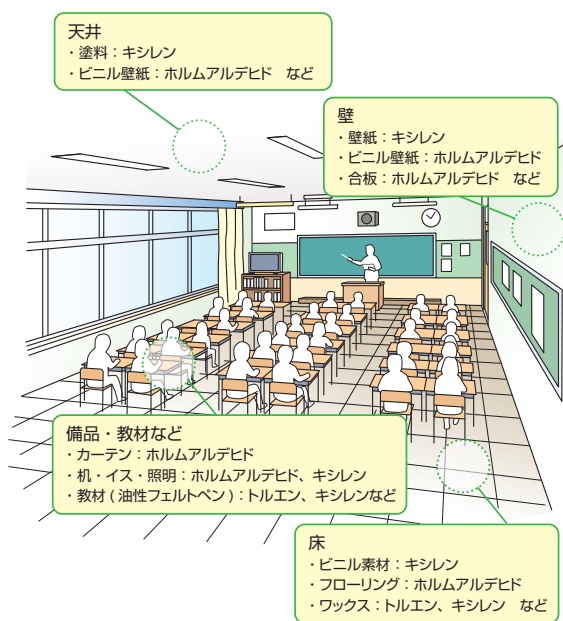


図 4-35 発生源となる可能性のある材料（建材・施工材など）の例（健康と学習環境を確保するために文部科学省平成 23 年 3 月）

があります。寄宿舍等の寝室は、建築基準法の「住宅等の居室」の適用となります。どちらも「学校環境衛生基準」に基づいて管理する必要があります。

建材だけではなく塗料や接着剤などにも、厚生労働省による室内空气中化学物質の指針値に示されていない化学物質が含まれている場合があります。それらの選定に当たっては、「特定化学物質の環境への排出量の把握等及び管理の改善の促進に関する法律（化管法）」（平成 11 年）に基づき、対象化学物質（を含有する製品）を事業者間で取引する際、その性状及び取り扱いに関する情報（MSDS：Material Safety Data Sheet）の提供を受け、比較的安全性が高い工法について詳しい建築関係者の協力を得ることとしています。

建築基準法の改正を踏まえ「学校施設整備指針」においても、新築、改築、改修等に際して

は、化学物質濃度が基準値以下であることを確認させた上で建物等の引渡しを受けることを記述しています。さらに、学校施設整備上の留意事項の詳細については、「健康的な学習環境を確保するために一有害な化学物質の室内濃度低減に向けて—（文部科学省（平成 23 年））」に示されています。

4-4-3 エネルギー

建築の基本性能として、パッシブ型環境性能手法に加え、建築設備の高効率化による省エネ手法を駆使して 50% 以下のエネルギー消費に繋げ、これに太陽光・太陽熱などの再生可能エネルギーを加えると、ゼロエネルギービル ZEB となります。

(1) 高効率機器利用による CO2 排出量削減

高効率機器の性能の向上は目覚ましいものがあります。照明の LED の発光効率は急速に向上しており、高効率機器の代表的存在になりつつあります。蛍光灯は器具効率を反射板の形状などにより、50～80% 程度、LED の器具効率は 80～90% 程度良くなります（日本電気技術協会資料より）。LED 照明を教室などに配置した場合の消費エネルギーは蛍光灯の 50% 程度、高効率蛍光灯の 70% 程度です。通常の白色 LED は、紫外線や赤外線は殆ど含まず、低温でも性能が低下しないなど扱いやすくなっています。

空調用設備の高効率機器の代表は気体が圧縮開放の繰り返しにより発熱する原理を応用したヒートポンプで、電気インバーター制御の導入以来、圧縮機、ファンモーター、熱交換機の大型化などにより、効率を示す COP（Coefficient of Performance）が 3～6 の高効率な機器が出現しています。しかし、給湯設備などにはコージェネレーション方式以外高効率の機器は少ないです。

学校の暖房、給湯にコージェネレーション方式を採用することも最近では出始めています。これはガスエンジンで電力と熱を生産し、供給する方式ですが、利用時間が少ない小中学校では待機電力が少なく、効率よく利用することはなかなか難しいです。

それぞれ、熱と電気を同時に生産するので、電気のような遠距離で生産し、高圧で運搬するものと違い、利用者のそばで生産する分散型エネルギーとして重要な意味があります。しかし、CO2 の排出やエンジン音、排気音の問題があり、周波

数変換技術によって可聴域外にすることで低周波被害なども発生しており、今後の課題もあります。

高効率機器のメーカーが掲げている省エネルギー性は、同種従来機器との運用エネルギー効率の差であり、機器の総部品の生産に必要なエネルギー源を含めた LCCO2（生涯 CO2 排出量）は計算上算定されていないことに注意しなければなりません。高効率機器を導入したことで満足することなく、LED などの照明も、パッシブ方式の自然光導入ライトシェルフなどと合わせて計画するなど、総合的な方法を講じて計画することが望ましいです。

(2) 再生可能エネルギーの利用

地域の中にどんな再生可能エネルギーがあるかを考えてみましょう。頭上には 6,000℃ の太陽があり、私たちは時間約 1,200kWh/m² の発電ができるエネルギーを受けています。青い空は大気圏の外側に暗黒の宇宙が広がっており、ここは絶対零度 - 270℃ の世界です。地球は昼間に太陽の熱を享受していますが、夜には地表面に蓄えられた熱を放熱しています。この仕組みを建築でも利用することが技術的課題です。

- ・地表に近くなると、空気があり、水蒸気が水分を海や湖から山や大地に循環させてくれます。この空気の流れが大気の圧力差によって風となり、風力エネルギーとして利用すれば大きな効果があります。
- ・山に雨となって還元された水分は、川となって地表面を流れ、生物を潤し、生育に必要な太陽光と水を供給します。この川の流れを利用した水力発電は、水量と落差があれば自然の流れだけでエネルギーを供給することが可能です。少しの落差でもスクリー型的小型発電機などは学校の教材としても可能性が高いです（例：富山市砺波東部小学校）。
- ・樹木は太陽の光からエネルギーを受け、根から受けた水分と葉の葉緑素と空中の CO2 とで光合成を行い、O2 を放出しています。この結果生成される炭素を固定したものが幹となり、木材となって利用されます。
- ・植物の腐敗はバクテリアの力でメタンガスを発生させ、アルコールやガソリンを精製することも可能です。数万年かかって地中に蓄えられた化石燃料はもちろんこの結果ですが、その燃焼による CO2 発生が近代化と産業革命以降に爆発的に増加し、現在の地球の空気を汚染してい

ることが地球温暖化の原因になっていることは周知のとおりです。

- ・この樹木を利用した木造建築は、本来はCO₂から精製される段階でCを固定していることから燃焼時のCO₂発生も元々空気中に存在していたCO₂なのでカウントする必要がありません。この状態をカーボンニュートラルと言います。従って、木を燃焼させて熱を発生するバイオマスエネルギー利用は再生可能エネルギーと考えられています。
- ・また、違法伐採の樹木を利用することを避けるため、認証林木材を利用して設計、建材や家具を生産することを奨励する「合法伐採木材等の流通及び利用の促進に関する法律」(通称「クリーンウッド法」)が平成28年にでき、関連企業が認証林木材を利用する宣言をする方向が開かれました。
- ・現在の日本の樹木は戦後植林の木材が50年期を迎え、これまでは成長の過程で伐採される間伐材利用が課題でしたが、むしろ蓄積量の消費を奨励する状態になっています。平成27年の森林の蓄積量は50億m³に達し、総需要は平成26年には76百万m³、平成37年の目標を79百万m³と想定しています。供給量は平成26年に24百万m³で、平成37年の目標を40百万m³と想定しています(平成28年森林・林業基本計画参照)。建材としての利用が伸び悩む中でバイオマスに利用される量の増加が課題となっています。大切な木材をまずは大事な木造建築や製品に使い、その端材などをカスケード的にバイオマス利用に利用することを林野庁は奨励しています。
- ・バイオマスの暖房への利用はペレットやチップを利用したボイラーで温水をつくり、各室へ供給することが一般的です。チップは全国の森林組合で生産しているため入手は容易ですが、乾燥が十分でないことが多いです。本来はチップを蓄えておくサイロ自身で乾燥する方法の開発が必要です(チップボイラー七沢希望の丘初等学校)。
- ・太陽光エネルギーの利用に関しては、太陽光から電気を発電する方法と太陽熱を採取する方法とがあります。太陽光発電はシリコンセルの電子を光励起し、直接電気を取り出すので、故障も少なく、安定して約15～20%のエネルギーを受けることができます。最近では電力会社から

- 買う電気とほぼ同等か少し安いコストになっており、その利用は今後とも増加するものと期待されています(大東文化大学板橋キャンパス)。
- ・太陽熱利用：太陽熱利用は30%程度と効率は良いですが、その利用状況は温水の配管等の耐久性などから十分に利用されているとはいえませんが、上手に使うと大きなエネルギーとして効果的です。具体的な栃木県の例では教室の巾8mに庇として角度をつけた太陽熱パネルを6枚並べた場合、3教室分の暖房用温水を回収できた経験があります(太田市立中央小学校エコ改修事業)。
- ・地中熱利用：地球の上に注がれた太陽のエネルギーは、地表面800mの層に蓄熱されています。これを地中熱といい、その土地の地上温度の平均位の温度で蓄熱されています。
- ・新鮮空気を地中熱で予熱しておく方法はクールチューブ(夏期)、ホットチューブ(冬期)といわれ、厳冬期に零度に下がる地域では有効です(七沢希望の丘初等学校)。また地下ピットを利用して地中熱により空気に加温する手法も効果があります(和光小学校)(大東大)。
- ・これを約100mのボアホールに逝き還り配管で水を暖めて還ってくる、この温度差を水冷ヒートポンプにより増幅し、温水利用や空調機へ利用することが可能です。地中熱利用は20m以上の杭を利用して杭の中空部分に行き還り管を配管する方法もコストが安く有効です。また、垂直の配管がコスト等で難しい場合は基礎底板の下に水平に配管し、地中熱を採集するスリンキーという方法も実用的です。
- ・地下水利用：地下水の熱を直接利用する方法は地中熱のように岩盤に穴をあける工法と違ってもっと簡単ですが、実際に必要な熱量に対し、非常に水量が多く必要となり、また排水が可能な地域に限られたり、地下水利用を制限している自治体も多いため、初期の調査が十分に必要です。
- ・温泉利用：温泉水は少ない水量でも温度が高いだけ最も効率が良いです。数度のカスケード利用により、15℃まで温度を搾り取る工夫が必要です(川湯温泉病院)。
- ・下水熱利用：主に都市部において、下水管の底側面に配管を行い、地中熱の場合と同じように行き還り管の温度差を利用する方法で、下水熱を利用する方法も開発が進み、国交省でも下水

熱利用の取組みが推進されています。

(3) 省エネルギー，低炭素社会づくりに向けて

このように，省エネのための手法は，単に再生可能エネルギーを導入したり，高効率の新しい設備機器を設置するだけでなく，パッシブ型の環境制御手法を設計に盛り込むことで，大きな省エネに通じるし，もっと川上の空間や活動を制御したり，企画段階で省エネを考えたりすることでさらに大きな環境配慮に通じることを理解することが大切です。

これらのパッシブ型環境基本性能を基本とする環境建築のつくり方は，最終的に建築の全てが環境に配慮した省エネに貢献するものであることです。

建築の断面形とその寸法を自然なエネルギーフローが生じる形となっていること，躯体を蓄熱体として利用すること，素材のライフサイクルアセスメント（LCA）を考慮した選定は，ライフサイクルCO₂排出量（LCCO₂）の削減や，健康，省エネにも貢献していること，外部からのエネルギーを簡単にかつ十分に利用することなど，建築の存在そのものが省エネルギー，低炭素社会づくりに関係していることが理想です。

引用文献

- 1) 研究ノート（その18）（一社）ウッドマイルズ研究会 平成19年 建設時における木造住宅の二酸化炭素排出量 P7

- 2) 経済産業省 資源エネルギー庁 省エネルギー対策課「ZEB ロードマップ検討委員会」とりまとめ P27 資料10
- 3) ZEB ロードマップ検討委員会中間とりまとめ平成27年7月，資源エネルギー庁省エネ対策課
- 4) 「世界でいちばん受けたい環境デザインの授業」（中村勉他）エクスナレッジ平成29年P24を元に作図

4-4-4 遮音基準と床振動に関する設計事例

木造の学校に関して，注意すべき音環境として主に1.上階の足音等に関する遮音，2.都市部や高速道路，鉄道や航空路など外部の騒音に対する遮音，3.室内の快適な音環境のための吸音があげられます。

1.床の衝撃音遮音性能は2種類あり，小物の落下や家具を移動した際発生する軽量衝撃音に対する遮音性能と子どもが飛び跳ねた時に発生する重量衝撃音に対する遮音性能とに配慮する必要がある。

表 4-7 床衝撃音レベルに関する適用等級

建築物	学校
室用途	普通教室
部位	教室間界床
特級	L-50
1 級	L-55
2 級	L-60
3 級	L-65

表 4-8 住宅における生活実感と L 値との対応の例

遮音等級	床衝撃音		
	走り回り、足音など	椅子、物の落下など	その他の例
L-30	ほとんど聞こえない	全く聞こえない	子どもが大暴れしてもよい
L-35	静かな時、聞こえる	まず聞こえない	多少飛び跳ねてもよい
L-40	遠くから聞こえる感じ	ほとんど聞こえない	気がねなく生活できる
L-45	聞こえるが気にならない	サンダル音は聞こえる	少し気をつける
L-50	ほとんど気にならない	ナイフなどは聞こえる	やや注意して生活する
L-55	少し気になる	スリッパでも聞こえる	注意すれば問題ない
L-60	やや気になる	箸を落とすと聞こえる	お互いに我慢できる限度
L-65	よく聞こえ気になる	10円玉で聞こえる	子どもがいれば文句がでる
L-70	非常によく聞こえうるさい	1円玉で聞こえる	子どもがいても上が気になる
L-75	非常にうるさい	同左	注意していても文句がくる
L-80	うるさくて我慢できない	同左	忍者的生活が必要
備考	低音域の音、タイヤ、タッピング共タイヤの値に合格のとき		高音域の音、タッピングの音

あります。前者はコツコツという比較的高音域の音が主で、床仕上げの衝撃に対する緩衝効果で判定されるのに対し、後者はドスンという低音域の音で、床構造の面外剛性で判定されるために用います。

- ・床の遮音に関する基準としては表 4-7 の適用等級が日本建築学会から提案されています。
- ・また、表 4-8 に示す、生活実感と L 値との対応例（日本建築学会）を見てみると、L-55 以上の遮音性能が必要と考えられます。

ただし、木造で L-55 の遮音性能を担保するためにはコンクリートや ALC など床の質量を増やし遮音を確保する方法（構造部材等の断面性能をあげる）、浮き床（グラスウールや比重の違う材料を複層重ねる方法）などがあげられます。床振動の伝達を避けるため、壁と床との取り合いに施工上注意が必要になり、下階の天井についても同様に床振動の伝達を避けるため、天井下地を防振にすることが必要になります。遮音性能の向上が構造やコスト、施工の難易度に直結するため、学校規模や上下階の部屋構成や主動線になる階段配置など配置計画も含め、設計の早い段階からの検討が必要です。

(1) L-55 の遮音性能をもつ床構造の設計

- ・床の具体例としてコンクリートの床と木構造床について検討します。
- ・重量床衝撃音遮断性能では、L-55 を天井のないコンクリートスラブ厚さのみで達成するには $h = 17\text{cm}$ の厚さが必要になります。
- ・軽量床衝撃音遮断性能に関しては、コンクリートスラブのみでは L-60 前後になるため、床仕上げとして緩衝効果を考慮する必要があります。一例として、発砲塩ビシートまたはカーペット類を敷くことがあげられます。
- ・次に木造の場合は、L-55 の性能を達成する構法の例として、主に大断面の梁を用いた構造の例ですが、日本建築センターの設計施工マニュアルの一部を図 4-42 に示します。(a) ~ (b) は重量床衝撃音に対して配慮したものであり、(c) ~ (d) は重量・軽量床衝撃音両方に対して配慮したものです。また、これらは天井構造としてすべて遮音効果が 6dB あることを前提としています。

(2) 外部の騒音に対する遮音

遮音性能の高い壁と低い開口部がある場合、総合的な遮音性能は平均値とはならず、性能が低い

値により影響を受けます。そのため、遮音性能が低い場所をいかに減らすかが重要になります。開口部に二重サッシやペアガラス入り遮音サッシを使用するなどが必要になります。また木造の場合、底と壁の取り合い部分など隙間ができないようにするなど施工上の配慮が必要になります。また、木造で勾配屋根の場合、屋根にはガルバリウム鋼板を使用するが多いため、雨音に対しても注意が必要になります。

(3) 室内の快適な音環境のための吸音

木造に限らず快適な音環境を作ることが重要になります。部屋を適正に吸音すること、隣の授業の音や 2 階の足音が部屋に入っても、吸音することで不快さを軽減することができます。適正な残響時間とすることで、先生の声が通りやすい、子供の騒ぎ声が軽減するなど通常の授業の快適性も確保できるため、遮音と合わせて検討が望まれます。

(4) 遮音や吸音に関する設計事例

1) 青森県階上町立登切小学校（図 4-36 参照）

- ・2 階普通教室の床は、木下地の上に 9mm の遮音マットを敷き、その上に 15mm の積層フローリングを施工しています。1 階の天井は木下地に 5.5mm のシナ合板を目透かし張りにしています。この仕様で 9mm の遮音マットがどこまで遮音性能があるか、重量音についてはほとんど効果がないと思われます。また、衝撃音については、表面のフローリングのタッピング音が発生するのは避けられません。天井裏に高発泡ポリエチレン系断熱材等の高密な遮音材を敷くなどの工夫が必要と思われます。

2) 群馬県立前橋高等養護学校（図 4-37 参照）

- ・2 階の床の遮音については、十分に配慮され、床梁の上に 15mm の構造用合板を敷いた上に 125mm の ALC 板を置き、25mm のネオブレゴムを介してロックウールを敷き、12mm の荒床をおいて、最上部の仕上げをフローリングとせずに 8mm 厚のタイルカーペットを敷いています。瓜連小学校と同様に重量衝撃音に対して ALC 板が対応し、軽量衝撃音に対しては中間のゴムと仕上げのカーペットが音を吸収しています。しかも、1 階の天井裏に 50mm のグラスウールを敷き音を吸収し、この天井仕上げも岩綿吸音板としたこともさらに効果を

上げていると考えられます。

3) 三重県上野市西小学校

- ・2階の床仕上げはブナフローリングです。下地には、梁の上に20mmと15mmのパーティクルボードの間に19mmの遮音ベースを敷いて対応しています。また、1階の天井は2階床梁（鉄骨）より防振ゴム付きLGS（軽量鉄骨）下地としています。このため、2階の床振動が天井に伝わらず、重量音に対してはかなりの遮音性能があると考えられます。軽量衝撃音に対しては、遮音ベースによる遮音がある程度期待できます。

4) 茨城県瓜連町立瓜連小学校（図4-38～図4-41参照）

- ・2階の普通教室の床には、高度な遮音の工夫がみられます。2階床梁の上に125mmのALC板を敷き、その上にネオプレンゴムを455mmピッチにおいて25mmの硬質ロックウール（40kg品）を敷き、さらに15mmのパーティクルボードを介して荒床の12mmラワン合板、仕上げの15mmフローリングという構成をとっています。ここでは重量音に対して、

ALC（軽量気泡コンクリート）板と上部の合計42mmの木床を厚くしたことで小さな振動は抑えられ、そして中間のロックウールとネオプレンゴムが柔らかく、しかも空間をとって吸収しています。1階の床も鋼製床下地を採用しているため、衝撃音がゴムに吸収され、ラウンジ等で遊ぶ子供たちの足音がかなり吸収されることが考えられます。

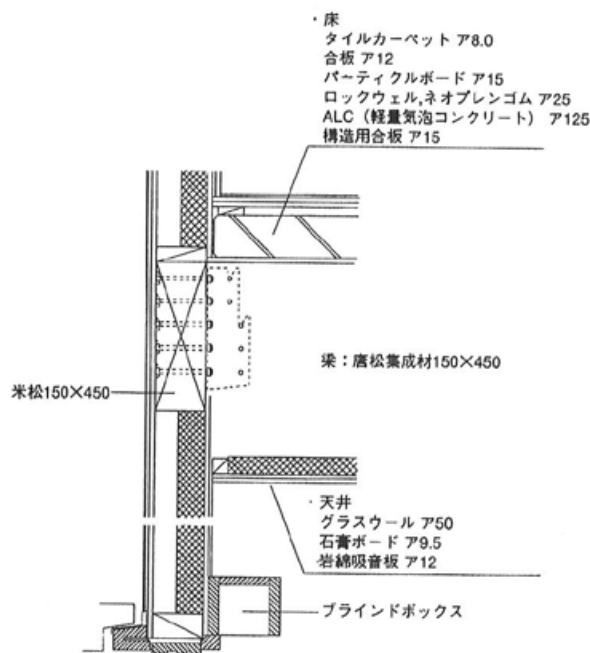


図4-37 前橋高等養護学校断面詳細図

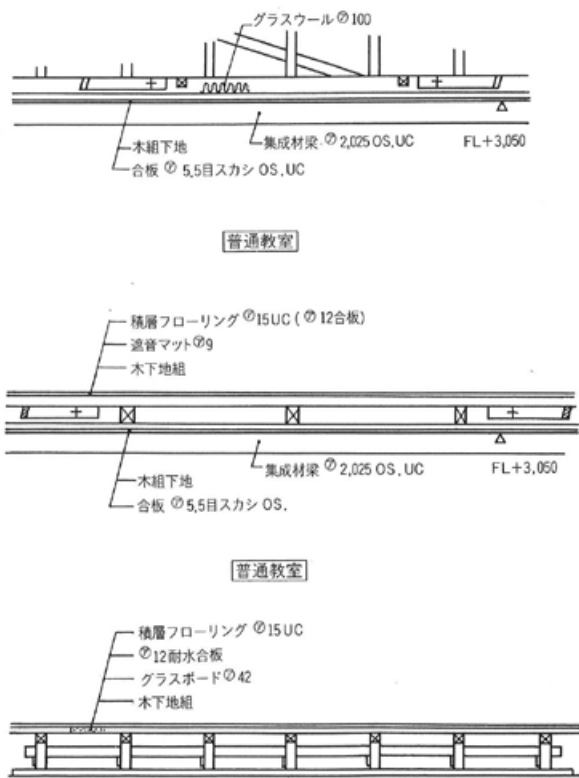


図4-36 階上町立登切小学校 1,2 階断面詳細図

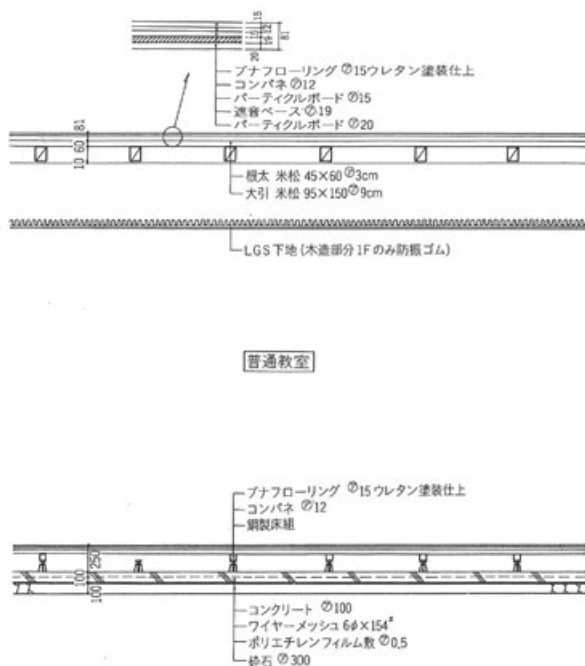


図4-38 瓜連町立瓜連小学校

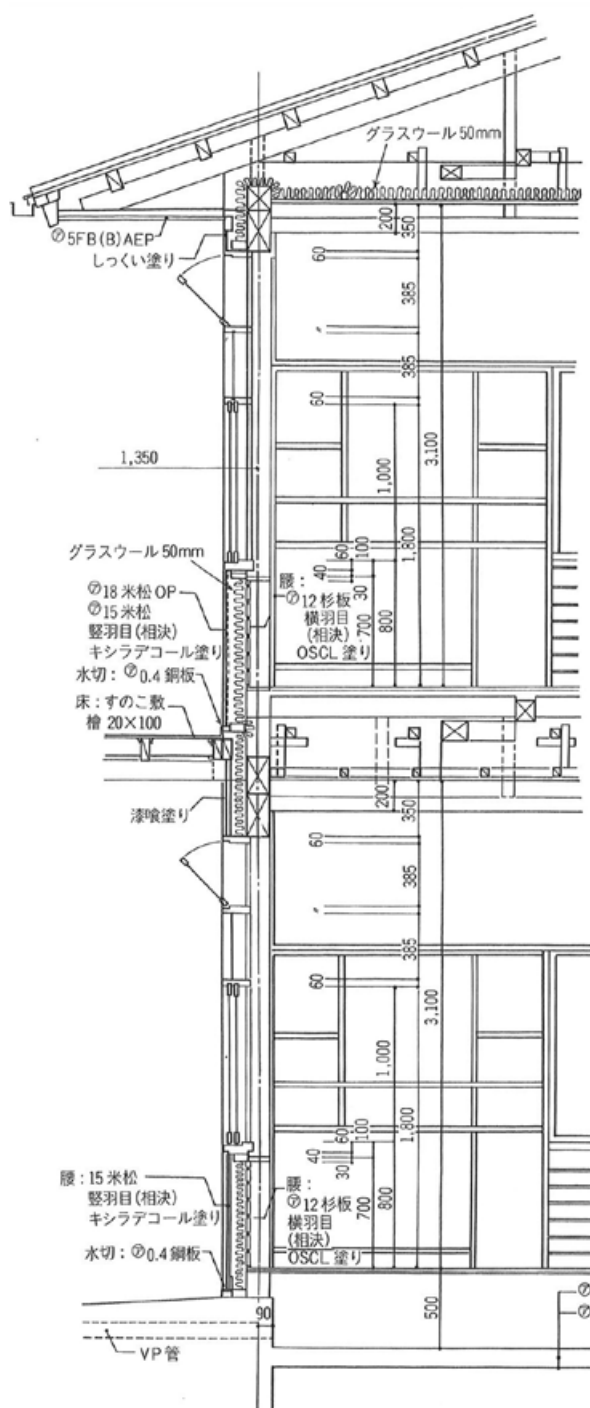


図 4-39 瓜連町立瓜連小学校断面詳細図

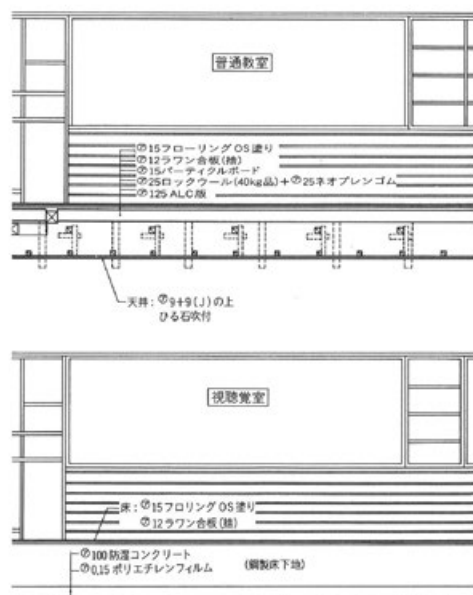


図 4-40 瓜連町立瓜連小学校 1, 2 階断面詳細図

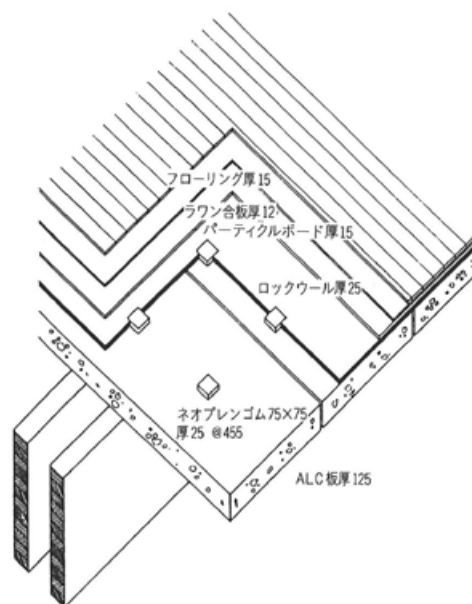


図 4-41 瓜連町立瓜連小学校 2 階床遮音構造システム

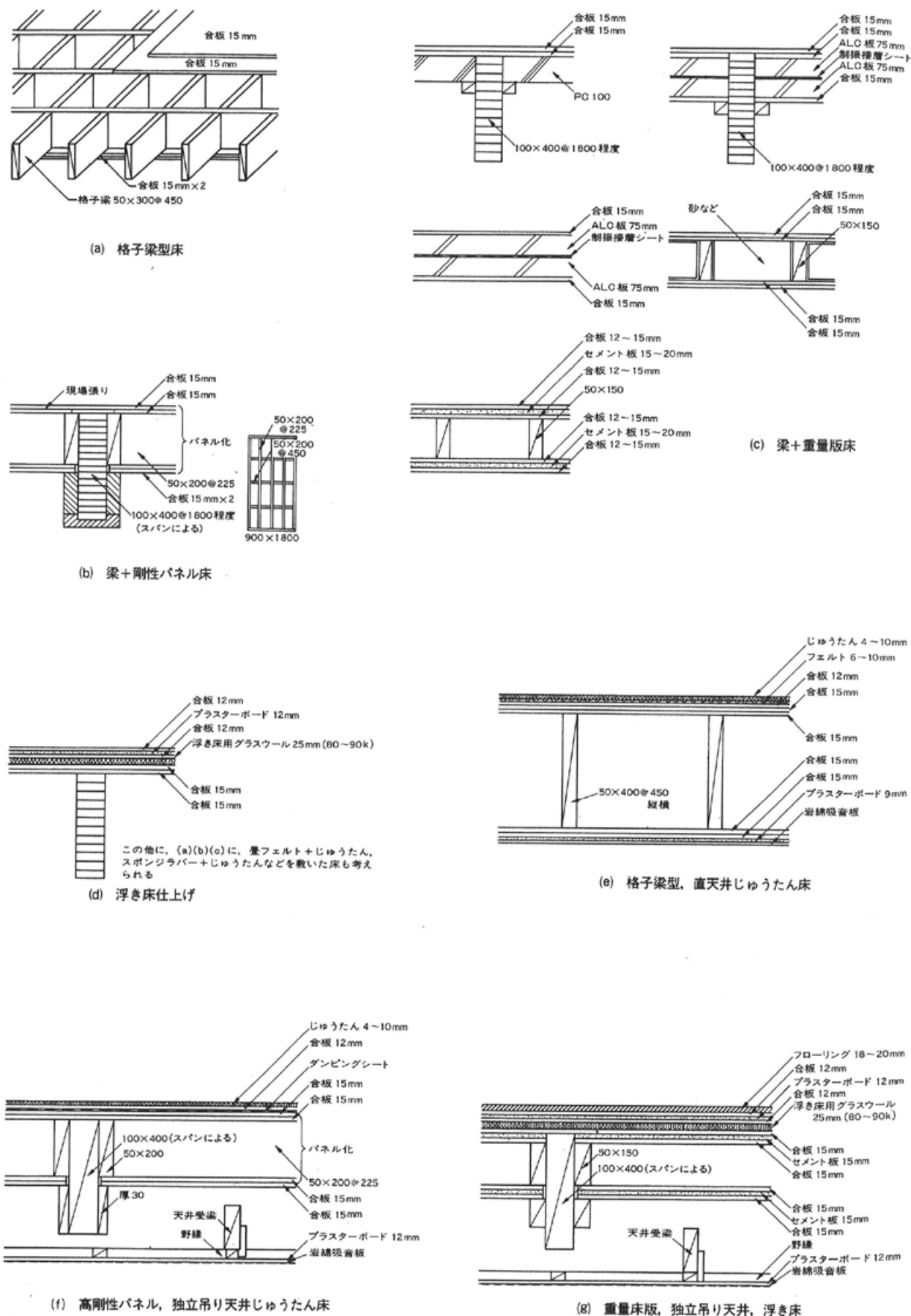


図 4-42 木造で L-4-55 を達成する構法 (日本建築センター：大断面木造建築設計施工マニュアル, 1998)

4-5 防火設計

4-5-1 木造学校に関する防火基準の変化

2014年に建築基準法が、準耐火構造以下の木造建築の利用範囲拡大につながる方向に改正されました。その主な内容は、3階建て特殊建築物や延べ床面積3,000㎡を超える大規模建築物の主要構造部に利用できる工法の範囲の拡大で、特殊建築物の中でも学校については、翌年の政令・告示により、具体的な設計要件が示されています。この法改正では、特定避難時間等、これまで、学校や木造建築の基準にはなかった新しい概念も導入されています。ここでは、木造学校の建築防火に関する対策や基準の考え方について、建築基準法制定時からの経過も踏まえて解説します。

建築基準法が1950年に制定された当時、日本では、大規模な市街地火災が頻発し、多数の犠牲者を出す木造建築火災も起こっていました。大規模木造建築が炎上して大規模な市街地火災に発展した事例は、建築基準法制定後も、小学校から出火した松阪市大火（1951年）、小樽市大火（1956年）を含めてその後も続いており、建築基準法では、中高層や大規模建築物や避難困難者・不特定多数が利用する施設は、耐火建築物とすることが要求されました。学校でも、主要構造部への木造の活用は、長い間、2階建て以下（法27条）、延べ床面積3,000㎡以下とし、延べ床面積が大きい場合には1,000㎡以内ごとに防火壁で区画する（法26条）という計画がされてきました。

大規模木造を可能とする防火基準として、1992年に準耐火構造の概念が建築基準法に導入され、特殊建築物への木造適用や規模制限の緩和が行われました。それまで、木造に関する防火基準は、大規模建築物の火災規模の抑制策である防火壁を除けば、市街地火災抑制対策である外壁の防火構造にほぼ限られていました。防火構造は基本的には外部の火災が建物内部に延焼するのを防ぐ対策です。従って、建物の内部で出火した場合に耐力部材を火災から守ることは期待できず、当該建物で火災になった時の近隣建物・市街地への延焼防止効果には大きな限界があるうえ、大規模建築物の内部で避難や消防活動を支援できるような内容

ではありませんでした。準耐火構造は、日本では初めて木造建築の主要構造部全体に防火性能を付与させた防火基準であり、これによって、建物内部での火災拡大を制御できるようにして、合理的な避難計画の立案を可能にするとともに、近隣建物への延焼防止について耐火構造に準じる効果を達成できるようになったといえます。

その後、2000年施行の建築基準法防火規定の性能規定化により、それまで耐火構造の前提条件だった構造部材への不燃材料の利用要求が除外され、代わりに耐火構造が達成すべき性能が明確化されました。これによって法令上、木造による耐火構造が可能になりましたが、耐火構造要求を木造で達成するのは技術的に容易ではなく、建物の広範囲を木質耐火構造とするような事例は、住宅等、主要構造部の不燃被覆が容易な壁の多い用途以外にはなかなか広がりを見せていません。

一方、耐火構造は、建築基準法上、適用制限のない万能の構造と位置付けられているといえますが、耐火構造が要求される理由は様々です。中高層建築では倒壊による周囲への影響、特殊建築物では避難の確実化等と、規制対象によって、本来、火災時に求められる主要構造部の条件が異なり、その個々の条件を克服するには必ずしも耐火構造とする必要があるわけではありません。

建築物の防耐火性能の考え方の性能的整理は、もともと、建築基準法防火規定の性能規定化の検討の経過で進められていました。その段階で主要構造部の防耐火性能自体が、部位の火災安全上の役割によって要素に分けられ、耐火構造として必要な条件は部位ごとに要素性能を組み合わせで規定されるようになっていました。

即ち、耐力部材では火災による変形を制限する非損傷性が、また、防火区画部材では非火災側での火災を引き起こさないための遮熱性・遮炎性が求められ、各々、確保できる火災加熱時間によって性能が表示されるようになっていきます。耐火構造と準耐火構造に求められる火災加熱に対する性能は、この表示された時間までは基本的に同等で、その違いは、耐火構造では耐火時間の火災加熱の

後も、構造物としての自立等の性能を維持できる点です。

そのため、避難上、困難が予想される特殊建築物であっても、避難困難者の避難や救助を、主要構造部の耐火性能が担保される時間の範囲で完了できれば、準耐火建築物でも、達成される人命安全性に耐火建築物との差はないとの意見は、1992年に準耐火構造が建築基準法に導入された前後からありました。しかし、火災で逃げ遅れた人の避難・検索救助の評価には、建物内の避難行動の把握だけでなく、消防対応にかかる時間の検討も必要で、多くの困難があります。準耐火構造自体が、当時、日本では新しい概念であり、その可能性は長らく追求されませんでした。

2011～2013年度にわたる木造3階建て学校の検討^{1)～3)}では、主として避難安全の確実化及び大規模建築物における火災拡大の抑制という観点から、準耐火構造を手がかりとして、耐火構造以外の工法による3階建て・大規模化の可能性が追求されました。一方、学校教室は、他用途に比べると室面積に対して窓が大きく、教室火災が盛期に達すると窓から大規模な火災が発生する傾向があることが実験で判明しました。そのため、火災拡大の抑制や全館避難を確実にするには、建物内部の防火区画だけでは不十分で、外部開口部を媒介とする延焼を制御することが必要と考えられました。

外部開口部からの延焼を制御する方法としては、①開口部からの火炎噴出の遅延・防止、②開口噴出火炎の上階窓への侵入の抑止の二通りが考えられます。このうち、①の具体的な方法として、自動消火設備による初期消火の確実化のほか、教室規模の室では天井を燃え拡がり難くすることが、窓からの火炎噴出時間の遅延に効果的であることが実験で判明しました。また、②については、庇、バルコニー等、窓の上下を区切る突出物の効果が大きいことも判明しました。

以上を踏まえて、2014年建築基準法改正では、避難安全の困難性を理由に特殊建築物指定されている用途全般の3階建てや、延べ床面積3,000㎡を超える建築物を耐火建築物以外とする場合の基本的な条件が示され、次いで、2015年には学校を対象とする木造3階建て要件や、延べ床面積3,000㎡を超える場合の延焼防止対策の条件を例示する政令・告示が整備されました。これらの詳しい内容については、文献4)等の解説を参照し

てください。

ところで、避難困難者の避難・検索救助という概念は、前述のような事情から、それまでの建築基準法では明確化されていませんでした。「特定避難時間」は、在館者の避難から、消防隊による検索救助までに必要な時間を表し、この間、避難等を妨げる倒壊や大規模な火災拡大等が起こらない建物を特定避難時間倒壊等防止建築物といいます。避難時間は、もともと、建物の規模、平面計画等によって異なりますが、学校では、登下校時に群集となる生徒の動きを処理できるように階段配置等が決まるため、特殊建築物の中では、避難時間も特定避難時間も、建物による差は生じにくいものと考えられます。

一方、それまで延べ床面積3,000㎡を超える建築物については、耐火建築物以外を禁じていましたが、2014年法改正で3,000㎡を超える延焼の確実な防止策を条件として耐火構造以外でも建設可能となりました。この延焼防止の方法として、2015年国交省告示250号では耐火構造の壁やコア状の構造物が示されています。この延焼防止部分に求められる性能を表すのが、「火災継続予測時間」です。低層の建築物では耐火構造よりも長い90分の性能が要求されていますが、それは、耐火構造は、建物内に収納されている可燃物の火災に耐えるように性能が設定され、主要構造部本体は燃焼しないことを前提としているのに対して、準耐火構造以下では、最終的には主要構造部も燃焼する可能性があり、その分、火災が耐火建築物よりも長く続き得るからです。このように、耐火建築物以外では3,000㎡を超える延焼防止については、一般的な防火区画よりも高い確実性が求められています。そのため、延焼防止のための壁を廊下が貫通する場合等の貫通部も、防火区画より高度の防火性能が求められます。即ち、防火区画に使われる防火設備（防火シャッター等）に必要な防火性能は遮炎性だけであるため、耐火加熱試験を行うと、非加熱側表面温度は、木材等の引火温度を遥かに超えて上昇する場合があります。非加熱側表面付近の可燃物は放射加熱されて着火する可能性があるため、防火設備で確実に延焼を防止するのは難しいのです。延焼防止のための壁に扉等の開口部を設ける場合は、周囲の内装の不燃化や貫通部（防火設備等）自体の遮熱性の改良が必要とされているのは、そのためです。

大規模木造学校については、かつて、建築基準

法旧第 38 条により、1 階を耐火構造とし、その上に木造教室を載せることにより、延焼防止を、音楽教室の遮音や職員室のセキュリティの向上と巧妙に組み合わせる混構造の意欲的な取組⁵⁾がされたことがありました。2015 年告示には、そのような設計メニューは含まれていませんが、理論的には 2014 年法改正の趣旨に適うものであり、大規模木造を可能とする法改正の流れの中で、その復活を含む防火設計手法の多様化が進められることが期待されます。

参考文献

- 1) 長谷見雄二他：木造 3 階建て学校の実大火災実験（予備実験）その 1～14，日本建築学会大会学術講演梗概集（防火），2012 年．
- 2) 長谷見雄二他：木造 3 階建て学校の実大火災実験（準備実験）その 1～23，日本建築学会大会学術講演梗概集（防火），2013 年．
- 3) 長谷見雄二他：木造 3 階建て学校の実大火災実験（本実験）その 1～26，日本建築学会大会学術講演梗概集（防火），2014 年．
- 4) (一財) 日本建築センター編，木造建築物の防火・耐火設計マニュアル—大規模木造を中心として—，2017 年．
- 5) つくば市東小学校——現代計画研究所，新建築，1995 年 9 月．

4-5-2 木造学校の防火基準

(1) 防火法令の趣旨を理解する

木造の学校建築を設計する際には、建物の階数、面積規模、建物高さにより、表 4-9 に示すように、主要構造部に必要な防耐火性能、すなわち、建物の倒壊抑制性能が決まります。具体的には、2 階建て以下の場合、延べ面積や建物高さにより、その他建築物、または、準耐火建築物、3 階建ての場合、準耐火建築物、4 階建て以上の場合、耐火建築物とします。さらに、その耐火要件により、出火室の延焼拡大抑制、建物内の延焼拡大抑制、利用者の避難安全、消防活動支援等のための、各種規制がかかることとなります。

火災は、可燃物が連続的に燃焼を続けると、出火源→内装仕上り材や室内の可燃物（収納可燃物と呼ぶ）→室全体→建物全体→市街地へと成長する災害です。そのため、出火防止に努めるとともに、できるだけ早期に発見し、消火することが重要です。それでも消火しきれない場合を想定して、

建築基準法では、利用者の避難安全性の確保や財産（建物）の保護、消防活動支援、市街地火災抑制のために、出火室の延焼拡大を抑制する「内装制限（学校は内装制限は原則としてかからない）」、建物内の延焼拡大抑制する「防火壁・防火区画」「防火上主要な間仕切壁の設置」「小屋裏隔壁の設置」「開口部からの上階への延焼拡大抑制措置」など、建物の倒壊を抑制する「防耐火構造制限」等の規制を設けています。このように何段構えにも火災安全対策がされているので、それらの防火法令の趣旨を理解しながら設計を進めていくことが重要です。

(2) 木造 2 階建て学校の防火基準

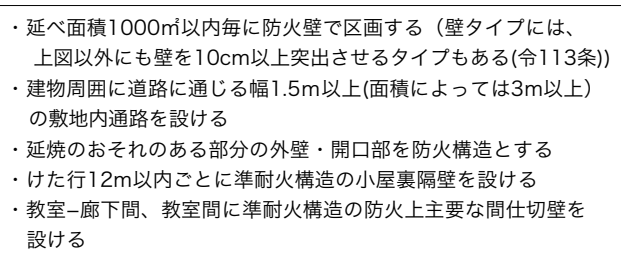
ここでは、もっとも木造学校としての設計事例の多い、その他建築物（2 階建て以下、延べ面積 2,000㎡以下、軒高 9m 以下かつ最高高さ 13 以下、表 4-9 の建物タイプ A）で設計する場合について、図 4-43 に防火基準をまとめます。まず、隣棟火災に対しては、延焼のおそれのある部分の外壁と軒裏を防火構造として、輻射熱による延焼を抑制します。また、建物内部火災に対しては、教室と廊下間や教室間に設けた防火上主要な間仕切壁や、けた行 12m 以内ごとに設けた小屋裏隔壁（ともに準耐火構造）により、燃え広がりを緩慢にし、さらに、延べ面積 1,000㎡以内ごとに設ける防火壁で、延焼をくい止めます。

防火壁は耐火構造（火災時にずっと壊れず自立する）とすることが求められ、図 4-43 のように、コアタイプと壁タイプがあります。いずれの場合も、防火壁で分断される木造部分の片側が消失しても耐火構造の防火壁が自立し続け、延焼遮断性能が継続することが求められます。特にコアタイプの防火壁は構造的に不安定になりがちなため、確実に自立できるよう設計します。

さらに、建物の周囲に、建物利用者の避難や消防による早期の消火・救助が早期に達成されるように、道路まで通じる敷地内通路を設けることが重要です。

(3) 木造 3 階建て学校の防火基準

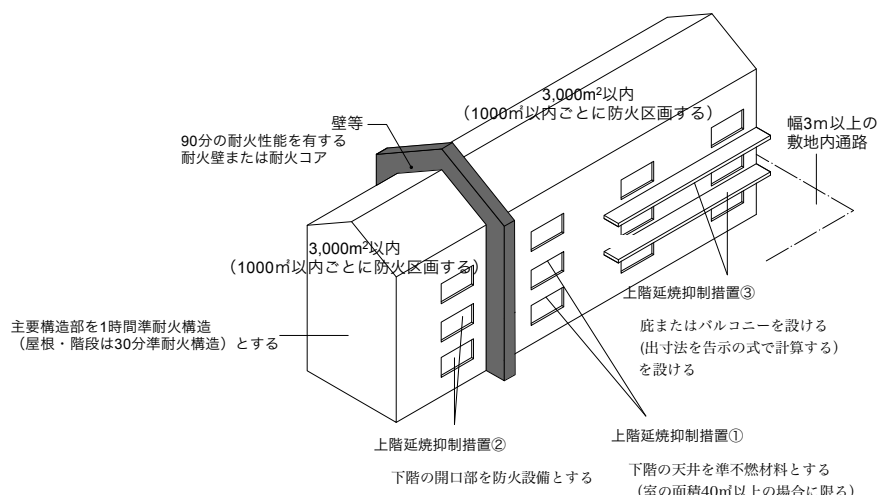
平成 27 年 6 月の法令改正（法 27 条、法 21 条）により、1 時間準耐火建築物（主要構造部を 1 時間準耐火構造（屋根・階段は 30 分）とする）で、設計可能となった、新しいタイプの木造建築物です。図 4-44 に防火基準をまとめます。まず、隣棟火災に対しては、外壁・軒裏を 1 時間準耐火構造、延焼のおそれのある部分の外壁開口部を防火



設備として、輻射熱による延焼を抑制します。また、内部火災に対しては、教室と廊下間や教室間に設けた防火上主要な間仕切壁や、けた行 12m 以内ごとに設けた小屋裏隔壁（ともに 1 時間準耐火構造）により、燃え広がりを緩慢にし、さらに、延べ面積 1,000㎡以内ごとに面積区画するとともに、階段やエレベーター等の竪穴は、竪穴区画をして防火区画を形成します。さらに、国土交通省による木造 3 階建て学校の実大火災実験で課題となった、開口部からの噴出火災による外壁開口部を通じた上階への延焼を抑制するために、図 4-44 に示すように、1 階、2 階の開口部について、①～③のいずれかの上階延焼抑制措置を行います。

- ① 下階の天井を準不燃材料にする（ただし、室面積 40㎡以上の場合に限る）
- ② 下階の開口部を防火設備とする
- ③ 庇またはバルコニーを設ける（出寸法は H27 国告 255 号による）

①は天井を不燃化することにより、開口部からの噴出火炎の大きさを抑制、②は防火設備を設けて噴出火炎が発生する時間を遅延、③は噴出火炎を建物から遠ざけて上階開口部への輻射熱を抑制して、上階への延焼を抑制または遅延しようとするものです。上階延焼が早期に起こると、避難安全上、消防活動上の脅威になるため、3階建て木造学校にとって、大変重要な防火措置と言えます。



- ・延べ面積 3000㎡以内毎に壁等を設ければ建物全体の面積制限はなし
- ・外壁開口部からの噴出火炎による上階延焼を抑制する措置として上階①～③のいずれかを講じる (一棟内で①～③が混在してもよい)
- ・建物周囲 (窓のない面は除く) に道路に通じる幅 3m 以上の敷地内通路を設ける
- ・主要構造部を 1 時間準耐火構造 (屋根・階段は 30 分準耐火構造) とする

図 4-44 木造 3 階建て学校の防火基準の概要

また、法 21 条 2 項の改正により、延べ面積が 3,000㎡を超える場合でも、3,000㎡以内ごとに、図 4-44 の壁等を設ければ、耐火建築物とせず設計することも可能となりました。壁等は、前述の防火壁よりも高い耐火性能 (90 分耐火構造) と延焼抑制性能を有しており、壁等の形状や、壁等に隣接する外壁に耐火性能を求める範囲等が、H27 国告 250 号に例示されています。

木造 3 階建て学校の防耐火設計上、考慮しておきたい点をまとめます。

1) 建物の配置計画

- ・建物外周に幅 3m 以上の避難用・消火活動用の道路まで通じる通路が必要 (2 階建ての場合は規模によっては 1.5m 以上ですむ)。

2) 各部の仕様

- ・床は、1 時間準耐火構造と遮音性能の両方を有する必要がある (2 階建ての場合は遮音性能のみ)。
- ・図 4-44 の上階延焼対策のうち、天井の不燃化は延べ面積 40㎡超の室にしか適用できないため小部屋は別途対策 (外壁開口部への防火設備の設置、または、上階へのバルコニー・庇等の設置) が必要。

3) 壁等の配置

- ・延べ面積 3,000㎡以内ごとに壁等による区画が必要だが、この配置がもっともプランニングに影響を与える。

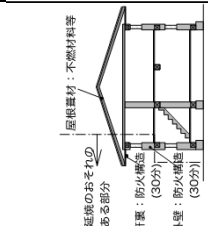
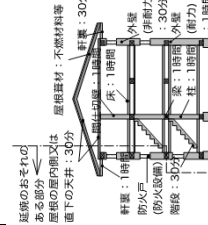
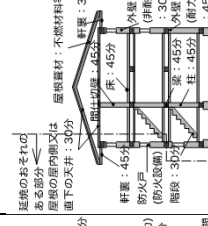
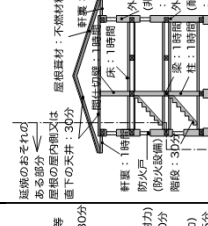
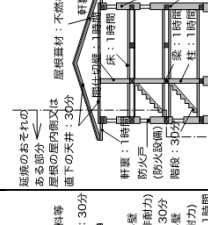
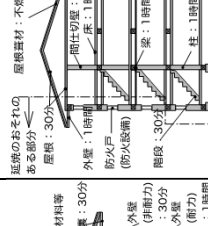
- ・コアタイプの場合、壁等の内部には、便所、階段、廊下等の火災の発生のおそれの少ない室しか配置できない。
- ・壁等に設ける特定防火設備には遮熱性が求められ、規定の厚さのケイ酸カルシウム板等を張った遮熱扉とするか、通常の鉄扉とする場合は壁等に接する室に内装制限がかかる。

4-5-3 木造体育館の防火設計—耐火性能検証法

学校の体育館は、鉄骨造等で建てられることが多いですが、校舎の木造化に伴い、体育館の木造化の取り組みも行われるでしょう。体育館は、規模によっては、燃えしろ設計等に頼らなくても木造で建設可能ですが、大規模な体育館・ホールに、耐火性能検証を活用して木構造とした事例もあります。体育館のアリーナ部分では、常設される可燃物が少なく、空間全体に広がるような火災になり難いため、アリーナ部分で起こり得る火災の火炎が到達する範囲の壁・柱等を耐火・不燃化し、火災感知器連動排煙を設けたうえで木造屋根を架けるのが最も一般的です。図 4-45 は、耐火性能検証により耐火建築物としての大員認定を受けて建築確認された例⁶⁾です。

体育館のような天井の高い大空間で火災になると、可燃物密度が小さければ、火災は水平方向に急速に広がることはなく、発生する煙は屋根の下に層のように上方から蓄積してきます。図 4-45

表 4-9 木造学校の防火基準の抜粋

建物タイプ		A	B	C	D	E	F
建物規模・高さ	階数	2階建て以下					
	延べ面積	2000㎡以下					
	高さ	軒高9m超 または 高さ13m超					
建物の倒壊抑制 市街地火災抑制	防火構造制限						
	その他の建物タイプ	その他建物タイプ*2 制限なし 防火壁(1000㎡以内ごと) 準耐火構造 準耐火構造 制限なし 3m以上、1.5m以上、制限なし 不可 延べ面積500㎡以下:可能 可能	イ準耐火建築物(1時間)*3 制限なし 防火区画(1500㎡以内ごと) 準耐火構造(1時間) 準耐火構造(1時間) 制限なし 3m以上 不可 延べ面積1500㎡以下:可能 可能	準耐火建築物 制限なし 防火区画(1500㎡以内ごと) 準耐火構造 準耐火構造 制限なし 3m以上、1.5m以上 不可 建設不可 可能	イ準耐火建築物(1時間) 制限なし 防火区画(1500㎡以内ごと) 準耐火構造(1時間) 準耐火構造(1時間) 制限なし 3m以上 不可 建設不可 可能	イ準耐火建築物(1時間) 制限なし*4 防火区画(1000㎡以内ごと、 縦穴区画) 準耐火構造(1時間) 準耐火構造(1時間) 最上階以外は必要 3m以上 不可 延べ面積1500㎡以下:可能 可能 可能	耐火建築物 制限なし 防火区画(1500㎡以内ごと、 縦穴区画) 耐火構造 制限なし 制限なし 制限なし 可能 可能 可能

*1 延べ面積が3000㎡超の場合は、3000㎡以内ごとに壁等を設けて区画する(法21条)
 *2 延焼のおそれのある部分の外壁・軒裏は防火構造とする
 *3 その他建物タイプとして設計可能(法21条、令115条の2)。ただし、柱・はりを含めしる設計(30分)等とする
 *4 下層階居室開口部からの上階延焼抑制措置として天井の不燃材料化を選択した場合は除く
 *5 建物の出口から道路等までの幅1.5m以上の避難通路は別途必要

の防火設計の基本的な考え方は、アリーナの火災が空間の局所に留まるようにし、屋根面下に蓄積する煙については、屋根面等に自然排煙口を設けて、その温度が木材の引火温度に達しないようにするというものです（図446参照）。その結果、鎮火まで屋根を構成する木材は着火を免れるため、火災後も自立を維持することが必要な耐火建築物の要件を満足するのです。建物内で火災が大規模化するのには、天井面で燃え広がることが契機となる場合が多いので、屋根への延焼防止の徹底を図ることは、万一、出火した場合の火災規模を抑制するという意味でも重要です。

こうした防火設計は、「局所火災による耐火設計」等と呼ばれており、文献6）、7）等でやや詳しく説明されています。ここでは、この耐火設計法の基本的な考え方と主な特徴、留意点について説明します。

大空間建物に局所火災による耐火設計を適用して木質化を図る場合の一般的な利点として、以下



図4-45 耐火性能検証により耐火建築物として大臣認定を取得した体育館（高知学芸中学高等学校記念体育館）

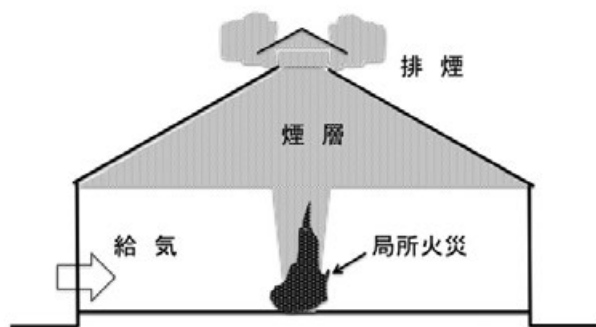


図4-46 局所火災による耐火設計の体育館への適用の考え方

があげられます。

- (1) 耐火建築物となるため、通常の大規模木造建築物と異なり、アリーナ周辺諸室が規模・内装制限等の制約を受けない。
- (2) 木造屋根は、火災後まで引火しないとの想定が成り立つため、耐力上必要な断面に更に燃えしろ層等を設ける必要がなく、燃えしろ設計に比べて屋根の木材量を節約でき、視覚的にもスレンダーになる。

図445に示した事例は、燃えしろ設計によらないことで実現した繊細な集成材を編んだドームで屋根を構成し、壁内装も、軒高の約半分までの高さを木質化するなど、この設計法の特徴がよく活かされた設計といえます。

局所火災による耐火設計において、設計全体に最も影響するのは、木造屋根の引火を防ぐのに、床面からどの程度の高さが必要かでしょう。

火炎の高さは、発熱速度を Q (kW) とすると、やや危険側の設定で $0.2Q^{2/5}$ (m) となります。局所火災で火源と想定されるのは、①アリーナ部分に置かれる可能性のある運動用具・椅子等の可燃物と、これら可燃物からの出火で着火する②床組、③壁内装で、各々が炎上する際の発熱速度を合算して火炎高さを算定し、それが木造部材に達しないように設計します。これらの発熱速度をどう想定するかは関連文献を参照していただきたいですが、床・内装に特に防火的工夫を設けなければ一般に①、②、③は各々 3MW 程度となります。つまり、床・壁が不燃化されていれば、可燃物のみで 3MW（火炎高さ約 5m）、木造床では床組分を合算して 6MW（同 6.5m）、更に壁内装も木造の場合は合計で 9MW（同 7.6m）程度となります。このうち、壁内装については、木仕上げ壁が炎上した場合の火炎高さは、最大で燃焼面高さのほぼ2倍であるため、壁全体を木仕上げとするのではなく、図445のように壁の下方半分以下に留めておけば、火災時に壁に着火してもそれが屋根への延焼経路とならないようにすることができます。木造床についても、床組の構造を工夫して、燃焼規模の抑制を図った計画事例があります。

なお、体育館には舞台が設けられ、各種行事に使われることも考えられますが、舞台上に比較的大きな可燃物が設定される場合も、発熱速度は 6～9MW 程度に想定されることが多いです。外壁を耐火構造として単純に木造屋根を架ける場合は、こうして計算される火炎高さが軒高の下限と

なります。

一方で、局所火災による耐火設計が成り立つためには、空間全体に拡がる火災とならないようにすることと排煙の確保が必要です。例えば、アリーナ部分で出火しなくても、用具庫等、周辺諸室で出火し、その部分で盛期火災になって、火炎がアリーナに侵入すれば、屋根に延焼する可能性は大きく、実際に学校体育館で、用具室で出火し、火炎が防火性能のない壁を突破してアリーナに延焼し、そのまま全焼に至った事例もあります⁸⁾。従って、周辺諸室との間の防火区画が必要です。また、学校では収納スペースが不足して体育館等の一部が倉庫化してしまいがちですが⁹⁾、そのようなことにならないように、十分な収納スペースを確保するとともにアリーナ部分の可燃物を適正に管理することが重要です。排煙を確保するには給気口も必要です。

耐火性能検証は、建築基準法告示に計算法が示されるいわゆるルートBでも可能であり、ルートBによる木造アリーナの実現例（兵庫県大屋町「あけのベドーム『森の館』」）もありますが、計算法が単純な分、火災想定 of 安全率を大きく算定し、排煙口として大きな開口部が必要になるなど、設計の制約が大きくなる傾向があります。

図4-45に示した事例は、アリーナ部分の火災による煙の挙動については、アトリウムや大空間の避難安全検証における煙拡大性状予測に使われることの多いゾーンモデルで計算して、性能評価機関による審査を受けるルートCによっています。局所火災による耐火設計を学校体育館に適用した場合の火災の想定と煙層の蓄積状況の考え方を、図4-46に示します。

学校体育館に局所火災による耐火設計を適用した場合に必要な排煙口・給気口の面積を決める主な要因は、対象空間の面積、軒・棟までの高さ、設計上の煙層高さ（火源から発生する煙と排煙がバランスした段階での床面から煙層下端までの高さ）です。煙層高さは高く設定するほど、室内の避難者への危険が減少し、煙層温度も低下しますが、火源から立ち上る熱気流が煙層に届くまでに巻き込む空気量が增大するため、必要排煙口面積は増大します。学校体育館のプロトタイプに関する検討例⁷⁾によると、煙層高さを8mとした場合、アリーナ面積500～800㎡（バスケットコート小～大、一面程度）では、必要排煙口面積は20～30㎡、必要給気口面積は、その1/2～2/3程度と

の報告があります。

参考文献

- 6) 上田堯世, 宮林正幸:「高知学芸高等学校記念体育館」の耐火設計, NPO 木の建築, 第19号, pp34-37, 2007.
- 7) 平井倫之, 長谷見雄二, 永盛洋樹, 中田達也, 景山悠太郎, 原田浩司, 飯島泰男, 板垣直行: 大空間木造建築物の設計について: 学校体育館の火災安全設計から見た可燃物量調査, 日本建築学会大会学術講演梗概集(防火), 2009.
- 8) 長谷見雄二, 鍵屋浩司, 北後明彦, 宮武敦: 大規模集成木造体育館の火災調査, 日本建築学会技術報告集, 第17号, p209-212, 2003年6月.
- 9) 平井倫之, 長谷見雄二, 永盛洋樹, 原田浩司, 飯島泰男, 板垣直行: 局所火災を想定した木質現し大空間建築の耐火設計: 学校体育館における煙性状の簡易把握, 日本建築学会大会学術講演梗概集(防火), 2010.

4-5-4 木造学校の防火設計事例

前述の表4-9に、階数、延べ面積、建物高さなどの建物の防耐火構造制限をまとめました。すでに建築されている木造学校は、表4-9のタイプAがもっとも棟数が多いですが、その他のタイプについても、事例は少ないものの建築されています。ここでは、表4-9の建物タイプごとに防火設計事例を取り上げます。

[タイプA] 岐阜県立森林文化アカデミー

- ・その他建築物(2階建て, 延べ面積2,000㎡以下, 軒高9m以下, 最高高さ13m以下)
- ・防火壁(耐火構造, 延べ面積1,000㎡以下)

2階建て, 延べ面積を2,000㎡にして、その他建築物+防火壁で設計した事例です。火災時には防火壁で有効に延焼を抑制します。また、延焼のおそれのある部分の外壁・軒裏は防火構造として、隣棟からの延焼を抑制します。なお、その他建築物では、柱・梁等の構造躯体に防火要求がかからず、構造設計により部材の断面が決まります。

[タイプB][タイプD] 福井県南越前町立今庄小学校

- ・準耐火建築物(1時間)(2階建て, 延べ面積



図 4-47 岐阜県立森林文化アカデミー



図 4-48 福井県南越前町立今庄小学校

2,000㎡超 3,000㎡以下，軒高 9m 超，最高高さ 13m 超)

2階建てですが，最高高さが 13m を超えるため，法 21 条の規定により，建物全体を 1 時間準耐火建築物として設計した事例です。防火壁は特に必要ありませんが，防火区画（面積区画）が必要となります。柱・梁等は 1 時間準耐火構造とするため，燃えしろ寸法を製材 60mm，集成材 45mm とした燃えしろ設計がされています。燃えしろ寸法分が燃えたのちも構造的に自立し，1 時間は倒壊しない建物となっています。建物周囲に 3m 以上の通路（避難・消防活動用）が必要になるなど，配置計画にも留意が必要となります。

[タイプ E] 山形県羽黒高校

- ・準耐火建築物（1 時間）（3 階建て，延べ面積 3,000㎡超）
 - ・壁等（90 分耐火構造，延べ面積 3,000㎡以下）
- 2015 年 6 月の法 21 条，法 27 条の改正により建



図 4-49 山形県羽黒高校

設可能になった木造 3 階建て，延べ面積 3,000㎡超の学校です。

建物全体を 1 時間準耐火建築物として，延べ面積 3,000㎡以内ごとに壁等（耐火構造 90 分）を設けて，延焼を抑制しています。柱・梁等は 1 時間準耐火構造とするため，燃えしろ寸法を製材 60mm，集成材 45mm とした燃えしろ設計がされています。1, 2 階には，上階への延焼防止措置（天井の準不燃材料化，開口部に防火設備に設置，バルコニー・庇等の設置のいずれか）が必要になるとともに，建物周囲に 3m 以上の通路（避難・消防活動用）が必要になるなど，平面・内装計画，配置計画にも留意が必要となります。

その他にも，2018 年 2 月現在，[タイプ E] 1 時間準耐火建築物の木造 3 階建て学校の 2 棟目の事例として，魚津市立星の杜小学校が建設中です。また，[タイプ F] 1 時間耐火建築物の木造 5 階建て（木造部分は最上階から数えて 4 層以内）の江東区立有明西学園が建設中です。

4-6 耐久設計

4-6-1 耐久設計概要

(1) 耐久設計上考慮すべき劣化現象

現在の木質系材料による木造建築物を見た場合、主な構造要素をなすものとしては、製材・合板・集成材などの木質系構造材料、接合金物、接合具などがあります。木質系構造材料はさらに木部と接着層の大きく2つに分けることが可能ですから、結局、木質系材料による木造建築物の耐久性は、木部、接着層、接合具・金物類の大きく3者の耐久性を確保することに帰着されます。

このうち木部の構造性能を低下させる重要因子としては、腐朽と蟻害があり、両者は条件さえ整えば短期間に材深部にまで被害が及びやすく、建築物の安全性や居住性に極めて大きな影響を与えます。また、それらの劣化のうち特に腐朽を引き起こす前段階となる干割れ、ウェザリング、塗装部の劣化などの屋外露出部材を中心として発生する木部表面層の劣化にも配慮する必要があります。

一方、木質系材料における接着層の劣化に関しては、木部と接着剤界面のはく離の問題のほか、接着層自体の強度低下などの問題があります。ま

た、木造建築物の応力伝達上重要な役割をもつ接合金物、接合具に発生する劣化としては、鋼材部および防錆層・塗装皮膜の腐食、変質のほか、接合具の緩みなどがありますが、これらは金物自体のみならずそれに接する木材にも何らかの影響を与える場合があります、注意しなければなりません。

(2) 劣化外力の推定

つぎに部材、部品に作用する劣化外力の種類と程度を推定することが、木質系構造材料の耐久性能を確保する上で重要です。劣化外力は地域別と部位別に推定します。

1) 地域別劣化外力

劣化環境が形成されやすい箇所は、地域によって異なってきます。シロアリ分布、温度、湿度、雨量、風向、風速、積雪量、紫外線量、飛来塩分量などの自然条件が各地域で異なり、それによって劣化の原因となる外部劣化因子の分布状態も各地域で異なってくるからです。図4-50に、わが国におけるヤマトシロアリ、イエシロアリの分布図を示しました。最近の研究結果¹⁾からすれば、「住宅の品質確保の促進等に

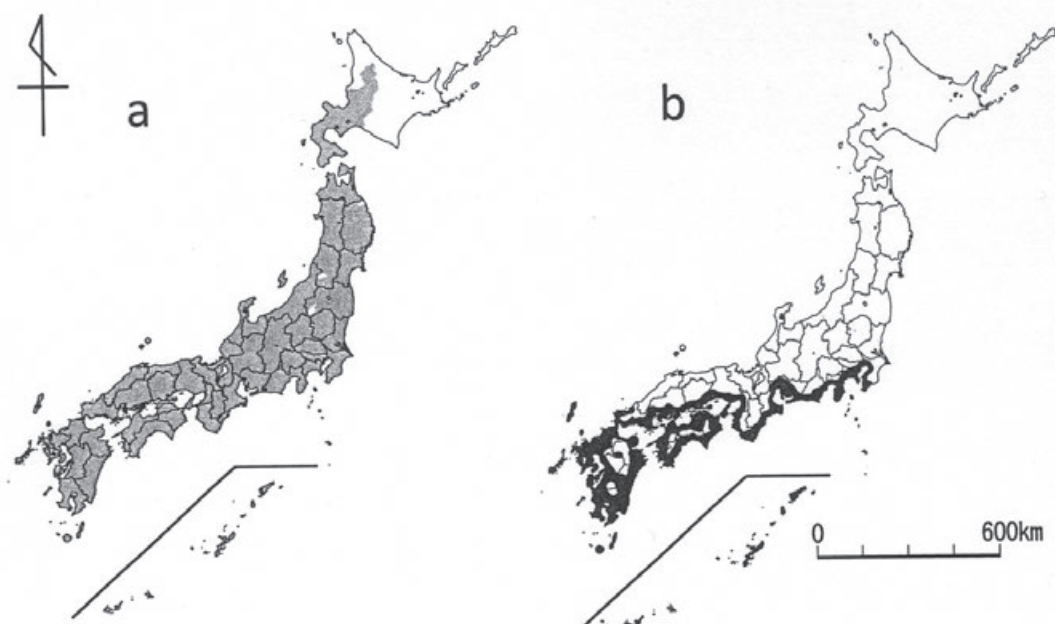


図 4-50 日本のシロアリ分布図 (a: ヤマトシロアリ b: イエシロアリ)¹⁾

関する法律」(以下、品確法とする。)の劣化軽減等級では地盤への防蟻対策が免除されている東北・北陸はおろか北海道の中西部にもシロアリが生息していることが確認されているので注意が必要です。また、表 4-10 は腐朽菌の生育係数を示したものであり、実験的に腐朽菌の生育と温度との相関をもとに腐朽危険度を係数化したものです²⁾。床下に置かれた木材の腐朽実験結果により 15℃ 以上の温度の 1 日当たりの時間数の年間積が腐朽菌の生育とよく相関していることが基礎となっています。表 4-10 において係数が 1 を下回る地域ではより劣化に対する危険度が高くなると考えておくべきです。

図 4-51 には、亜鉛メッキの年間腐食量(腐食速度)による劣化分布図³⁾を示しました。腐食速度が大きくなる地域では、外回りに接合金物を露出して使う場合に錆が生じやすくなるので、嚴重な防錆処理などの対策をとる必要があります。以上のように、各地域の劣化外力を

把握した上で、それに対応した設計をする必要があります。

2) 部位と劣化危険度

地域性によって、木造建築物の周辺・内部環境と劣化外力が基本的に規定されるものの、これが直ちに建物内部にある木質系構造材料の周辺環境ならびに劣化の有無を規定することにはつながりません。腐朽菌の繁殖温度に達しない時期でも、室内の暖房エネルギーが直接間接に部材に作用すれば部材周辺温度は生物劣化が発生しうる温度にまで十分容易に上昇し得るし、外気がいかに乾燥している地域であっても、水回り使用水が床下や壁内に漏水していれば、部材周辺に生物劣化発生に必要な水分・湿分は容易に供給されてしまいます。特に、床下や壁内、小屋裏を密閉ないしは半密閉する建築構法では、地域性のような巨視的な環境とは無関係にそれぞれの部位内あるいは部材周辺に、劣化に適した環境が何らかの原因により形成されてしまうことがあります。このように部材の周辺に形成される温度、湿度、水分、通風などの状態区分を、「ユースクラス」あるいは「ハザードクラス」といいます。部材に生ずる生物劣化はこのユースクラスによって発生の有無、速度、範囲が最終的に決定されます。表 4-11 に集成材 JAS の接着性能によって区分したユースク

表 4-10 腐朽菌の生育係数²⁾

係数値	1.2	1.1	1.0	0.90	0.80
15℃ 以上の時間数の積	3520 時間以下	4700 時間以下	5900 時間以下	7050 時間以下	7050 時間を超える

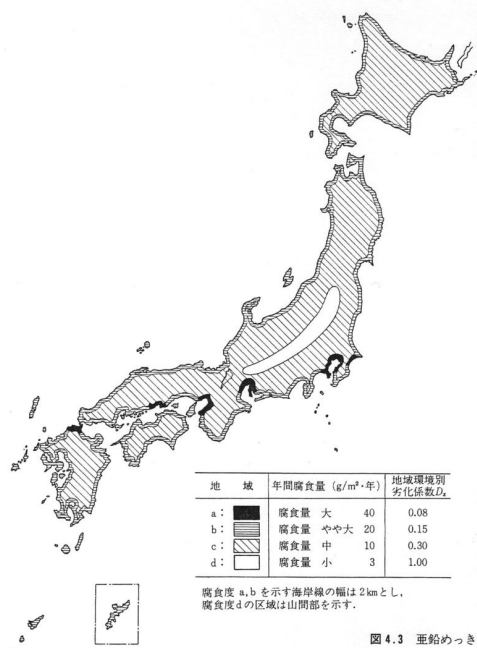


図 4-3 亜鉛めっきの劣化分布図

図 4-51 亜鉛メッキの年間腐食量(腐食速度)による劣化分布図³⁾

表 4-11 集成材 JAS における使用環境区分

区分	定義
使用環境 A	含水率が長期間継続的に又は断続的に 19% を超える環境、直接外気にさらされる環境、太陽熱等により長期間継続的に高温になる環境、構造物の火災時でも高度の接着性能を要求される環境その他の構造物の耐力部材として、接着剤の耐水性、耐候性又は耐熱性について高度な性能が要求される使用環境
使用環境 B	含水率が時々 19% を超える環境、太陽熱等により時々高温になる環境、構造物の火災時でも高度の接着性能を要求される環境その他の構造物の耐力部材として、接着剤の耐水性、耐候性又は耐熱性について通常の性能が要求される使用環境
使用環境 C	含水率が時々 19% を超える環境、太陽熱等により時々高温になる環境その他の構造物の耐力部材として、接着剤の耐水性、耐候性又は耐熱性について通常の性能が要求される使用環境

ラスの例を示します。

建物内のユースクラスは、直接的には部位の位置・構法とその部分の機能・用途（温湿度、水分の作用条件）によって決定されます。例えば、床では地盤面からの湿気に対しては基礎構法の有する換気性能や防湿対策が関係し、使用水に対しては床の防水構法、水仕舞が関係します。また壁では室内からの水分、湿分の侵入に対しては防水構法や防湿構法あるいは通気構法が関係し、外壁面の雨水に対しては防水構法や雨仕舞が関係します。さらに各部位の断熱構法では、防湿層の位置やその材質が重要な鍵を握っています。すなわち、建物内における部材周辺のユースクラスを決定している要因には、各種水分・湿分の作用条件を基本として、部材の外気への露出状態、部材への日照条件、部材の地盤面からの高さ、断熱材の有無、部材の異種材料との接触状態、部材周辺の通気状態等があり、建物の耐久設計の際には、これらの使用環境条件を十分に考慮する必要があります。

(3) 耐久性能の作り込み

劣化外力の推定につづいて、図 4-52 に示すように材料そのものを耐久性能の高いものにすると同時に、材料の耐久性能を低下させる原因となる水分・湿分を長期間継続的に作用させない構造システムを作り込むことが、木質系構造材料の耐久性能を確保する基本となります。この時、何らかの故障あるいは許容限度を越える事象が生じた場合、その構造システムには、二重、三重に水分・湿分の作用を抑制するサブシステムが組み込まれていることが必要です。

また、構造材料に生じている何らかの危険な事

態を検知し、場合によりそれを容易に修補できるような作りとなっていることも重要なポイントです。それぞれの具体的な内容を示せば、以下のとおりです。

1) 劣化しにくい建物環境の設計

劣化しにくい建物環境を作るためには、第一のサブシステムとして、建物周辺環境を建物の耐久性能確保上有利にしつらえることが重要です。これは、建物の建つ地域の気候・地域特性（気温、湿度、日照時間、風雨・降雪量、卓越風向、海岸からの距離、シロアリの有無等）や局地的気象条件（周辺樹木や地形による建物周りの風雨の流れ、湿度分布等）などによって決まります。

つぎに第二のサブシステムとして、各部構法により構造材を水分・湿分から保護することが必要です。そのための構法を区分すれば、図 4-53 に示すとおり、A：雨仕舞・水仕舞構法、B：防水・防湿構法、C：通気・換気構法の3種に分類することが可能です。雨仕舞・水仕舞構法は、屋根、外壁、土台、水回りで雨水、使用水が構造材に作用する前に速やかに遠ざけるための建築的手法であり、各部の形状・寸法・勾配等のディテールデザインや下地・仕上げ材料の組み合わせによって対応します。一方、防水・防湿構法は雨水や使用水あるいは湿気が構造材に作用するのを防水・防湿材料によって防御する手法であり、防水・防湿材料のもつ物理化学的性能に大きく依存します。この構法は多くの場合、水・湿気の作用する部位の下地・仕上面あるいはそれらの接合部に用いられます。さらに、通気・換気構法は、以上の構法によって

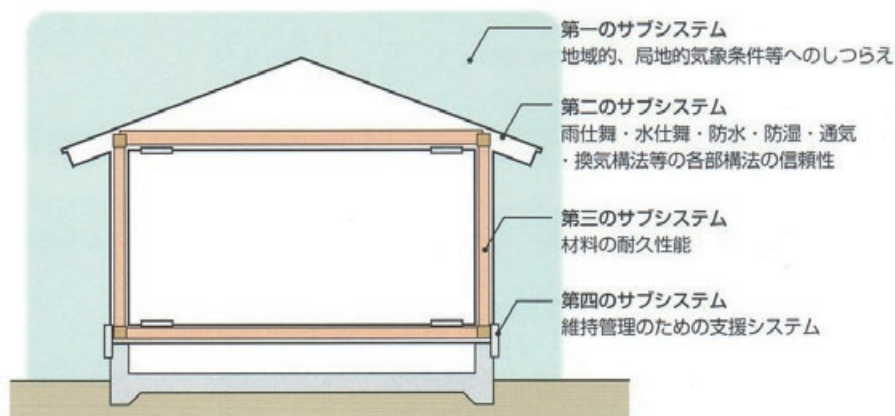


図 4-52 設計時点において考慮すべき耐久性維持システム⁴⁾

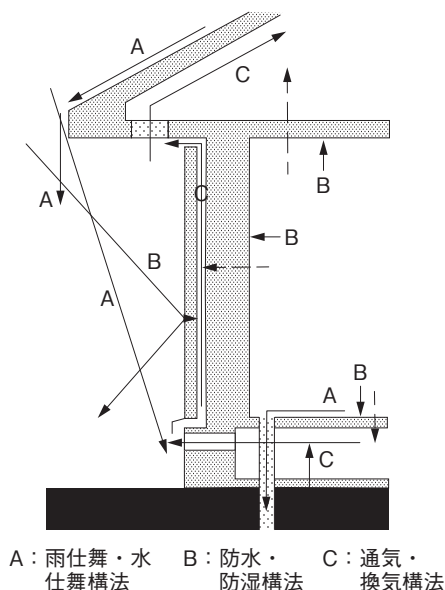


図 4-53 耐久性向上に係る各部構法

も防ぎきれない水分・湿分（床下・小屋裏滞留湿気、外壁、屋根、床下等の部位内結露等）を早期に建物外に排出するための手法であり、部位内の自然の圧力差を利用するのが一般ですが、場合により強制的通気・換気手段がとられることもあります。

これらの3種の構法を水分・湿分の処理態様から見れば、A：雨仕舞・水仕舞構法は水分・湿分を部位に作用させない機能、B：防水・防湿構法はある部位に作用した水分・湿分をその内部に浸入させない機能、そしてC：通気・換気構法は内部に浸入した水分・湿分を早期に乾燥させる機能と捉えられます。各部構法というサブシステムでは、構造材を水分・湿分から守

る保護システムとして、これら3種の構法が相互補完的に機能しあうことが大切であり、耐久性性能の向上を意図した設計においてはこの原則を守ることが肝要です。

2) 材料の適材適所への利用

つぎに第三のサブシステムは、使用材料そのものを高耐久化する手法体系です。基本的には故障確率の高い部位・部材に耐久信頼性の高い材料・部品を用いること（たとえば金物にステンレスを用いる等）ですが、木質系材料の場合は、木材保存剤を加圧注入処理した材あるいは木材表面への塗布処理材、吹き付け処理材など、その種類・性能は様々です。また、各種のエンジニアードウッド材の接着耐久性能や接合部に用いられる接合具、接合金物などの耐久性能を確認することも重要な課題になります。

3) 必要に応じた薬剤処理

耐久設計の基本原則はフェイルセーフの考え方を徹底することです。すなわち、仕上げや防水層などに何らかの故障、劣化が生じて構造材料に水が作用しても、一定時間以上その耐久性性能が確保されるような機構を組み込むべきです。そのためには、図 4-54 に示すように、「構造的に重要」「劣化しやすい」「点検・メンテナンスが困難」の3条件のうちいずれか2つ以上が該当する部位・部材に関しては、使用する金物防錆処理との相性を考慮したうえで加圧注入処理材などの高耐久材料を使用すべきです。

4) 維持保全のしやすい設計

以上のような3段階にわたる構造材料の耐久性性能確保策に加えて、故障確率の高い部位には原則として故障を検知し補修しやすくするため

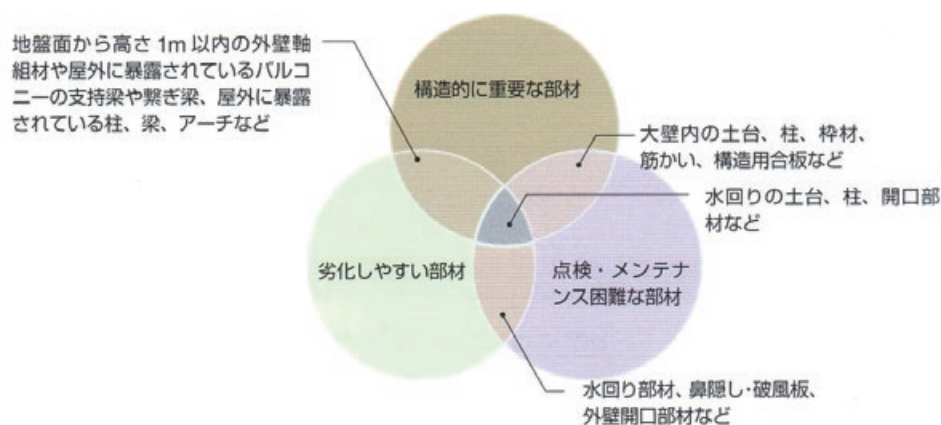


図 4-54 高耐久材料を使うべき部位材料⁵⁾

の維持保全の仕組みを設計段階から組み込むことが必要となります。具体的には建物各部の点検・補修がしやすいように点検口を要所に設けることや床下、外壁回りの点検・補修作業が可能となるような空間を確保することなどがポイントとなります。

4-6-2 メンテナンス

(1) 維持保全とは

木造建築物の各部位、部材は常に様々な劣化外力にさらされており、それぞれの部材の材料的性質や置かれている環境条件などにより、その性能が低下していきます。これを放置しておけば、いかに設計、施工が良くとも、木造建築物が建設当初保有していた構造安全性や防耐火性、居住性、利便性、美観などの様々な初期性能が経時的に低下し、使用者に不利益を与えるのみならず社会的にも好ましくない存在となります。このような事態に至るのを防ぐためには、木造建築物を日常的・定期的に点検し、必要に応じて部材や部品の補修や交換あるいは修繕をすることが不可欠です。このような行為を維持保全といい、その重要性から建築基準法第8条にはすべての建築物の所有者または管理者、使用者はその建築物が常時適法な状態にあるように維持すべき義務のあることが明記されています。

図4-55に時間の経過に伴う維持保全行為と木造建築物の性能との関係を概念的に示します。維持保全は木造建築物の性能を建設当初の状態または実用上支障のない状態に回復させることを目的とする種々の行為を指し、使用途中のある時点で建設当初のレベルを上回る性能値をめざす増改築あるいはリフォーム等の改良保全とは区別されます。

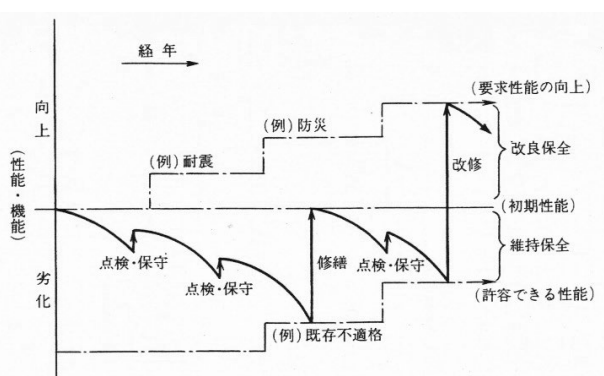


図4-55 維持保全の概念⁶⁾

(2) 計画的維持保全の重要性

維持保全は実施時期に応じて、事後保全と予防保全とに分けることができます。事後保全は木造建築物や設備機器に故障や損傷が生じて、機能や性能が低下したり停止した時点で行う保全行為であり、従来の木造建築物の維持保全はほとんどがこれに該当します。これに対して予防保全とは、計画的に点検、検査、補修などを実施して、構造物あるいは機器の故障や性能低下を未然に防ごうとする考え方であり、自動車の車検制度などがこれに該当します。事後保全は場合により補修に多大の費用がかかったり、大きな危険を放置することになりがちであり、木造建築物の経済的価値の損失ならびにその回復費用を最小限に抑えかつ使用者の安全を重視するならば、予防保全の考え方が木造建築物の維持保全に積極的に導入されるべきです。計画的な予防保全実施のためには、以下の各項目を考慮することが重要です。

1) 維持保全の実施主体と役割

木造建築物の維持保全を適切に実施するにあたっては、その木造建築物の設計から使用・維持管理に係わるすべての人々の、それぞれの立場に応じた適切な関与が必要です。すなわち図4-56に示すとおり、設計者は維持保全の方法について所有者または管理者に点検対象とすべき部位・箇所のほか、点検すべき故障・劣化現象項目、それぞれの点検項目別の点検方法、点検周期、そして各故障・劣化現象ごとの保守方法あるいは保守委託先などの十分な情報を提供する必要があります。また材料メーカーないしは施工者は、設計者に協力して各材料の保守方法あるいは材料・工法の耐用年数、施工図面など維持管理上不可欠な情報を提供する必要があります。一方、所有者または管理者は、設計者が

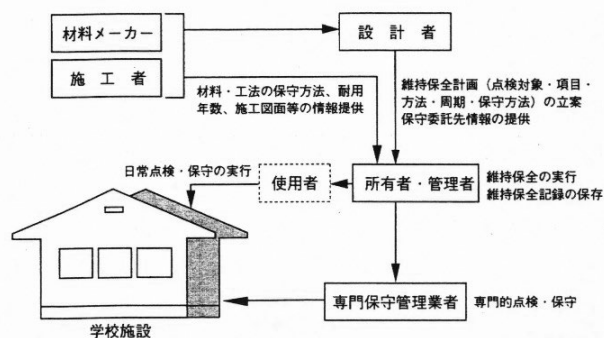


図4-56 維持保全の実施主体と役割

示した維持保全上の情報に基づいて日常点検、定期点検あるいは臨時点検を実施し、その結果に応じて適切な木造建築物保守上の措置を講じるとともに、講じた措置の内容を記録しておくことが必要です。この際、学校施設の場合には、日常点検や保守の一部を建物使用者（教職員や児童・生徒）が行うようになることが多いと思われますが、これを重要な教育行為の一環として積極的にとらえていくことも一つの方法です。

2) 計画的維持保全実施上の前提条件

計画的な予防保全は、日常あるいは定期の点検・診断をベースに実施される行為であり、また、木造学校施設は個人住宅と異なり各部面積、高さが大きくなることから、保守・補修のための費用も多大な額になりがちです。したがってこのような計画的な維持保全を実施するためには、そのための適切な予算措置を講じることが重要な前提条件となります。また、建物そのものが維持保全のしやすい設計となっていることも計画的な維持保全を実施するための重要な前提条件の一つです。維持保全のしやすい設計とは、構造部材あるいは設備類の点検のしやすさと、それら部材・部品の補修・交換のしやすさを内容とします。すなわち、構造部材が露出している構法であれば問題ありませんが、何らかの形で隠ぺいされる場合には、構造部材とその接合部の状態を確認できる点検口を適切に設けることが必要です。また補修・交換の容易な設計としては、各部材・部品の耐用年数によるコーディネートに努めることや補修・交換のしやすい接合法とすることなどのほかに、木材選定上でも同種の材料が入手しやすいように地場産材を用いるなどの工夫が望まれます。

(3) 木造建築物特有のメンテナンス部位

構造を木造としたがゆえに生じるメンテナンス上注意すべき個所としては、主たる部材を構成する木部あるいはそれらの接合部における鋼材部分、そして木部表面塗装などがあります。このうち、木部では特に防水あるいは耐久性との関係で、水分が作用する外壁、開口部周り、床組、水回り、バルコニー等の外部付属物、軒先などの屋根回り等が重要な個所となるほか、外部露出使用する場合の集成材等の木質材料の接着耐久性にも注意を払う必要があります。また、学校施設のような木造建築物は大規模になりやすく接合部を鋼材で構

成するケースが多くなるため、鋼材そのもののメンテナンスが問題になるほか、木材と鋼材あるいは木材とコンクリート等の異種材料の挙動の違いに伴って生じる取合い部の問題もメンテナンスの対象として取り上げなければなりません。さらに、木造建築物の外装木部には何らかの塗装仕上げをするのが一般ですが、その塗装部分の劣化が外観上もメンテナンスコスト上も大きな問題となることを認識しなければなりません。

(4) メンテナンスコストを考慮した設計上の留意点

木造建築物はメンテナンスのコストが高くなるという印象を持たれがちですが、一定の設計上の工夫をすることでコストを縮減することが可能となります。そのポイントを示せば、以下のとおりです。

- ① 劣化しやすい部位・部材は補修・交換が容易な納まりや材料の使用を検討する。
- ② 補修・交換のしにくい部位・部材には目標耐用期間内でメンテナンスフリーに近い耐久性の高い材料を使用する。
- ③ 各部位に使用する材料の耐用年数と取り合いを調整し道連れ工事などが生じないように注意する。
- ④ 特殊な材料・工法を避けなるべく普及品・普及工法の使用を検討する。
- ⑤ 重要な部材周辺には点検に必要な十分な空間とアクセシビリティを確保する。
- ⑥ 外壁や天井・屋根などにあらかじめ点検用バルコニーやキャットウォーク・点検口・点検金具などを取り付ける。
- ⑦ ライフサイクルコストを基準として、メンテナンスに費用がかかりそうな環境（屋外暴露環境等）では、非木質材の利用を検討する。
- ⑧ 木質系材料を外部に使う場合は、軒の出を十分に確保し、基礎立ち上がりが高くするなどして雨水を木部から遠ざける。
- ⑨ 多雪地や落ち葉の多い森の中などでは雨水対策を別途とった上で樋を省略することを検討する。

(5) メンテナンスコストに配慮した木造建築物の例

1) 外壁に非木質系材料を用いた木造事務所建築の例

図 4-57 は、木質系材料を屋外暴露環境下で使うとどうしても劣化が早まりメンテナンスコストがかさむことを回避するために、あえて外装を無機系の材料で仕上げた木造事務所建築の



図 4-57 メンテナンスコストに配慮して外装を非木質材料とした地方庁舎⁷⁾



図 4-58 同庁舎の内観（内部は木質系材料を多用）⁷⁾

例です。外装は非木質化しつつも、内装、構造には木質系材料を多用し、木造建築らしい内観を作っています（図 4-58）。

2) 軒樋を省略し屋外に設置した丸太柱の基礎を高くした木造学校建築の例

図 4-59 は、清掃コストがかさみがちになる軒樋をやめ、代わりに軒を深く出すとともに雨水跳ね返し面を砂利敷きとして雨水の躯体への作用を最小限にとどめようとした例です。また、深い軒を支える丸太柱は高い独立基礎で支えて雨水の跳ね返しから柱脚物を保護しています。

3) 補修交換のしやすさを目的に外壁をパネル化した木造事務所建築の例

図 4-60 は、外壁木部を取り換えやすいようにパネル化した例です。外壁を小さくパネルに分割することによって交換が必要最小限に抑えられるためにメンテナンスコストの縮減に役立つ一つの設計手法です。

4) 結露が発生しやすい建築物の結露対策例

プールなどのように水蒸気が大量に発生し木部に結露水が作用しやすい建物では、細かな結露対策を立てることがメンテナンスコストを下げるうえで重要です。

図 4-61 は、主要構造部を木造としたある民間のプールにおける外壁サッシ回りの納まりです。サッシに生じる結露水を受け止めて下部の木部に作用させないために結露受けを丁寧に設けています。また、サッシ下部の半地下部分にはラジエーターを設置し暖気をサッシおよびガラス面に噴き出すことで結露の発生を防いでいます。



図 4-59 軒樋を省き基礎高を高くしてメンテナンスコストの抑制に配慮した中学校校舎⁷⁾



図 4-60 外壁木部をパネル化し維持保全性を高めた地方庁舎⁸⁾



図 4-61 外壁サッシ下部の木部に結露水が作用しないよう結露受けを設けた民間プール



図 4-62 同プールにおいて外壁サッシ面に結露が発生しにくいよう半地下部分にラジエーターが埋め込まれている

引用文献

- 1) 公益社団法人日本木材保存協会：木造長期優良住宅の総合的検証委員会耐久性分科会成果報告書，P.22，2014 年 3 月
- 2) 財団法人国土開発技術研究センター：木造建築物の耐久性向上技術，P.110，1986 年 9 月
- 3) 財団法人国土開発技術研究センター：鉄骨造建築物の耐久性向上技術，P.85，1986 年 6 月
- 4) 一般社団法人木を活かす建築推進協議会編：木造建築物の耐久性向上のポイント，P.3，2015 年 3 月
- 5) 一般社団法人木を活かす建築推進協議会編：木造建築物の耐久性向上のポイント，P.3，2015 年 3 月
- 6) 一般社団法人日本建築学会編：建築物の耐久計画に関する考え方，P.63，2003 年 3 月
- 7) 一般社団法人木を活かす建築推進協議会編：木造建築物の耐久性向上のポイント，P.2，2015 年 3 月
- 8) 国土交通省官庁営繕部編：公共建築物における木材利用の取り組みに関する事例集，2012 年 6 月

A whimsical forest scene illustration. The background is a solid light green. Scattered throughout are various white line-art elements: several types of trees (deciduous with leaves, evergreen, and a large tree with a thick trunk), mushrooms, flowers, leaves, and a small house with a chimney. The text '第5章' and '木材調達' is positioned in the upper right quadrant.

第5章 木材調達

5-1 建築材料としての木材

全国的に、戦後植林したカラマツやヒノキ、スギ等の森林は、70年を経過し建築材料としての価値を見出され始めてきました。しかし、その利用率は、20数パーセントと低い状況です。国は、この利用率を50パーセントまで高めようと計画し、住宅や非木造建築等に力を注いでいます。現在、木の学校づくりにおいて、地域の森林を伐採して調達する場合、発注者、設計者、地域の木材関係者などにより、計画段階から十分に連携し、できるだけ早期に設計の中で、部位別に無垢材（構造、羽柄、加工板）・集成材（中・大断面）・CLT等の必要な木材量を把握する必要があります。

5-1-1 木材

製材品の主たる無垢材利用時の伐採時期は、一般的に樹木が地中の水分を多く吸い上げる季節（春～秋）を避け、樹液活動が低減する秋から冬にかけて伐採（寒切り）するほうが望ましいとされます。それ以外の木質材料としての集成材、CLT等（JAS規格品）の木材については、ラミナ材（厚45mm以内）の仕様により、内製工程で管理された木材を使用するため伐採時期を問わず、計画生産が可能であることと、機械的強度が担保されていることなどが理由で、その利用は拡大しています。

製材（無垢材）においては、現在、全国における製材工場数は4,933工場（H28農水省統計）で、そのうちJAS認定工場は、576工場に留まります。それらJAS認定工場の所在は、「製材等JAS認定工場名簿」（一般社団法人全国木材検査・研究協会HP）で公開されています。それらの工場と連携し、「JAS規格品」に適合する材料を使用すると良いでしょう。県の認証制度による認証材の利用や地元市町村有林の木材を利用する場合も同様に、JAS認定工場（人工乾燥処理構造用製材）や第三者検査機関および試験研究機関等と連携を図り、品質・強度の確認を行うこととし、各々の、部位別の適材適所を考慮した使用箇所等について、事前に関係者等との合意形成を図ることにより、自然素材利用における歩留りの向上やコスト低減が可能になります。

5-1-2 製材品

(1) 規格の概要

わが国で建築に用いられる製材の規格は、日本農林規格（JAS1950年公布）に定められており、平成25年6月12日農林水産省告示第1920号において、改正されました。適用の範囲（第1条）で、「この規格は、原木等を切削加工して寸法を調整した一般材、押角、耳付材及びまくら木に適用す

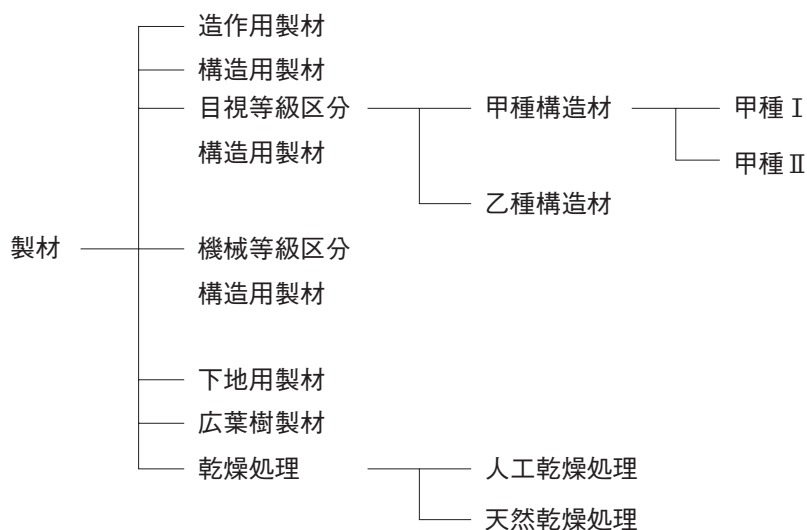


図 5-1 わが国における建築用製材の規格（JAS 規格）

表 5-1 製材の品目毎の含水率基準と表示記号

品 目		含水率基準 (表示数値以下、%)	表示記号
造作用製材	仕上げ材	15、18	SD15、SD18
	未仕上げ材	15、18	D15、D18
	天然乾燥材	30	乾燥処理（天然）
目視等級区分 構造用製材	仕上げ材	15、20	SD15、SD20
	未仕上げ材	15、20、25	D15、D20、D25
	天然乾燥材	30	乾燥処理（天然）
機械等級区分 構造用製材	仕上げ材	15、20	SD15、SD20
	未仕上げ材	15、20、25	D15、D20、D25
下地用製材	仕上げ材	15、20	SD15、SD20
	未仕上げ材	15、20	D15、D20
	天然乾燥材	30	乾燥処理（天然）
広葉樹製材	人工乾燥処理	15、13	D10、D13
	天然乾燥材	30	乾燥処理（天然）

(一般社団法人全国木材検査・研究協会：JAS規格解説より)

ることとし、これらを「製材」と称する。ただし、「枠組壁工法構造用製材は本規格の適用から除外する。」とされ、平成3年及び平成8年の改正から先の平成13年の改正当時の製材の規格は、針葉樹の構造用製材・枠組壁工法構造用製材・針葉樹の造作用製材・針葉樹の下地用製材・広葉樹製材の5通りでしたが、最終改正後の「製材の日本農林規格」の定義（第2条）において、「枠組み壁工法構造用製材」は、構造耐力上主要な部分に使用する材面に調整を施した針葉樹の一般材と及びこれを長さ方向にフィンガージョイントによって接着をした一般材を「製材」と区別することで、「製材の日本農林規格」の用語の定義が整理され、日本農林規格の主なものを示すと、図5-1に示すように分類されます。

(2) 構造用製材

製材のうち、針葉樹を原料とするものであって、構造耐力上主要な部分に使用することを主な目的とするものをいいます。JAS規格の乾燥処理に強度保持の前提条件として、追加されました。目視等級区分構造用製材の人工乾燥処理構造用製材の他、人工乾燥処理造作用製材、人工乾燥処理下地用材等が、乾燥処理木材の含水率に関わる「製材の乾燥処理基準」の人工乾燥処理と天然乾燥処理（含水率30%以下）では、「製材の品目毎の含水率基準と表示記号」(表5-1)が示され、合わせて、寸法に関わる「造作用製材、目視等級区分構造用製材、機械等級区分構造用製材の表示寸法との差」についても（表5-2）に示す通り整理されました。詳細については、「製材の日本農林規格並びに改

正の要点及び解説」（一般社団法人 全国木材検査・研究協会編）を参考にしてください。

(3) 目視等級区分構造用製材・機械等級区分構造用製材

「製材の日本農林規格」では、構造用製材の強度等級区分法としての「目視による等級区分法」と「機械等級区分法」の2つの方法の区分と強度ならびに試験管理方法について明記されました。

目視等級区分構造用製材は、構造用製材のうち、目視等級区分構造用製材の材面の品質基準（表5-3）に基づいて、節、集中節、丸身、貫通割れ、腐朽、曲がり、狂い等の欠点を目視により測定し、等級区分するものをいいます。

機械等級区分構造用製材は、構造用製材のうち、機械によりヤング係数を測定し、等級区分するものをいいます。

1) 目視等級区分構造用製材の等級区分と基準強度

目視等級区分構造用製材は、木材の強度に影響を及ぼす節や繊維傾斜や割れ等、目視によって等級区分（表5-3）に示されます。さらに、強度に及ぼす節の影響は用途に基づく使用時の荷重のかかり方によって異なるため、主として曲げ・引張荷重を受ける「甲種構造材」と、主として圧縮荷重を受ける「乙種構造材」とに分けて許容できる欠点の基準値が定められています。特に、梁、桁等の曲げ部材として使用される「甲種構造材甲種Ⅱ」については、曲げ荷重が付加された際に大きな圧縮荷重や引張り荷重を負担する広い材面の材縁部（稜線から材幅の

表 5-2 造作用製材，目視等級区分構造用製材機械等級区分構造用製材の表示寸法との許容誤差

(単位：mm)

区 分					表示寸法との差			
					造作用製材		目視等級区分構造用製材 機械等級区分構造用製材	
木口 の短 辺 及 び 木 口 の 長 辺	を人 施 工 し 乾 燥 も 処 理	仕上げ材	SD15	75未満	+1.0	- 0.5	+1.5	-0.5
				75以上	+1.5	- 0.5	+2.0	-0.5
		上記以外	75未満	+1.0	- 0	+1.5	-0	
			75以上	+1.5	- 0	+2.0	-0	
		未仕上げ材	75未満	+2.0	- 0	+1.5	-0	
			75以上105未満	+3.0	- 0	+2.0	-0	
			105以上	+5.0	- 0	+5.0	-0	
	人工乾燥処理を施していないもの	75未満	+制限なし -0	+2.0	-0			
		75以上105未満		+3.0	-0			
		105以上		+5.0	-0			
	耳付材	木口の短辺 1.5cm未満	木口の短辺	+制限なし -0.5				
			木口の長辺	+制限なし -1.0				
		木口の短辺1.6cm以上		+制限なし -1.0				
材 長					+制限なし -0	+制限なし	-0	

(一般社団法人全国木材検査・研究会：JAS規格解説より)

1/4 の範囲)において，節径比の基準値が中央部のそれに比べて厳しくなっています。

目視等級区分構造用製材の各等級について，建築基準法施行令第 89 条第 1 項に定められた許容応力度を算出する際に必要な基準強度が，国土交通省（平成 12 年 5 月 31 日建設省告示第 1452 号，（改正）平成 12 年 12 月 26 日建設省告示第 2465 号，（一部改正）平成 19 年 11 月 27 日国土交通省告示第 1524 号）によって樹種ごとに定められています（表 5-4）。また，製材 JAS に対応した樹種ごとの基準弾性係数（ヤング係数）が「木質設計規準・同解説—許容応力度・許容耐力設計法—」（日本建築学会）に定められており，表 5-4 に付随して示しました。

2) 機械等級区分構造用製材の等級区分と基準強度

機械等級区分構造用製材は，機械（曲げ試験機械等）によって非破壊的に測定される曲げヤング係数をパラメータとして等級区分されます。曲げヤング係数とは，木材に対して曲げ荷重を負荷した際のたわみ難さを表す物性値で，たわみ制限を伴った構造計算を行う場合に不可欠な値です。また，曲げヤング係数は木材の強さとの間に統計的に高い相関関係があるため，目視等級区分法に比べて高い精度で木材を強さ別に仕分けすることができます。

機械等級区分構造用製材の基準強度については，目視等級区分構造用製材と同様に，各等級について 3 つの樹种群ごとに国土交通省による

告示で定められています（表 5-5）。また，各機械等級に対応した基準弾性係数が「木質構造設計規準・同解説—許容応力度・許容耐力設計法—」（日本建築学会）に定められており表 5-5 に付随して示しました。

3) 強度等級の表示

目視等級区分構造用製材及び機械等級区分構造用製材によって表示法が異なります。目視等級区分構造用製材では用途・断面寸法によって構造材の種類（「乙種構造材」，「甲種Ⅰ」，「甲種Ⅱ」）を明記した上で，1 級は「★★★」，2 級は「★★」，3 級は「★」で表示（表 5-3）し，機械等級区分構造用製材では，規格に定めた方法によって得られた曲げヤング係数に基づいて等級を決定し，「E50」，「E70」，「E90」，「E110」，「E130」，「E150」のいずれかを表示（表 5-5）します。

(4) 乾燥処理

1) 乾燥の必要性

一般に，木材は含水率が高いと強度低下や寸法の変化等により，機械的接合部で接合する構造では，部材同士を結合するボルト等にガタが生じ架構の剛性の低下や耐力低下等の構造耐力上重大な支障をきたす恐れがあります。構造材には，十分に乾燥された木材を用いることが重要です。木材の乾燥には，天然乾燥と人工乾燥の 2 通りがあります。

天然乾燥は，製材後の製品を栈積みし，下部の乾燥の遅れを防ぐため，土台の高さを 30 ～ 60cm 以上を確保し一定間隔に栈積みします。

表 5-3 目視等級区分構造用製材の材面の品質基準

事項			区分	構造用Ⅰ（甲Ⅰ）			構造用Ⅱ（甲Ⅱ）			乙種構造材（乙）		
			等級	1 級	2 級	3 級	1 級	2 級	3 級	1 級	2 級	3 級
				★★★	★★	★	★★★	★★	★	★★★	★★	★
節	狭い面		径比	20% 以下	40%以下	60%以下	20% 以下	40%以下	60%以下	30% 以下	40%以下	70%以下
	広い材面	材縁部					15% 以下	25%以下	35%以下			
		中央部					30% 以下	40%以下	70%以下			
	円柱類の材面			17% 以下	35%以下	53%以下	17% 以下	35%以下	53%以下	26% 以下	35%以下	62%以下
集中節	狭い面		径比	節の基準の1.5倍			30% 以下	60%以下	90%以下	45% 以下	53%以下	90%以下
	広い材面	材縁部					20% 以下	40%以下	50%以下			
		中央部					45% 以下	60%以下	90%以下			
	円柱類の材面						26% 以下	53%以下	79%以下	39% 以下	53%以下	79%以下
丸身				10% 以下	20%以下	30%以下	10% 以下	20%以下	30%以下	10% 以下	20%以下	30%以下
貫通割れ		木口	長辺の寸法以下	長辺の寸法×1.5倍以下	長辺の寸法×2.0倍以下	長辺の寸法以下	長辺の寸法×1.5倍以下	長辺の寸法×2.0倍以下	長辺の寸法以下	長辺の寸法×1.5倍以下	長辺の寸法×2.0倍以下	
		材面	ないこと	材長の1/6以下	材長の1/3以下	ないこと	材長の1/6以下	材長の1/3以下	ないこと	材長の1/6以下	材長の1/3以下	
目まわり				木口短辺寸法1/2以下		－	木口短辺寸法1/2以下		－	木口短辺寸法1/2		－
繊維走行の傾斜比				1:12 以下	1:8 以下	1:6 以下	1:12 以下	1:8 以下	1:6 以下	1:12 以下	1:8 以下	1:6 以下
平均年輪幅（ラジアータパインは除く）				6mm 以下	8mm 以下	10mm 以下	6mm 以下	8mm 以下	10mm 以下	6mm 以下	8mm 以下	10mm 以下
腐朽				ないこと	程度の軽い腐れの面積が材面の面積の10%以下	程度の軽い腐れの面積が材面の面積の30%以下	ないこと	程度の軽い腐れの面積が材面の面積の10%以下	程度の軽い腐れの面積が材面の面積の30%以下	ないこと	程度の軽い腐れの面積が材面の面積の10%以下	程度の軽い腐れの面積が材面の面積の30%以下
					程度の重い腐れがないこと	程度の重い腐れの面積が材面の面積の10%以下		程度の重い腐れがないこと	程度の重い腐れの面積が材面の面積の10%以下			
曲がり				極めて軽微なこと	軽微なこと	顕著でないこと	0.2% 以下 仕上げ材は0.1% 以下	0.5% 以下 仕上げ材は0.2% 以下		0.2% 以下 仕上げ材は0.1% 以下	0.5% 以下 仕上げ材は0.2% 以下	
狂い及びその他の欠点				軽微なこと	顕著でないこと	利用上支障のないこと	軽微なこと	顕著でないこと	利用上支障のないこと	軽微なこと	顕著でないこと	利用上支障のないこと

※「製材の日本農林規格」第5条から抜粋

注1：節及び集中節には、「材面の欠け、きず、あな」を含む。

注2：ラジアータパインについては、髓心部または髓の基準が別途設けられている。

そして、3～6ヶ月の期間天日干し、風の力も借りながら乾燥することをいいます。しかし、柱材を1年間風乾しても含水率は30%以下になることはありません。

一方人工乾燥は、人工乾燥装置によって人為的及び強制的に、温・湿度の管理を行う方法です。人工乾燥には、高温乾燥、減圧乾燥、高周波乾燥、除湿乾燥等があり、複数の組み合わせも可能で、乾燥室内の温度・湿度の調整、各条

件の時間調整等、良好な品質を得るには適切な乾燥スケジュールの組み立てが重要で、乾燥室の設計は品質に加え、コスト、納期も考慮して進めることが望まれます。

製材の品目ごとの含水率基準は、前項の（表5-1）に示したとおりです。一般に素材・原木から製材した直後の生材の含水率は、樹種毎に辺材や心材などの部位に差異があります。針葉樹においては、辺材部で75～200%、心材部にお

表 5-4 JAS の目視等級区分構造用製材に対応した基準強度と基準弾性係数

樹種	区分	等級	基準強度 (N/mm ²)				基準弾性係数 (KN/mm ²)		
			Fc (圧縮)	Ft (引張)	Fb (曲げ)	FS (せん断)	EO (平均値)	E 0.05 (下限値)	Go (せん断)
あかまつ	甲種構造材	1級	27.0	20.4	33.6	2.4	10.0	6.5	E o の値 1/15とする
		2級	16.8	12.6	20.4				
		3級	11.4	9.0	14.4				
	乙種構造材	1級	27.0	16.2	26.4				
		2級	16.8	10.2	16.8				
		3級	11.4	7.2	11.4				
べいまつ	甲種構造材	1級	27.0	20.4	34.2	2.4	12.0	8.5	
		2級	18.0	13.6	22.8				
		3級	13.8	10.8	17.4				
	乙種構造材	1級	27.0	16.2	27.0				
		2級	18.0	10.8	18.0				
		3級	13.8	8.4	13.8				
からまつ	甲種構造材	1級	23.4	18.0	29.4	2.1	9.5	6.0	
		2級	20.4	15.6	25.8				
		3級	18.6	13.8	23.4				
	乙種構造材	1級	23.4	14.4	23.4				
		2級	20.4	12.6	20.4				
		3級	18.6	10.8	17.4				
ダブリカ からまつ	甲種構造材	1級	28.8	21.6	36.0	2.1	13.0	9.0	
		2級	25.2	18.6	31.2				
		3級	22.2	16.8	27.6				
	乙種構造材	1級	28.8	17.4	28.8				
		2級	25.2	15.0	25.2				
		3級	22.2	13.2	22.2				
ひば	甲種構造材	1級	28.2	21.0	34.8	2.1	10.0	7.5	
		2級	27.6	21.0	34.8				
		3級	23.4	18.0	29.4				
	乙種構造材	1級	28.2	16.8	28.2				
		2級	27.6	16.8	27.6				
		3級	23.4	12.6	20.4				
ひのき	甲種構造材	1級	30.6	22.8	38.4	2.1	11.0	8.5	
		2級	27.0	20.4	34.2				
		3級	23.4	17.4	28.8				
	乙種構造材	1級	30.6	18.6	30.6				
		2級	27.0	16.2	27.0				
		3級	23.4	13.8	23.4				
べいつが	甲種構造材	1級	21.0	15.6	26.4	2.1	9.5	6.5	
		2級	21.0	15.6	26.4				
		3級	17.4	13.2	21.6				
	乙種構造材	1級	21.0	12.6	21.0				
		2級	21.0	12.6	21.0				
		3級	17.4	10.2	17.4				
えぞまつ 及び とどまつ	甲種構造材	1級	27.0	20.4	34.2	1.8	10.0	7.5	
		2級	22.8	17.4	28.2				
		3級	13.8	10.8	17.4				
	乙種構造材	1級	27.0	16.2	27.0				
		2級	22.8	13.8	22.8				
		3級	13.8	5.4	9.0				
すぎ	甲種構造材	1級	21.6	16.2	27.0	1.8	7.0	4.5	
		2級	20.4	15.6	25.8				
		3級	18.0	13.8	22.2				
	乙種構造材	1級	21.6	13.2	21.6				
		2級	20.4	12.6	20.4				
		3級	18.0	10.8	18.0				

(一般社団法人全国木材検査・研究協会:JAS解説より)

※ただし、円柱類にあっては、すぎ、からまつ及び ひのきに限りません。

いては、40～200%に達するので、乾燥装置や乾燥プログラムにより目的の含水率に上げることが必要です。

2) 含水率の測定方法

木材の含水率は、乾量基準、すなわち水分が

ない状態での木材質量に対する、含まれる水分質量の割合（百分率、%）で表します。その含水率の測定方法には、次の方法があります。

- ① 全乾質量法（全乾法）：切り出した試験片の質量を測定後 103 ± 2℃ の恒温乾燥器中で乾燥

表 5-5 JAS の機械等級区分構造用製材に対応した基準強度と基準弾性係数

樹 種	等 級	基準強度 (N/mm ²) (注1)				基準弾性係数 (KN/mm ²) (注2)		
		Fc (圧縮)	Ft (引張)	Fb (曲げ)	Fs (せん断)	EO (平均値)	EO.05* (下限値)	GO
あかまつ、べいまつ ダブリカからまつ、 べいつが、えぞまつ 及びとどまつ	E50	—	—	—	2.4	—	—	EOの値の 1/15とする
	E70	9.6	7.2	12.0		6.9	5.9	
	E90	16.8	12.6	21.0		8.8	7.8	
	E110	24.6	18.6	30.6		10.8	9.8	
	E130	31.8	24.0	39.6		12.7	11.8	
	E150	39.0	29.4	48.6		14.7	13.7	
からまつ、ひのき 及びひば	E50	11.4	8.4	13.8	2.1	4.9	3.9	
	E70	18.0	13.2	22.2		6.9	5.9	
	E90	24.6	18.6	30.6		8.8	7.8	
	E110	31.2	23.4	38.4		10.8	9.8	
	E130	37.8	28.2	46.8		12.7	11.8	
	E150	44.4	33.0	55.2		14.7	13.7	
すぎ	E50	19.2	14.4	24.0	1.8	4.9	3.9	
	E70	23.4	17.4	29.4		6.9	5.9	
	E90	28.2	21.0	34.8		8.8	7.8	
	E110	32.4	24.6	40.8		10.8	9.8	
	E130	37.2	27.6	46.2		12.7	11.8	
	E150	41.4	31.2	51.6		14.7	13.7	

(一般社団法人全国木材検査・研究協会:JAS解説より)

※EO.005 は変形が極めて重視される部材あるいは圧縮力に対して単独で働く主要な部材である場合に用いる。

ただし、円柱類にあつては すぎ、からまつ及びひのきに限る。

注 1：建設省告示第 1452 号（平成 12 年 5 月 31 日）「木材基準強度 Fc、Ft、Fb、及び Fs を定める件」の第二号製材の農林規格に適合する「機械等級区分構造用製材」によるもの。

注 2：日本建築学会編「木質構造設計規準・同解説—許容応力度・許容耐力設計法—」による。

し、その質量が恒量に達したときの質量を再度測定し、その差すなわち水分量を求めます。

② 高周波木材水分計及びマイクロ波透過型木材水分計があります。

全乾法では、木材の全断面の含水率を測定することは可能ですが、試料を切り出すことが必要となります。一方、高周波やマイクロ波測定器具での測定深度は、45mm程度の深さの含水率が測定できますが、高周波木材水分計を適用するには、木材の密度（比重）を設定するために、比重を知ることが必要になります。そのために、試験機関における水分計の読替値の決定が必要です。

高周波木材水分計による含水率の測定方法につ

いては、「含水率計の性能基準等が（（公財）日本住宅・木材技術センター）」及び（一般社団法人）全国木材検査・研究協会の解説に記載されているので、参考にしてください。

5-1-3 木質材料

本節では、構造耐力上主要な部材に用いられる構造用木質材料として、集成材、単板積層材、直交集成板について解説します。

(1) 集成材

集成材は、ひき板（ラミナ）の繊維方向をほぼ並行にして積層接着した木質材料で、日本農林規格¹⁾による集成材は、図 5-2 に示すように分類さ

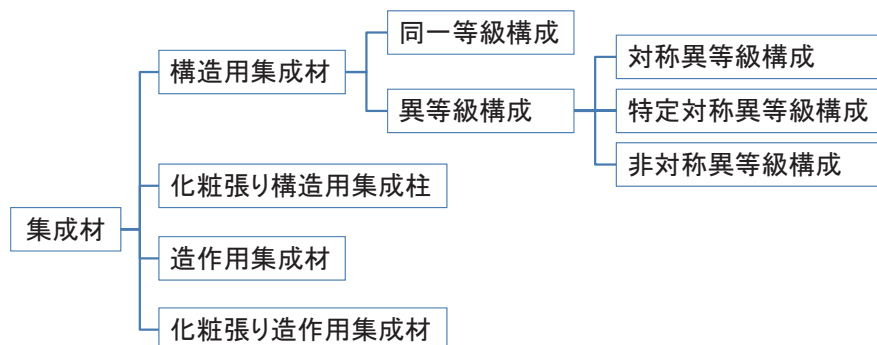


図 5-2 集成材の日本農林規格¹⁾における分類

表 5-6 同一等級構成集成材の基準強度と弾性係数

ひき板の積層数	強度等級	基準強度(N/mm ²)			弾性係数(kN/mm ²)
		Fc	Ft	Fb	
4層以上 (等級が同じ内層特殊構成集成材にあっては3層以上)	E190-F615	50.3	43.9	61.5	19.0
	E170-F540	44.6	38.9	54.0	17.0
	E150-F465	39.2	34.2	46.5	15.0
	E135-F405	33.4	29.2	40.5	13.5
	E120-F375	30.1	26.3	37.5	12.0
	E105-F345	28.1	24.5	34.5	10.5
	E95-F315	26.0	22.7	31.5	9.5
	E85-F300	24.3	21.2	30.0	8.5
	E75-F270	22.3	19.4	27.0	7.5
	E65-F255	20.6	18.0	25.5	6.5
	E55-F225	18.6	16.2	22.5	5.5
3層	E190-F555	45.8	40.3	55.5	19.0
	E170-F495	40.5	35.6	49.5	17.0
	E150-F435	35.6	31.4	43.5	15.0
	E135-F375	30.4	26.7	37.5	13.5
	E120-F330	27.4	24.1	33.0	12.0
	E105-F300	25.5	22.4	30.0	10.5
	E95-F285	23.6	20.8	28.5	9.5
	E85-F270	22.1	19.5	27.0	8.5
	E75-F255	20.3	17.8	25.5	7.5
	E65-F240	18.8	16.5	24.0	6.5
	E55-F225	16.9	14.9	22.5	5.5
2層	E190-F510	45.8	36.6	51.0	19.0
	E170-F450	40.5	32.4	45.0	17.0
	E150-F390	35.6	28.5	39.0	15.0
	E135-F345	30.4	24.3	34.5	13.5
	E120-F300	27.4	21.9	30.0	12.0
	E105-F285	25.5	20.4	28.5	10.5
	E95-F270	23.6	18.9	27.0	9.5
	E85-F255	22.1	17.7	25.5	8.5
	E75-F240	20.3	16.2	24.0	7.5
	E65-F225	18.8	15.0	22.5	6.5
	E55-F200	16.9	13.5	20.0	5.5

注: Fbには厚さ方向の長さに応じた低減係数を掛けたものを基準強度とする。

表 5-7 対称異等級構成集成材の基準強度と弾性係数

強度等級	基準強度(N/mm ²)				弾性係数(kN/mm ²)		
	Fc	Ft	Fb		Ec, Et	Eb	
			積層方向	幅方向		積層方向	幅方向
E170-F495	38.4	33.5	49.5	35.4	15.5	17.0	15.5
E150-F435	33.4	29.2	43.5	30.6	13.5	15.0	13.5
E135-F375	29.7	25.9	37.5	27.6	12.0	13.5	12.0
E120-F330	25.9	22.4	33.0	24.0	11.0	12.0	11.0
E105-F300	23.3	20.2	30.0	21.6	9.5	10.5	9.5
E95-F270	21.7	18.9	27.0	20.4	8.5	9.5	8.5
E85-F255	19.5	17.0	25.5	18.0	7.5	8.5	7.5
E75-F240	17.6	15.3	24.0	15.6	6.5	7.5	6.5
E65-F225	16.7	14.6	22.5	15.0	6.0	6.5	6.0
E65-F220	15.3	13.4	22.0	12.6	5.5	6.5	5.5
E55-F200	13.3	11.6	20.0	10.2	4.5	5.5	4.5

注: Fb(積層方向)には梁せいに応じた低減係数を掛けたものを基準強度とする。

れます。

1) 構造用集成材

構造用集成材には、大きく分けて同一等級構成集成材と異等級構成集成材があり、同一等級構成集成材は、集成材の全断面にわたって全て同一の等級のラミナによって構成されており、

表 5-8 特定対称異等級構成集成材の基準強度と弾性係数

強度等級	基準強度(N/mm ²)				弾性係数(kN/mm ²)		
	Fc	Ft	Fb		Ec, Et	Eb	
			積層方向	幅方向		積層方向	幅方向
ME120-F330	20.2	17.6	33.0	12.7	8.3	12.0	8.3
ME105-F300	17.9	15.6	30.0	11.7	7.5	10.5	7.5
ME95-F270	16.6	14.5	27.0	11.1	6.9	9.5	6.9
ME85-F255	15.9	13.9	25.5	11.0	6.3	8.5	6.3

注: Fb(積層方向)には梁せいに応じた低減係数を掛けたものを基準強度とする。

表 5-9 非対称異等級構成集成材の基準強度と弾性係数

強度等級	基準強度(N/mm ²)					弾性係数(kN/mm ²)		
	Fc	Ft	Fb			Ec, Et	Eb	
			積層方向		幅方向			
			(正方向)	(負方向)				
E160-F480	36.5	31.8	48.0	34.5	31.8	14.5	16.0	14.5
E140-F420	31.7	27.7	42.0	28.5	27.0	13.0	14.0	13.0
E125-F360	28.2	24.6	36.0	25.5	24.0	11.5	12.5	11.5
E110-F315	24.5	21.3	31.5	24.0	21.6	10.0	11.0	10.0
E100-F285	22.1	19.3	28.5	22.5	19.2	9.0	10.0	9.0
E90-F255	20.7	18.1	25.5	21.0	18.0	8.0	9.0	8.0
E80-F240	18.5	16.2	24.0	19.5	15.0	7.0	8.0	7.0
E70-F225	16.6	14.5	22.5	18.0	13.8	6.0	7.0	6.0
E60-F210	15.7	13.7	21.0	16.5	13.2	5.5	6.0	5.5
E60-F205	14.3	12.5	20.5	16.0	10.8	5.0	6.0	5.0
E50-F170	12.2	10.6	17.0	14.0	8.4	4.0	5.0	4.0

注: Fb(積層方向)には梁せいに応じた低減係数を掛けたものを基準強度とする。

注: 正の曲げは引張側最外層ひき板に引張力が働く場合、負の曲げは引張側最外層ひき板に圧縮力が働く場合の値である。

主として、柱等の軸力に抵抗する部材に用いられます。一方、異等級構成集成材は主に曲げを受ける横架材に用いられる集成材で、集成材の外層に高い等級のラミナを、内層に低い等級のラミナを配置することで、効率的に高い曲げ性能を付与した集成材です。異等級構成集成材は、さらに対称異等級構成、特定対称異等級構成、非対称異等級構成に分類されます。対称異等級構成と特定対称異等級構成はラミナの構成が上下対称であるのに対し、非対称異等級構成は概ね対称な構成ながら曲げを受けた際の引張側にのみ、特に高い性能のラミナを配置した集成材です。さらに、同一等級構成集成材と対称異等級構成集成材の中には、内層にラミナではなく、ラミナブロックを配置した内層特殊構成集成材というものもあります。

2) 基準強度と弾性係数

構造用集成材の圧縮、引張、曲げの基準強度²⁾と弾性係数(平均値)を表 5-6～5-9 に示します。弾性係数は、日本建築学会の「木質構造設計規準・同解説」³⁾によります(以下、弾性係数の出典は同じ)。また、せん断の基準強度とせん断弾性係数を表 5-10 に、めり込みの基準強度を表 5-11 に

表 5-10 構造用集成材のせん断の基準強度とせん断弾性係数

樹種	基準強度(N/mm ²)		せん断弾性係数(kN/mm ²)
	積層方向	幅方向	
いたやかえで、かば、ぶな、みずなら、けやき及びアビトン	4.8	4.2	Ebの値の1/15とする
たも、しおじ及びにれ	4.2	3.6	
ひのき、ひば、からまつ、あかまつ、くろまつ、べいひ、ダフリカからまつ、サザンパイン、べいまつ、ホワイトサイプレスパイン及びウエスタンラーチ	3.6	3.0	
つが、アラスカイエローシダー、ベにまつ、ラジアタパイン及びべいつが	3.3	2.7	
もみ、とどまつ、えぞまつ、べいもみ、スプルース、ロッジポールパイン、ボンデローサパイン、おうしゅうあかまつ、ジャックパイン及びラワン	3.0	2.4	
すぎ及びべいすぎ	2.7	2.1	

注:せん断面に幅はぎ未評価ラミナを含む構造用集成材にあつては、表中の数字に0.6を乗じた値とする。

表 5-11 構造用集成材のめり込みの基準強度

樹種	基準強度(N/mm ²)
いたやかえで、かば、ぶな、みずなら、けやき、アビトン、たも、しおじ及びにれ	10.8
あかまつ、くろまつ、べいひ、ダフリカからまつ、サザンパイン、べいまつ、ホワイトサイプレスパイン及びウエスタンラーチ	9.0
ひのき、ひば、からまつ及びべいひ	7.8
つが、アラスカイエローシダー、ベにまつ、ラジアタパイン、べいつが、もみ、とどまつ、えぞまつ、べいもみ、スプルース、ロッジポールパイン、ボンデローサパイン、おうしゅうあかまつ、すぎ、べいすぎ及びジャックパイン	6.0

表 5-12 寸法に応じて集成材の曲げ強度に乘じる係数

異等級構成集成材		同一等級構成集成材	
集成材の厚さ 方向の辺長(mm)	係数	集成材の厚さ 方向の辺長(mm)	係数
300以下	1.00	100以下	1.00
300超 450以下	0.96	100超 150以下	0.96
450超 600以下	0.93	150超 200以下	0.93
600超 750以下	0.91	200超 250以下	0.90
750超 900以下	0.89	250超 300以下	0.89
900超 1050以下	0.87	300超	0.85
1050超 1200以下	0.86		
1200超 1350以下	0.85		
1350超 1500以下	0.84		
1500超 1650以下	0.83		
1650超 1800以下	0.82		
1800超	0.80		

示します。構造用集成材の圧縮、引張、曲げの基準強度は、樹種によらずラミナの等級と断面構成により定められています。一方、せん断とめり込みの基準強度は、木材の密度と相関が高いこともあり、ラミナの等級に関わらず、使用される樹種により定められています。なお、構造用集成材の曲げ強度に関しては、厚さ方向の辺長に応じて寸法による調整係数を乗じて基準強度を低減する必要があるため、日本農林規格に定められている表 5-12 の係数を乗じることとされています（異等級構成の場合は積層方向の曲げ強度に対し適用するものとする）。

なお、化粧張り構造用集成柱にも基準強度が定められていますが、これは主に住宅の和室の柱に使われるものなので、本稿では基準強度等

は掲載していません。

3) 集成材の発注と設計

設計にあたっては、集成材の等級とせん断等の樹種を考慮して部材断面を決定することになりますが、実際には樹種によってある程度製造しやすい等級が決まっています。スギならば E65、カラマツやヒノキなら E95 あるいは E105、ベイマツなら E120 といった等級の近辺が比較的入手しやすいものとなっています。更に、集成材の幅方向寸法が 120mm 以内ならば一般流通材なのでコストも安いですが、それを超えると幅広のラミナが必要になるため、コストは上がり、更に 210～220mm 程度を超えると 2 次接着が必要となり、製造コストは更にかかることとなります。工場によって製造可能な断面寸法や長さも決まってくるため、集成材を発注する際には、発注者、設計者と集成材供給者が十分な打ち合わせを行って、樹種や等級、断面寸法等を決定する事が望ましいです。

(2) 単板積層材 (LVL)

単板積層材は、丸太を薄く剥いた単板（ベニヤ）の繊維方向をほぼ並行に揃えて積層接着した木質材料で、Laminated Veneer Lumber の頭文字を取って LVL と呼ばれます。日本農林規格⁴⁾によると、単板積層材は図 5-3 に示すように分類されます。

1) 構造用単板積層材

構造用単板積層材には A 種と B 種があり、

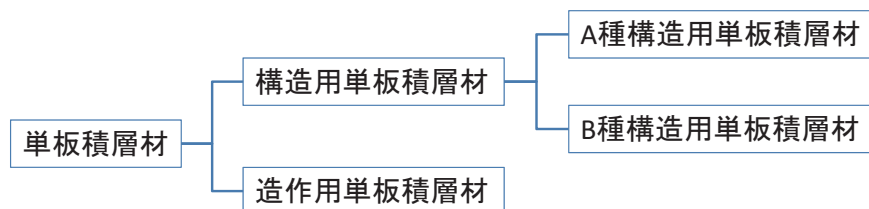


図 5-3 単板積層材の日本農林規格における分類

表 5-13 A 種構造用単板積層材の基準強度と弾性係数

曲げヤング係数区分	等級	基準強度(N/mm ²)			弾性係数 (kN/mm ²)
		Fc	Ft	Fb	
180E	特級	46.8	34.8	58.2	18.0
	1級	45.0	30.0	49.8	
	2級	42.0	25.2	42.0	
160E	特級	41.4	31.2	51.6	16.0
	1級	40.2	27.0	44.4	
	2級	37.2	22.2	37.2	
140E	特級	36.0	27.0	45.0	14.0
	1級	34.8	23.4	39.0	
	2級	32.4	19.8	32.4	
120E	特級	31.2	23.4	39.0	12.0
	1級	30.0	19.8	33.0	
	2級	27.6	16.8	27.6	
110E	特級	28.2	21.6	35.4	11.0
	1級	27.0	18.0	30.0	
	2級	25.8	15.6	25.8	
100E	特級	25.8	19.8	32.4	10.0
	1級	25.2	16.8	27.6	
	2級	23.4	14.4	23.4	
90E	特級	23.4	17.4	28.8	9.0
	1級	22.8	15.0	25.2	
	2級	21.0	12.6	21.0	
80E	特級	21.0	15.6	25.8	8.0
	1級	19.8	13.2	22.2	
	2級	18.6	11.4	18.6	
70E	特級	18.0	13.8	22.8	7.0
	1級	17.4	12.0	19.8	
	2級	16.2	9.6	16.2	
60E	特級	15.6	12.0	19.8	6.0
	1級	15.0	10.2	16.8	
	2級	13.8	8.4	13.8	
50E	特級	12.7	9.5	15.9	5.0
	1級	12.3	8.2	13.7	
	2級	11.1	6.7	11.1	

A 種は単板を全て平行に積層したもので（最外層に隣接する単板のみ直交方向に入れることも認められている）、軸方向の材料特性に優れるため、主に柱梁等の軸部材に用いられます。一方、B 種は全体の 3 割まで直交方向単板を入れることができ、寸法安定性が増すためストレススキンパネルや面材張り耐力壁・床構面など主に面的な利用を想定した材料となっています。A 種は樹種にかかわらず単板の積層数及び縦継ぎ部の配置等に応じて特級、1 級、2 級に分類されますが、B 種にはこの分類はありません。

2) 基準強度と弾性係数

構造用単板積層材の圧縮、引張、曲げの基準強度と弾性係数（平均値）、およびせん断の基

表 5-14 A 種構造用単板積層材のせん断の基準強度と弾性係数

水平せん断性能	基準強度(N/mm ²)	せん断弾性係数(kN/mm ²)
65V-55H	4.2	Ebの値の 1/15とする
60V-51H	3.6	
55V-47H	3.6	
50V-43H	3.0	
45V-38H	3.0	
40V-34H	2.4	
35V-30H	2.4	

表 5-15 A 種構造用単板積層材のめり込みの基準強度

めり込み性能の表示区分	基準強度(N/mm ²)
180B	18.0
160B	16.0
135B	13.5
90B	9.0

表 5-16 B 種構造用単板積層材の基準強度と弾性係数

曲げヤング 係数区分	基準強度(N/mm ²)						弾性係数 (kN/mm ²)
	Fc		Ft		Fb		
	強軸	弱軸	強軸	弱軸	強軸	弱軸	
140E	21.9	4.3	18.3	2.9	32.2	5.8	14.0
120E	18.7	3.7	15.6	2.5	27.5	4.9	12.0
110E	17.2	3.4	14.4	2.3	25.3	4.5	11.0
100E	15.7	3.1	13.2	2.1	23.2	4.1	10.0
90E	14.0	2.8	11.7	1.8	20.6	3.7	9.0
80E	12.5	2.5	10.5	1.6	18.4	3.3	8.0
70E	10.8	2.1	9.0	1.4	15.9	2.8	7.0
60E	9.3	1.8	7.8	1.2	13.7	2.4	6.0
50E	7.6	1.5	6.3	1.0	11.1	2.0	5.0
40E	6.1	1.2	5.1	0.8	9.0	1.6	4.0
30E	4.6	0.9	3.9	0.6	6.8	1.2	3.0

準強度とせん断弾性係数、めり込みの基準強度を表 5-13 ～ 5-17 に示します^{2, 3)}。A 種のめり込みの基準強度はめり込む面と接着層が直交する場合（縦使い時）のみ適用することができ、平行になる場合（平使い時）は集成材と同様に樹種ごとの値を用います。B 種構造用単板積層材のめり込みの基準強度は集成材と同様となっています。また、圧縮、引張、曲げ及びせん断の各基準強度は樹種によらず曲げヤング係数区分あるいはせん断性能によって等級が分けられています。B 種の場合は、直交方向単板が含まれており面的な利用も想定されるため、基準強

表 5-17 B 種構造用単板積層材のせん断の基準強度

水平せん断性能	基準強度(N/mm ²)		せん断弾性係数 (kN/mm ²)
	縦使い方向	平使い方向	
65V-43H	4.3	2.8	学会規準 等に記載 無し
60V-40H	4.0	2.6	
55V-36H	3.6	2.4	
50V-33H	3.3	2.2	
45V-30H	3.0	2.0	
40V-26H	2.6	1.7	
35V-23H	2.3	1.5	
30V-20H	2.0	1.3	
25V-16H	1.6	1.0	

表 5-18 構造用単板積層材の寸法調整係数の例

幅方向(梁せい)の辺長(mm)	係数
300以下	1.00
300超 450以下	0.98
450超 600以下	0.93
600超 750以下	0.91
750超 900以下	0.89
900超 1050以下	0.87
1050超 1200以下	0.86

度も強軸と弱軸の 2 種類が設定されています。せん断は、日本農林規格では縦使い (V) と平使い (H) の規格基準値がありますが、基準強度としては、共通の値が定められています。なお、集成材の場合は厚さ方向の辺長が大きくなると基準強度に低減係数を掛けることが告示²⁾にも書かれていますが、LVL の場合には、記述がありません。しかし、日本建築学会の木質構造設計規準・同解説³⁾には、LVL の寸法調整係数が示されているので、参考までに表 5-18 に示しておきます。当然ながら、LVL にも寸法効果はあり、梁せいの大きな部材は性能が低下する傾向にあるため、これらの係数を考慮して設計することが望ましいです。

3) 単板積層材の発注と設計

設計にあたっては、樹種とヤング係数、せん断性能を考慮して部材断面を決めることとなりますが、集成材と同様、規格に定められた全ての等級が入手できるわけではなく、樹種が決まればある程度性能は限定されます。また、高い軸方向性能を求めるのか、平面的な用途・性能を優先するのかといった用途の違いによっても、求める部材は変わってきます。樹種ごとの標準的な性能としては、スギならば 60E、ヒノキやカラマツなら 100E～120E、ベイマツなら 120E あたりが中心となります。工場によっ

て生産可能な LVL の原板サイズが決まってくるため、特に大きな梁せいや長さが必要になる場合は、予め生産可能品目であるかどうかを、発注者、設計者と LVL 供給者が十分な打ち合わせを行い、樹種や等級、断面寸法等を決定する事が望ましいです。

(3) 直交集成板 (CLT)

直交集成板は、ひき板 (ラミナ) の繊維方向を互いにほぼ平行にして幅方向に並べ又は接着したものを、さらにその繊維方向を互いにほぼ直角にして積層接着し、3 層以上の構造を持たせた木質材料で、Cross Laminated Timber の頭文字を取って CLT と呼ばれます。現行の日本農林規格⁵⁾には、構造用途として用いられる直交集成板 1 品目のみが定められていますが、断面構成により同一等級構成と異等級構成の 2 種類があります。

1) 直交集成板の種類

直交集成板は、ひき板の厚さとその断面構成により様々な製品を作ることが可能であり、日本農林規格では厚さ 36mm 以上 500mm 以下、幅が 300mm 以上、長さ 900mm 以上のものを直交集成板と位置付けています。しかし、構造耐力上主要な部材 (壁柱や床版) として用いる場合には、少なくとも厚さ 90mm 以上は必要になってきます。断面構成は、3 層 3 プライから 9 層 9 プライまで 6 種類の断面構成が定められており、用いるラミナの等級と合わせると、現行の日本農林規格内でも 42 種類の等級が定められています。ただし、現在の建築基準法で使用が認められているのは、実質的には、5 層 5 プライ、5 層 7 プライの強軸方向、および 3 層 3 プライ、3 層 4 プライ、7 層 7 プライの弱軸方向に限定されると言って良いです。これは、曲げ性能に及ぼす荷重継続期間の影響に関する知見が不足しているために、曲げの基準強度の算定が、上記以外の断面構成に認められていないためです。

2) 基準強度と弾性係数

直交集成板の基準強度は告示²⁾に定められていますが、他の木質材料と異なる点は、断面形状に合わせて強度を計算する方式になっている点です。これは、ラミナの厚さやその構成が複雑で基準強度を一義的に決めることができないためで、ラミナのヤング係数やラミナの基準強度をもとにして算定する式が掲載されています。詳細は告示²⁾を参照頂きたいのですが、例えば圧縮強度を例にとると、最外層ラミナの

圧縮強度 $\sigma_{c,oml}$ に、ラミナのヤング係数を考慮した等価断面積 A_A の全断面積 A_0 に対する比率と低減係数を掛けたものを圧縮強度としています。引張、曲げ、せん断についても、算定方法が明記されていますが、めり込みに関してのみ、最外層ラミナの樹種に応じた数値を定めています。曲げについては、前記の通り適用できる断面構成に制限があるため、注意が必要です。

3) 直交集成板の発注と設計

直交集成板は、現在非常に注目を集めている材料で、各自治体などでも積極的に使用したいという声を聞きます。しかし、製造可能な工場がまだ少ないこと、工場によって製造できる寸法に制限があること、使用できる断面構成が少ないこと等から、自由に設計に使えるレベルにはまだまだ到達していないのが現状です。他の木質材料と同様ですが、CLTを用いる際には、発注者、設計者とCLT供給者が十分な打ち合わせを行い、樹種や等級、断面寸法等を決定しなければなりません。また、CLTは、版の大きさがあることから、輸送の問題や建て方時の搬入路、敷地の余裕度なども考慮して計画を立てる必要があります。

(4) 大臣認定の木質材料

その他に、国土交通大臣の認定を取得した材料（建築基準法第37条認定品）があります。これは指定建築材料と呼ばれ、木質材料関係では、木質接着成形軸材料、木質複合軸材料、木質接着複合パネル、木質断熱複合パネルの4種類に該当するものです。例えば、LVLとOSBを組み合わせたI型梁や、製材を数段重ねた接着重ね梁などがこれに該当します。これらは、国土交通大臣認定取得時に曲げ性能や圧縮性能等を指定性能評価機関で評価してもらい、それに基づいて大臣認定を取得するので、基準強度が定められており、構造計算に用いる事ができる材料です。詳細は割愛しますが、県産材を利用した接着重ね梁等は、学校建築等にも十分活用できる材料であるので、設計段階で発注者や木材関係者から情報が得られれば、是非活用してください。

参考文献

- 1) 集成材の日本農林規格：平成19年農林水産省告示第1152号（改正：平成29年農林水産省告示第1579号）
- 2) 特殊な許容応力度及び特殊な材料強度を定め

る件：平成13年国土交通省告示第1024号（改正：平成30年国土交通省告示第517号）

- 3) 日本建築学会編：木質構造設計規準・同解説，丸善，2006
- 4) 単板積層材の日本農林規格：平成20年農林水産省告示第701号（改正：平成29年農林水産省告示第1580号）
- 5) 直交集成板の日本農林規格：平成25年農林水産省告示第3079号（改正：平成28年農林水産省告示第1640号）

5-1-4 その他の材料

本項では、その他の材料として構造用合板や構造用パネル、せっこうボード等の面材について、概略を説明します。これらは、いずれも基準強度や許容応力度が定められていない材料ですが、木造建築物にとって不可欠な材料です。また、構造躯体の形成に不可欠な構造金物についても簡単に言及します。

(1) 合板

合板は、丸太を薄く剥いた単板（ベニヤ）3枚以上の繊維方向をほぼ直角にして接着した木質材料で、日本農林規格¹⁾では、6種類の品目が定められています。その中で、建築物の構造耐力上主要な部分に使われるのが、構造用合板です。

構造用合板は、接着の程度で特類と1類に分類され、単板の品質や曲げ性能等により、1級と2級に分類されます。1級は主として、構造計算を必要とする木質構造に用いる事を想定しており、曲げ強さ、曲げヤング係数、面内せん断強度、層内せん断強度の規定を満たす必要があります。一方、2級は、主として耐力壁や床構面の下地材として用いる事を想定しており、長手方向の曲げヤング係数のみ規定しています。かつてはラワン合板を中心に1級の製品も多く出回っていましたが、近年は、針葉樹合板への代替が進むにつれて、2級が中心となっており、1級合板は受注生産となる場合も多いです。さらに、スギ等の国産材を多く利用した構造用合板も多く生産されるようになり、厚さ24mm以上の厚物合板は、国産材を大量に使用した商品が主力となってきました。一般的に流通している構造用合板は、厚さが9mm, 12mm, 15mm, 24mm, 28mmあたりで、寸法は、910×1,820mmが最も多く、長尺合板を製造できる数社においては、910×2,730mmや910×3,030mmなども製造することができます。また、

表 5-19 日本建築学会提案の構造用合板 2 級の基準特性値²⁾

厚さ (mm)	基準許容応力度(N/mm ²)				曲げヤング係数 (kN/mm ²)		せん断 弾性係数 (kN/mm ²)
	曲げ		せん断		0度	90度	
	0度	90度	面内	層内			
5	5.2	厚さに よらず 0.8	厚さに よらず 0.8	厚さに よらず 0.4	6.5	0.4	厚さに よらず 0.4
6	4.8				6.5	0.3	
7.5	4.3				5.5	0.3	
9	3.9				5.0	0.3	
12	3.3				4.0	0.3	
15	2.7				4.0	0.6	
18	2.4				4.0	1.1	
21	2.2				4.0	1.1	
24以上	2.2				3.5	1.4	

メーターモジュールに対応して 1,000 × 1,820mm や、1,000 × 2,730mm などを製造できる場所もあるので、大量に合板を利用する学校建築等では、合板供給者と相談しながら設計を進めることも必要になってくるでしょう。

住宅でも数多く用いられている構造用合板ですが、建築基準法上は、基準強度や許容応力度の規定は無く、日本建築学会の木質構造設計規準・同解説²⁾にて許容応力度が提案されているのみです（例として、構造用合板 2 級の許容応力度を表 5-19 に示す）。従って、1 級の構造用合板であっても、その材料性能を元に構造計算を行うことはできないのが現状です。しかしながら、木造建築物の耐力要素として合板張り耐力壁や床構面は非常に重要な耐震要素であるため、告示³⁾で面材張り耐力壁の性能を定めたり、軸組工法住宅の許容応力度設計の技術書⁴⁾にて釘接合部性能を元にした合板張り耐力壁の許容耐力算定手法が提案されたりするなど、学校建築等に用いられる高強度耐力壁についても、それらの知見を準用して運用しています。24mm 厚の構造用合板を用いると、短期基準せん断耐力で 30kN/m 程度以上の面材張り構面を作ることと比較的容易であり、近年の中大規模木造建築物にとっては、無くてはならない材料となっています。

(2) 構造用パネル

構造用パネルは、木材から削りだした削片（ストランド）に接着剤を噴霧し、表層と内層とでストランドの方向を概ね直交方向に配向させながら 3 層構造で堆積させ熱圧した木質面材料で、英語名：Oriented Strand Board の頭文字を取って OSB と呼ばれています。日本農林規格⁵⁾は、この OSB の 1 品目のみの規格になっており、国産

品がないために全て海外（北米または欧州）からの輸入品に対する規格となっています。そのため、他の木質材料のように製造方法を規定した規格ではなく、製品の性能によって等級を定める性能規格になっているのが特徴です。

構造用パネルは、元々が合板の代替材料として開発され、枠組壁工法の耐力壁等に用いられてきたため、日本農林規格でも曲げ性能以外に釘接合部のせん断性能や引き抜き性能が規定されています。また、曲げ性能に基づき 1 級から 4 級まで等級が分けられていますが、パネルの強軸・弱軸それぞれに対しパネル厚さを考慮した曲げヤング係数および曲げ強度の規格基準値が定められています。一方で、OSB にも建築基準法に基づく基準強度や許容応力度は定められておらず、構造計算を要する際には、OSB 張り構面の実験データを用いるか、釘接合部のせん断性能に基づいて、OSB 張り構面の許容耐力算定値を求める必要があります。

日本に輸入される OSB は、厚さが 9mm、9.5mm、12mm、15mm、24mm などであり、基本的には合板と用途が重なるため、常にシェアを競い合っています。一方、ボード寸法については、OSB は連続プレスで製造されるため、幅が 2,745mm や 3,660mm、長さが 7,320mm といった大版で製造できるのが強みとなっています。そのため、ストレートスキンパネルや I 型梁に用いたり、階高の高い耐力壁に継手を用いずに張りたい場合には大版で製造できたりする OSB の良さが活きてくるでしょう。

近年は、合板などに倣って、高強度耐力壁の開発等を積極的に進めており、厚さ 15mm や 24mm の OSB を用いて短期基準せん断耐力

表 5-20 主なせっこうボードの種類⁸⁾

種類	記号	備考	主な用途
せっこうボード	GB-R	せっこうボード製品の標準的なもの	壁及び天井の下地材
強化せっこうボード	GB-F	GB-Rのしん(芯)に無機質繊維などを混入したもの	壁及び天井の下地材、防・耐火構造などの構成材
構造用せっこうボードA種	GB-St-A	GB-Fの性能を保持したまま、くぎ側面抵抗を強化したもので、側面抵抗によって、A種及びB種がある。	耐力壁用の面材
構造用せっこうボードB種	GB-St-B		

30kN/m や 40kN/m の耐力壁の開発にも成功しています。ただし、元々耐水性はあまり高い材料のため、施工中の雨掛かりや厳しい使用環境での利用は避けることが望ましいです。

(3) その他の木質系面材料

その他に木造建築物に用いられる木質材料としては、中密度繊維板 (Medium Density Fiberboard, MDF) やパーティクルボード (Particleboard, PB) があります。いずれも JIS 製品^{6, 7)}で、木材繊維や木材小片を原料とし、接着剤を噴霧してマットを作り熱圧して、ボードを製造します。両者ともに、元々は造作用、家具用の材料でしたが、近年は、耐力壁用面材としての技術開発が進み、2014 年および 2015 年には、それぞれ JIS の改正があって、構造用 MDF、構造用パーティクルボードが規格に加えられました。これらは、いずれも密度が高く (700 ~ 800kg/m³程度)、合板に比べて面内せん断性能が高いという特徴を持っています。構造用 MDF、構造用 PB は、まだ 9mm 厚さのものしか規格に記載がありませんが、今後は、他の厚さの製品も規格に加えられていくことでしょう。ボード寸法は、工場ごとに設備の新旧で差があるものの、連続プレスを導入している工場であれば、OSB と同様に大版の面材料を製造することが可能です。

(4) せっこうボード

続いて、せっこうボードです。これは、木造建築物の内壁下地材、間仕切り壁の下地材に多用されてきた材料で、不燃性が高いために、特に防耐火性能を得たい場合に用いられます。近年、大型の木造建築物や 5 階建て以上の木造ビルを建設する際には、準耐火構造や耐火構造にする事を求められますが、その際に最も手っ取り早く耐火性能を付与できるのが、せっこうボードです。

せっこうボードの JIS⁸⁾より構造用途として多用されるものを表 5-20 に抜粋して示しましたが、

耐火構造仕様で良く用いられるのは、強化せっこうボードです。この強化せっこうボードを 2 枚張りする仕様で、1 時間耐火構造の大臣認定を取得している例が多いです。

せっこうボードは、住宅の内装下地としても良く用いられてきましたが、釘留めあるいはビス留めしても壁倍率で 1 倍程度とあまり高い性能は得られません。それよりも、耐火性能付与を目的として付加的に用いる方が、建物の耐震性能上は余裕度が増すことになるので良いでしょう。ただし、せっこうボードは重量が大きいので、大量に用いると建物重量が増すことになり、それに応じて必要耐力も増やす必要がある点には注意が必要です。

(5) 構造金物

最後に、構造金物について、概略を紹介します。軸組構法や枠組壁工法における住宅用の接合金物については、(公財)日本住宅・木材技術センターの Z マーク金物や C マーク金物が一般流通しており、これを適用することができます。また、これらと同等の性能を有する D マーク金物や、金物の性能や品質を評価した S マーク金物、CLT パネル工法用の X マーク金物なども出てきており、建物規模や接合部の要求性能に合わせて、適切な金物を選択できるようになってきています。

しかし、学校建築等の大規模木造建築物では、これらの金物だけでは対応できない場合があり、このような時には、特注の構造金物を作る必要が生じます。例えば、大断面集成材による大規模木造建築では、ほぼ全ての継手・仕口接合部で構造金物を必要とする場合も多いですが、その際に、ボルト等の接合具と集成材あるいは金物との間にクリアランスがあると初期すべりを生じ、構造耐力上支障を来す恐れもあります。このため、集成材及び構造金物の加工精度が大きな問題となります。この問題の解決策の一つとしては、集成材や LVL などの材料メーカーに、木材の加工も含め

て発注することが挙げられます。近年の材料メーカー、特に大型物件を手がけたことのある材料メーカーは、製造だけでなく高度な加工ができる機械を整備し、更に建て方までを実施できるところも少なくありません。

それと、当然ではありますが、複雑な接合方法を採用せず、なるべく単純な形式とすること、同様の接合形式を採用することで構造金物の種類を減らすこと、既製の金物を応用することが可能な場合はそれを採用すること等によってコストを下げることが肝要です。金物メーカーによっては、中大規模木造を想定した接合金物を標準品として販売しているところもあるので、それらの情報を収集する事も重要です。中大規模木造建築物用の接合方法やその性能値を公表したり設計支援などを行っているグループ^{9, 10, 11)}などもあるので、それらの情報を活用することも有益でしょう。

参考文献

- 1) 合板の日本農林規格：平成 15 年農林水産省告示第 233 号（改正：平成 29 年農林水産省告示第 1578 号）
- 2) 日本建築学会編：木質構造設計規準・同解説、丸善、2006
- 3) 建築基準法施行令第 46 条第 4 項表 1 (1) 項から (7) 項までに掲げる軸組と同等以上の耐力を有する軸組及び当該軸組に係る倍率の数値：昭和 56 年建設省告示第 1100 号
- 4) (公財) 日本住宅・木材技術センター編：木造軸組工法住宅の許容応力度設計、(公財) 日本住宅・木材技術センター、2017
- 5) 構造用パネルの日本農林規格：昭和 62 年農林水産省告示第 360 号（平成 25 年農林水産省告示第 2904 号）
- 6) JIS A 5905：2014 繊維板
- 7) JIS A 5908：2015 パーティクルボード
- 8) JIS A 6901：2005 セっこうボード製品
- 9) 中層大規模木造研究会 設計支援情報データベース <<https://www.ki-ki.info/>>
- 10) 中大規模木造プレカット技術協会 <<https://www.precut.jp/>>
- 11) 木構造テラス <<http://www.t-e-terrace.com/>>

5-2 資材調達の留意点

5-2-1 木材供給の動向

我が国の国産材供給量は、森林資源の充実もあり、平成 14 年以降、増加傾向にあります。一方、木材輸入量は平成 8 年以降、減少傾向にあり、用材の輸入形態は、丸太から製材品へとシフトし、平成 27 年の丸太の輸入量は、1 割程度になって

います。こうした状況から、昭和 30 年代以降、低下し続けていた木材自給率は、近年、上昇傾向に転じています。

国内で生産される製材、集成材、合板、それぞれの供給状況を見ていくと、まず製材用素材入荷量は、平成 21 年まで減少し続けていましたが、

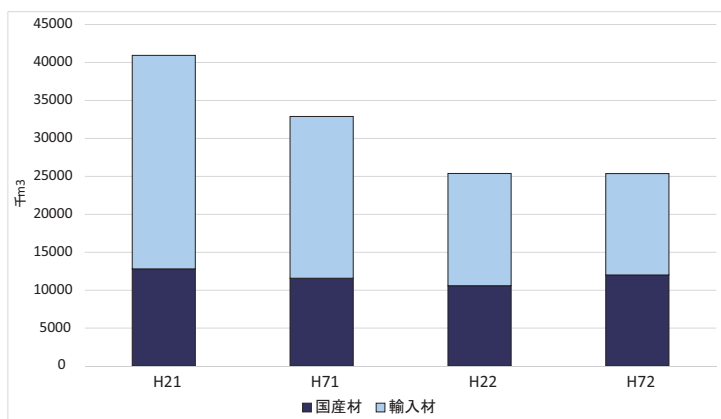
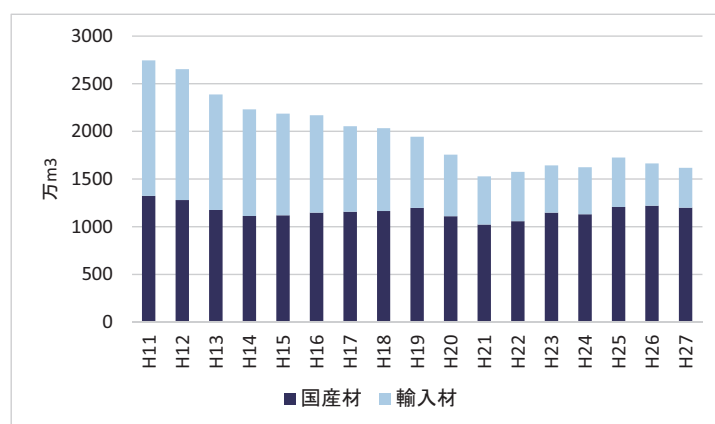
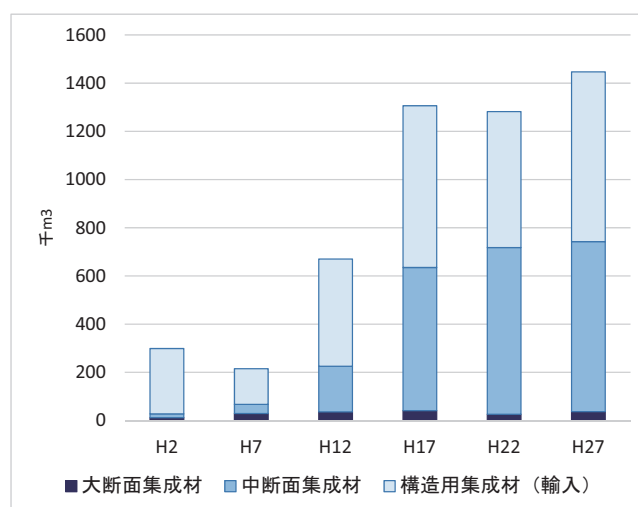


図 5-4 製材需要量の推移¹⁾

図 5-5 国内製材工場における素材入荷量の推移¹⁾図 5-6 構造用集成材の供給量の推移¹⁾

その後は横ばいの状況（図 5-4 参照）で、地域材利用の割合は増加傾向（図 5-5 参照）にあります。これは平成 18 ～ 22 年度にかけて、林業と木材産業が連携して、地域で流通する木材利用の拡大と、森林所有者の収益性向上させる仕組みの構築を図った新生産システムの成果といえます。その後、製材工場の数は減少している反面、大規模工場が増え、平成 27 年の素材消費量の 67% は、大規模工場で製材され、その割合は年々上昇しています。

近年、住宅の品質・性能に対する消費者ニーズの高まりや、プレカットの普及に伴い、寸法安定性に優れた乾燥材や、強度性能が明確な木材製品が求められています。このような状況から、木材乾燥技術の向上もあり、乾燥施設の設備が進められ、製材品における人工乾燥材の出荷量は、増加傾向にあります。ただし、JAS 制度に基づく認定を取得した事業者の割合は 1 割程度で、JAS 規格に適合した材料の供給体制は、十分ではありません。

構造用集成材は構造用製材と比較すると、狂いや反り、割れ等がおこりにくく、強度のバラツキ

が少ないです。そのため、新築住宅の瑕疵担保期間の 10 年の義務化を求めた住宅の品質確保の促進等に関する法律が施行された平成 12 年以降、プレカットの普及とも相まって、急速に供給量が増加しました。リーマンショックの影響により、住宅着工数が激減したことで供給量は一時減少しましたが、平成 22 年以降は、回復傾向にあります。また、地域材を原料としたものは増加しているものの、その割合は 15% 程度と低いです。ただし、中大規模建築物に使用される大断面集成材については、地域材の利用率が高くなっています。

合板は、平成 27 年、45% は国内で生産されており、構造用合板が大部分を占めています。国内で生産される合板は、かつては原料のほとんどが輸入材でしたが、平成 12 年以降は、間伐材等の国産材に対応した合板製造技術の開発が進められたこと、厚物合板の用途の確立、および新流通・加工システム等による合板用材の供給・加工体制の整備が進んだことで、地域産材に転換する動きが急速に進み、スギやカラマツを原料とした合板の割合は、

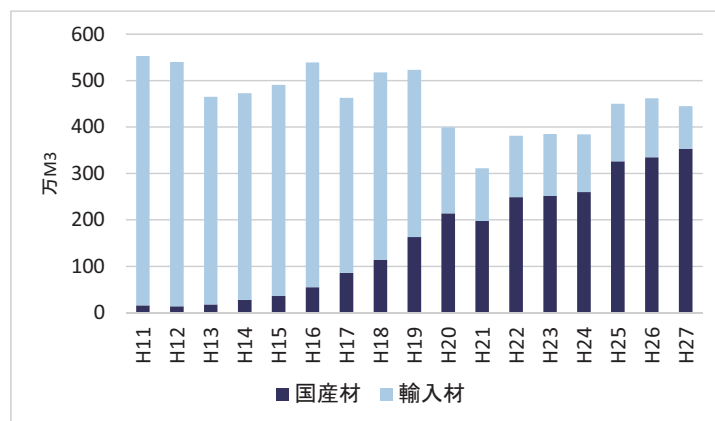


図5-7 国内合板工場の用材供給量の推移¹⁾

平成27年には79%になっています（図5-7参照）。

5-2-2 なぜ地域産材なのか

森林は、単に燃料や資材となる木材の生産機能だけでなく、土砂災害防止機能や水源涵養機能等、その流域で暮らす人々に様々な恩恵を与えています。また、適正な施業の下、育林された森林は、伐採から再造林での若返りで、炭素固定能力を維持することができます。

我が国の森林の約40%を占める多くの人工林は、昭和29年から始まった拡大造林政策により植樹・育林され、当初想定していた伐期に達してきましたが、適切な育林がされなければ十分に生育せず、さらに、伐採せず樹冠が閉じた状況を放置すると、林床に光が当たらないため、自然災害への抵抗力を失い、森林の持つ多面的機能を発揮できなくなります。しかし、これまで木材の主な需要先であった住宅市場は、少子高齢化等の影響から減少傾向にあるため、木材需要の縮小や丸太の価格が下落すると、林業が低迷し、森林に求められる適切な施業ができない状況に追い込まれてしまいます。そのため、平成22年に施行された「公共建築物等における木材の利用の促進に関する法律」（以下、「木促法」という。）では、これまで木造率が低かった非住宅分野での木材利用を促進させることで、木材の需要を増加させ、森林の多面的機能を維持させることが目的となっており、その代表する用途として学校施設の木造化・木質化に期待が集まります。

学校づくりへの地域材の積極的な活用は、林業の再生、地域の木材関連産業ほか地場産業の振興につながる可能性も高いです。地域の森林資源で建築することは、地域に根差した林業、製材業、建設業などの木材関連産業と、地域住民、行政と

をつなぐ地産地消（地材地建）のモデルとなり得ると同時に、地域の大工技術や伝統工法の継承につながることが可能になります。さらに、学校が次代を担う子どもたちの教育の場であることから、地域材による木の学校づくりの過程や、学校施設自体が環境教育、地域学習、木のよさや木を用いることの意義を学ぶことによる木育など、実物の教材となり得ます。

地域材を用いることは、どこの山から切り出して、誰が製材した木材で、誰がどう建てたのかなど、顔の見える関係の中で物語性のある学校づくりが行われることが期待されます。木材の育った森林と関わる学習活動などを通じて、長く大切に使い続けられる施設になると同時に、林業、製材業、建設業などの木材関連産業と、地域住民や行政とをつなげる地域コミュニティの象徴として受け継がれることは、地域材による学校建築の持つ意義が非常に大きいことを物語っています。

5-2-3 学校建築への木材利用の留意点

学校施設の木造化・木質化を鑑み、住宅と学校施設の違いを整理すると、次のような項目があります。

- ① 室内の広さが違う
- ② 階高が違う
- ③ 建物の規模が違う
- ④ 発注形態が違う

現在の木材流通及び供給体制は、共同住宅を含む住宅市場を対象に構築されているため、木の学校づくりを進めるには、両者の違いから生じる次のような影響を考慮する必要があります。

まず、上記①と②から、使用する構造部材の長さや部材断面寸法が違ってきます。木造住宅では寸法が規格化されていますが、学校施設ではこの

規格寸法材を使うことが困難な場合があります、コストに影響を与えると共に、品質管理面でも高い技術力を必要とする場合があります。③に対しては、建物1棟あたりに必要な材料の供給量が多くなるため、納期や保管の方法等を十分検討しておく必要が生じます。また、④については、住宅市場では1棟あたりの木材量は少なくなりますが、受注に継続性が期待できるため、見込み生産による在庫が可能です。一方、学校施設では、発注が一過性になるため、仮に寸法の規格化ができたとしても、注文の見込みがない在庫品を企業が抱えることは、経営的に困難です。よって、材料の準備に必要な納期を、十分見込んでおく必要があります。

次項では、地域産材を活用する場合を対象に、さらに具体的にこれらの留意点を考えてみましょう。

5-2-4 地域産材利用の留意点

地域材の活用にあたりポイントになるのが、丸太の情報と製材工場の生産能力です。また、エンジニアード・ウッド（以下、EW という。）を採用する時にも、製造工場の製造限界等を把握しておく必要があります。寸法、品質、納期の3つの視点から、地域産材利用の留意点を考えてみます。

(1) 寸法

コンクリートは、流動的な材料を現場に運び打設するため、基本的に躯体寸法の制限は受けません。一方、鋼材は、材料の搬送経路の道路事情で部材寸法の制限を受けることになります。これに対し木材は、鋼材と同様に運搬時の制限を受けますが、生物資源特有の寸法制限も加わります。

樹木は、植栽後、成長を続け、順調に育てば樹齢が高いほど径は大きく、樹高は高くなります。図5-8は、ある森林の樹齢と平均直径の関連性を示

しています。拡大造林が中心である我が国の人工林では10～12齢級（1齢級＝5年）に近い森林面積の比率が高い状況にあります（図5-9参照）が、この図を参考にすれば、搬出される木材の径は、現在、約30cmが主流ということになるため、例えば、矩形断面の寸法は、その対角線長さが径を超えないような幅と背に制限されることになります。

次に、長さについて考えてみましょう。樹木は、必ずしも真っ直ぐ成長するわけではなく、長い直材は貴重な材です。また、近年、林業の現場では高性能林業機械（図5-10参照）を導入して合理化への挑戦が始まっていますが、特に事前連絡がなければ現場では、伐採後、3～4mの長さで造材が行われて、山から搬出される手順が一般化しています。この長さは、住宅資材の規格材に合わせた寸法であり、合板工場に送られる丸太は、構造用合板の規格寸法を鑑み、2mで切断され搬出されます。

長さを揃えると、搬出車両への積み込みも効率的にできるため、搬出コストの抑制にもつながります。そもそも長い材料は、周囲の樹木を傷めずに切り出すことも難しく、傾斜地、あるいは曲が

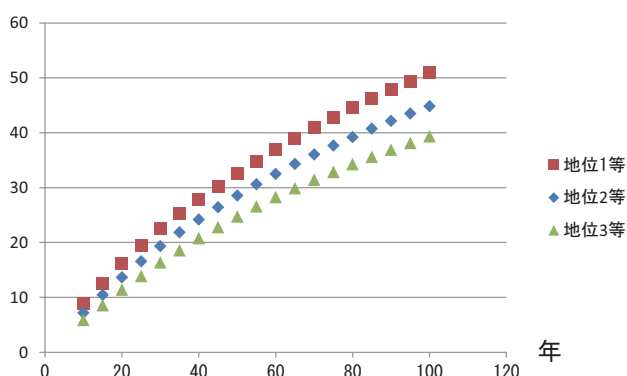


図5-8 某林分のスギの齢級と胸高径の平均値の関係
資料提供：森林総合研究所

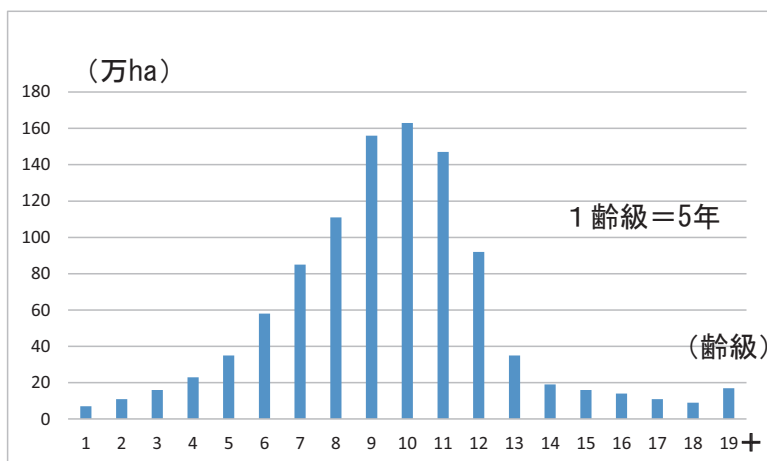


図5-9 人工林の齢級構成（平成24年）¹⁾



図 5-10 高性能林業機械

りくねった道では搬出も困難で、通し柱（2階建てであれば6m）等の例外はありますが、4mを超える長さの製材品は一般に特注扱いとなり、入手したい場合、伐採の現場へその情報を伝えられなければ、要望する長さの資材を手にはできません。

材料の断面寸法や長さは、製材工場の生産ラインでも影響を受けます。近年、製材工場では生産効率の高い大型化・自動化の傾向が顕著です（図5-11）が、これらの工場では、山から頻繁に搬出される丸太の大きさや、需要量の多い製品に合わせて、すなわち住宅用の規格材を対象に効率的に設計されているため、取り扱える丸太の径および長さは、必然的に制限を受けることになります。

また、仕上げ工程で使う自動鉋等は断面寸法、長さのいずれにも影響します。小さなエレメントにしたのち、接着剤を使って大きな材料に再生産される構造用集成材や構造用単板積層材のようなEWでも、生産ラインに強度区分の選別機、圧縮する装置や自動鉋が配置されているため、寸法に自由度はありますが、制限は、はずせません。住宅市場をにらんだ中小断面の集成材工場であるならば、製材工場と同様に、生産効率が重視されるため、規格寸法以外の受注生産に対応することは困難です。

(2) 品質

学校施設に木材を積極的に利用するには、コンクリートや鋼材等と同等の品質基準と管理が求められます。品質規格の基準となるのがコンクリートや鋼材等ではJIS規格であり、製材、集成材、単板積層材および合板ではJAS規格になります。

製材のJAS規格の内、構造用製材は、節の位置や大きさ、繊維傾斜などの欠点をパラメータとして区分する目視等級区分構造用製材と、ヤング係数と



図 5-11 自動化された製材機

強度の相関性を利用して、非破壊的方法で測定したヤング係数をパラメータとして区分する機械等級区分構造用製材があります。機械等級区分構造用製材は、目視等級区分構造用製材と比較すると、強度を精度良く推定でき、定量表示されるため、非住宅の木造建築物に採用される機会が多くなっています。しかし、機械等級区分によりJAS認定を取得している工場はまだ少ない状況にあります。

また、設計時に機械等級区分構造用製材を採用する際、図5-12に示すヒノキとスギの強度試験結果を比較したグラフから分かるように、樹種が違えば強度の出現状態が異なり、樹種によって強度の出現範囲が制限されるため、例えばスギを使う場合、ヤング係数が10.0kN/mm²を標準とするような設計は、材料の調達が困難な状況になるため、避けるべきです。

構造用製材のJAS規格のもう1本の柱が含水率です。木材は繊維飽和点以下の状況で脱水が続くと収縮しますが、断面は一様に乾くわけではなく通常、表面から徐々に乾くため、乾燥過程で縮もうとする部分と縮みたくない部分が発生し、内部応力が起こります。また、木材は異方性を有し

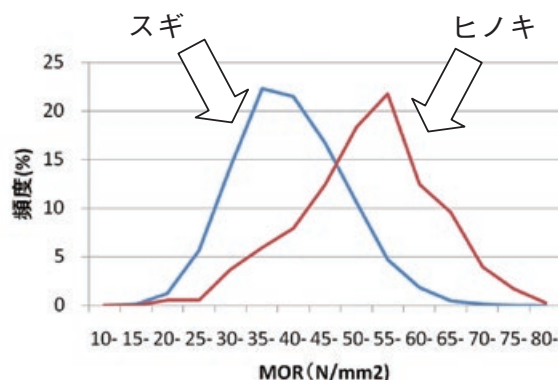


図 5-12 スギとヒノキの出現曲げ強度の比較²⁾

ており、乾燥による木材の収縮率は、丸太断面の成長輪の接線方向と放射方向では異なり、その比率は、約2:1です。これらは、木材が乾燥する過程で、収縮やねじれ、割れなどの形状変化の要因となるため、乾燥は造作用製材に対しても、JAS規格の基準項目にあげられています。

乾燥の方法には、蒸散・太陽光、あるいは通風に頼る方法（以下、天然乾燥）や高温や減圧状況下におくなど人工的な方法（以下、人工乾燥）がありますが、近年、次のような理由から、人工乾燥を導入する工場が増えています。

- ① 住宅市場では高断熱高気密化が常識になりつつあり、含水率の低い木質建材の必要条件になりました。
- ② 阪神大震災以降、木質建材の品質性能のあり方が問われるようになりました。
- ③ 住宅市場ではプレカット機械による仕口・継ぎ手の加工が主流となり、形状変化の少ない木質建材が求められるようになりました。
- ④ 従来の木組みの接合から、金物を使う接合方法が爆発的に普及しました。

また、木材産業のビジネス的観点から見ると、人工乾燥のメリットとして、次のような項目があげられます。

- ① 適正な乾燥スケジュールを組むことで、表面割れの制御を行うことができます。
- ② 品質のバラツキを制御できます。
- ③ 含水率15%よりも低い含水率にできます。
- ④ 天然乾燥は、材料を長く保管するスペースが必要になります。
- ⑤ 天然乾燥と比較すると、キャッシュ・フローの改善が見込めます。
- ⑥ 納期短縮の動きや、大量発注に対応しやすいです。

しかし、国産の構造用製材では流通量に対する人工乾燥材の割合は、まだ5割に満たないため、地域産材を活用して、非住宅建築物の木造化・木質化に向け人工乾燥材を利用する場合には、その地域の木材関連産業の乾燥設備の状況を、よく見極めておく必要があります。

また、非住宅の木造建築物の設計では、住宅に使用される構造材よりも幅広い材料が使われる機会が増えますが、木材の幅が大きくなると、乾燥時間が長くなり、品質管理も難しくなります。乾燥時間が長くなれば、乾燥に必要なエネルギー消費量が多くなり、また、原料費のアップや生産効率の低下、

歩留まりが下がるなどの理由でコストも上昇します。品質の高い製品を提供するには、部材寸法や樹種、あるいは初期の含水率等を考慮して適正な乾燥スケジュールを組むことが重要になりますが、長年の研究や実績から、適正な乾燥スケジュールが把握できている幅12cmを超える材料については、特殊な乾燥手法の採用や、研究者や技術者の個人の能力に頼らざるを得ない状況にあり、品質には地域差があることを理解しておかなければなりません。

天然乾燥を採用する場合は、部材サイズが規格化される住宅用管柱、横臥材では「見込み生産」により、対応可能と思われそうですが、着工から竣工まで、単年度の予算で実施される公共建築物等には、時間の制限から天然乾燥材の使用は困難と考えられます。時間だけでなく、経験から生まれた、より高いノウハウも求められます。仮に、天然乾燥材を設計者等が望むのであれば、木材が生物資源であることを十分に理解して、手配と工程が組まれるべきです。

EWは、構造用製材と比較すると、強度性能にバラツキが小さく、含水率を容易に15%以下にコントロールできるため、信頼性が高い材料として、非住宅の木造建築物に広く使われてきました。構造用製材のJAS規格化がなかなか進まない中、EWはJAS規格が基本になっています。EWは、単に「木材を細分化したエレメントを接着剤等で再構成」する材料ではなく、「工学的手法によって強度性能が保証される材料」であるため、工場の自主的な品質管理基準・品質管理手順だけでは、ユーザーの信頼性を確保できないことが、その理由としてあげられます。

(3) 納期

木材は、多段階の工程を経て建築の現場に運ばれるため、それぞれの工程で必要な時間を考慮すると、発注から納入に至るまで、時間を要する材料です。ここでは伐採と木材乾燥に着目してみましょう。

まず、伐採の現場では、森林環境も踏まえて実施する必要があるため、長期的視点に立った施業計画の下、実行しなければなりません。したがって、木材の使用量が多くなる場合には、施業計画とのマッチングが必要で、需要側と供給側の早めの調整が求められます。また、猛暑や積雪、虫害等への配慮から1年中、伐採できないため、需要側は、供給側の慣習を踏まえて材料の調達計画を立てることが望まれます。

次に、木材乾燥は、前節の「品質」で述べたよ

うに、適切な材料を生産するには、十分な時間が必要な工程です。人工乾燥は、天然乾燥と比較すると、乾燥期間が短くなると期待されますが、乾燥の1番の目的は、品質の向上であり、無理なスケジュールで乾燥させることは避けなければなりません。断面寸法が大きくなる程、時間を要し、また乾燥スケジュールの組み方によっては、天然乾燥だけの乾燥と比較して、より時間がかかることもあります。

ところで、木造住宅の現場を例にあげると、コンクリートの養生期間を考慮しても、着工後、約40日程度で建て方ができます。しかし、この期間では、発注を待って木材の伐採を始めると、納期に間に合わせることはできません。住宅の戸数が多くなれば納期を守ることは、より困難な状態になります。そこで住宅市場では、木材の供給を、次のようなリスクはあるが、見込み生産で対応しています。

① 変化に弱い

② つくり過ぎや動作・運搬等のムダが生じる

③ 製品の停滞が生じる

この見込み生産は、材料が継続的に一定量出荷されること、寸法等の規格化がなされることで成立する生産体制です。寸法が限定されれば、大量生産も容易になるため、コストパフォーマンスの向上にも繋がります。しかし、住宅市場の発注は、‘継続性’が見込めることに対し、学校施設の発注は‘一過性’であること、空間の大きさ、構造形式等が多様で寸法の規格化ができないことから、発注を‘待つ’からでなければ、基本的には材料の調達はできません。ここで生じる納期の問題は、木材の伐採から加工に至る木材供給の工程をリード・タイムとして工事の工程表が組まれることで解消されると思われますが、単年度発注が基本である公共建築物では、なかなか理想の工程が組めない状況にあります。そこで、工事の発注とは切り離し、発注者が地元の木材関連産業と契約を結び、材料の調達を開始する分離発注という方法に注目が集まっています。

しかし、この分離発注は、確かに材料を準備する時間の確保には適切な方法ですが、次のような問題点を理解し、事前に対策を講じておくことが望めます。

① 発注者、木材供給者、設計・工事監理者間の品質基準が異なる可能性がある

② 設計図書が不十分な状況で材料の調達を始め

ると、数量に増減が出やすい

③ 材料の保管期間が長くなるため、コストが増加する可能性がある

上記①は、品質管理基準が不明確なまま、数と量だけが先行して材料調達が始められると、発生する問題です。例えば、着工前、地域の木材関連企業が目視を重視した慣例で材料調達し、着工後、監督職員が設計図書に基づいて材料の受け入れを行うと、受け取りを拒否される材料がでます。この課題を解決するには、発注から工事管理まで通用する品質管理基準の設定と、2-4-7で述べた、それに基づく施工計画書および品質管理記録簿の作成が求められます。

上記②は、設計図書が未完成な状況で材料発注されると起こりやすく、施工図の作成完了までは、正確な数量は把握しにくい問題です。設計の過程で変更の可能性も高いです。よって、材料の増減が発生した場合の対処法を、発注者、設計者、地元の木材関連企業で事前協議し、契約内容を決めることが望まれます。

上記③は、分離発注により‘時間を稼ぐ’ことで生じる課題です。材料の品質を長時間保つためには、適切な保管が必要であり、また製品は次工程の段取りにあわせて送る必要があるため、幾度も製品の積み替えを行う必要もでてきます。こうした保管費や人件費、管理費等の必要な費用を事前に見込んでおかなければ、仮に住宅で使われる規格寸法材を使う場合でも、品数や数量が多ければ、同様の現象が発生します。

納期短縮の方法として、EWの活用があります。小さなエレメントで乾燥されるため、乾燥期間が短く、また構造用集成材であれば、材料の幅だけ固定できれば、ひき板を事前に準備でき、材背と長さには自由度があるので、実施設計が終わった後の製造でも、与えられた納期で製品を納めることができます。よって、EWを構造材として選択された建築物では、分離発注する事例は少ないです。EWの生産工場が地域にない場合でも、製材品とEWの特徴を睨んだ適材適所という考えの下、地域産業に活かされる無理のない木の学校づくりに向け、設計および木材製品の供給計画が練られることが望まれます。

参考文献

- 1) 林野庁編：森林・林業白書 平成29年版
- 2) 木構造振興：木材の強度等データおよび解説

5-3 地元業界と連携した木材調達の事例

学校施設に地域材を利用するには、地元の林業、木材関連企業の協力なくしてできません。ここでは、地元業界と連携した木材調達の事例を紹介します。

5-3-1 構造用製材に地域材を使った事例

(1) 建物概要

対象建物：田辺市立新庄小学校校舎

建物規模：木造2階建て（一部、RC造）

延べ床面積 2,929㎡

設計者：共同設計株式会社、山田憲明構造設計事務所

監理者：株式会社日和設計

構造用製材の使用量：300.264㎥

（主要樹種：スギ）

工期：2015年7月～2016年9月

(2) 地域材利用の背景

紀伊半島の南西側、和歌山県南部に位置する和歌山県田辺市は、平成17年、5つの市町村が合併して発足、総面積は約1,027㎢（和歌山県の22%）で、88%を森林が占めています。西寄りの海岸部は、天然の良港を擁し、熊野古道中辺路と大辺路の分岐点だったことから、水陸交通の要衝として栄え、戦後は、製材業社が多く集積しました。昭和30年代からは、米材を原材として計15社の製材業が営まれていました。平成10年以降は、地域材へと切り替え、プレカット事業へも進出した企業もありましたが、数社は廃業しています。

昭和40年代にRC造で建てられた新庄小学校旧校舎は、平成20年に耐震診断が実施されましたが、国の基準を下回る結果になりました。そこで、当初は耐震補強を行う改修工事の方向で計画が進められていましたが、市民から地元の木材を使った木造の校舎に建て替えて欲しいという強い要望が寄せられ、木造化の検討が始まりました。

(3) 地元法人の支援

木造校舎への建替えに向け課題となったのが、改修工事と旧校舎解体および新築工事にした場合の価格差で、木造の新築校舎に建替えると、約3億円高くなるという試算が示されました。

そこで立ち上がったのが、広く住民の教育文化

および公益事業に寄与することを目的として設立された一般財団法人新庄愛郷会です。この財団は、昭和29年、新庄村が田辺市に編入される折、新庄村から不動産が贈与されたことをきっかけに、財産の管理運営のため設立された団体で、新庄地区内の中学校、小学校、幼稚園、保育所、公民館や町内会の助成、および地域文化への助成を行っています。木造に建替えることで増額になると見込まれる金額を、会が負担することを申し入れ、本校校舎で使用するすべての構造用製材は、この寄付金で賄われることになりました。

(4) 構造用製材の調達

構造用製材は新庄愛郷会から、田辺市の木材関連産業26社の組合員で構成される田辺木材協同組合（以下、木協という。）へ発注され、調達された木材は市に寄付し、市は工事受注業者に材料を支給することが決まりました。

製材は、木協に所属する人工乾燥装置を所有する4社が請け負うことになり、丸太は、各社が田辺圏域の田辺市と西牟婁郡の山林から、2つの森林組合の共販所を通じて、あるいは林業の職能工を有する企業は、山林所有者から立木を買い取り、伐採から材料の調達を行っています。4社が分担して丸太の調達、製材、乾燥を行ったことで、乾燥も無理のない工程で行われました。また、含水率（上限で20%）と機械等級区分の自主検査は木協が、JAS認定工場のグレーディング・マシンと高周波型水分計を活用して全数実施し、その結果は、品質管理記録簿に記録されました。製品の受入検査については、「6-5 施工事例」で紹介します。

(5) 地域材利用に向けた設計時の配慮

2-46で記した通り、構造用製材の寸法には制限があり、学校の設計にあたり、地域材を活用するには、市場に流通している規格寸法の材料を選択することが望まれます。本校の設計では、重ね透かし梁やトラスを採用することで、規格寸法の材料が使われています。また、柱には住宅では使われない120mm×180mm×4,000mmの製材品が使われていますが、これは住宅では桁材として流通

項目	平成25年度						平成26年度						平成27年度					
	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2
設計	基本設計						実施設計											
材料 調達							伐採・はい草						製材・乾燥					
建築 工事													構造用製材加工					
													校舎新築工事					
													竣工：平成28年9月30日					

図 5-13 新庄小学校校舎新築工事事業工程表

している寸法材です。なお、多目的ホールに使われた 120mm × 300mm × 6,000mm の柱材は、一般には規格化されていない寸法ですが、田辺圏域では頻繁に利用されている材料であり、減圧乾燥機の利用により、良質な乾燥材が支給されています。

木材の調達は、図 5-13 のように、実施設計期

間中の秋頃から始まっています。この時点から設計変更もあり、数量変更もありましたが、適宜、情報は設計者から伝えられています。ただし、設計者と市または木材供給側が、直に打ち合わせする機会が少なかったため、完成していない設計図書だけではわからない点があり、必要数量が不足したこと、あるいは数量の基となる積算資料が加工も考慮した寸法での拾いになっていなかったこと等、課題も生まれています。今後の対策として、十分な打ち合わせができる適切な設計費用の積み上げも必要であることが指摘されています。

5-3-2 構造用集成材に地域材を使った事例

(1) 建物概要

対象建物：新城市立作手小学校

所在地：愛知県新城市

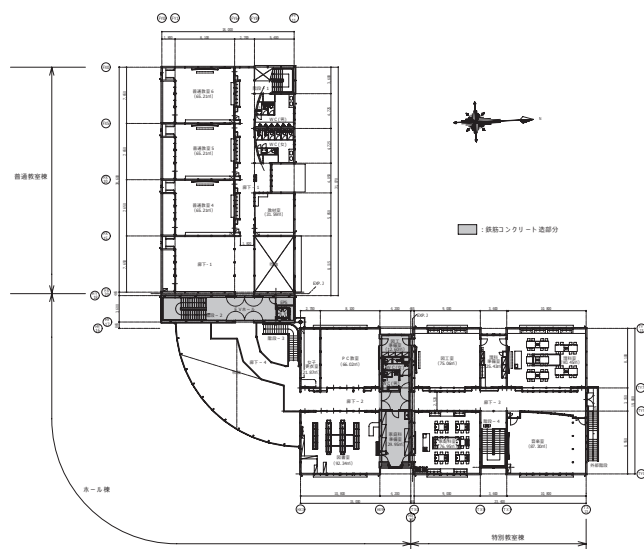
建物規模：木造平屋建て（一部、RC 造及び S 造）

延べ床面積 3,197.53m²

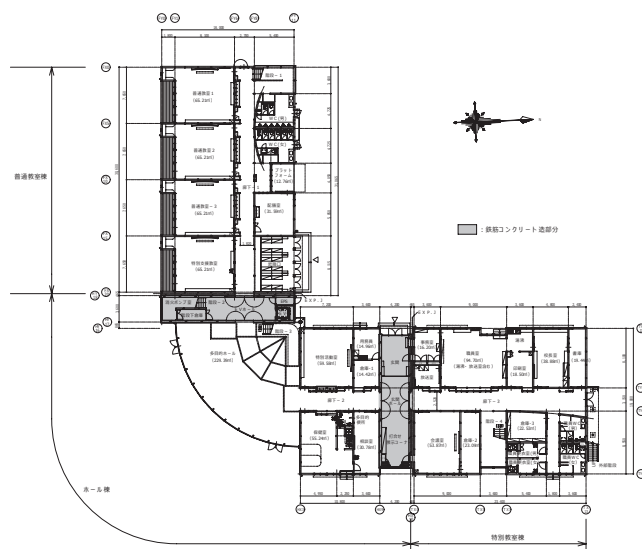
設計期間：2012 年 12 月～2015 年 3 月



図 5-14 構造用製材で構成される多目的ホールの屋根



2 階平面図



1 階平面図

図 5-15 新庄小学校校舎平面図



図 5-16 設計者による木材市場の視察の様子

工期：2015 年 10 月～2017 年 3 月

設計および監理：東畑建築事務所

(構造・耐火協力：桜設計集団一級建築士事務所)

構造用製材の使用量：246.53m³

構造用集成材の使用量：81.05m³

下地材を含む内外装材使用量：128.53m³

(2) 地域材利用の背景と方針

平成 25・26 年度に「木造公共建築物の整備に係る設計段階の技術支援」を受け発足した「新城市木材調達協議会」により、校舎に使用する市有林を中心とした新城市産構造材の先行発注を行いました。

木材利用の方針として、次のような項目を掲げました。

- ① 森林の資源価値の適正評価を図ることで、可能な限り製材を利用
- ② 伐採が予定されている市有林を含めて新城市産原木を活用
- ③ 可能な限り多くの新城市内木材生産事業者の関与を目指す

設計初期段階から市内事業者より地域材情報を得ることで、「できること／できないこと」を的確に把握し、構造計画に反映すること、また、地域の生産体制に無理のない部材の仕様設定、供給能力に応じた工事工程・工事区分の計画を心掛けました。

(3) 木材調達の方法

木材の流れの詳細は、図 5-17 に示す通りです。まず、森林課からの市有林伐採発注（設計事務所からの情報提供による）を受けた市内の伐採事業者により納品された木材が森林課により木材市場に売り払われます。次に、建設工事発注元である

教育委員会から木材の先行発注を受けた市内製材業者（指名願いを提出している市内業者への入札から決定）が、市場に売り払われた木材を購入し、教育委員会に納品されるという流れとなっており、建設工事発注後、教育委員会より工事業者に木材支給されました。市有林伐採発注の段階から行政と設計事務所が協力して木材の先行発注を行うことで、工事に必要な木材の調達をスムーズに進めることができました。

(4) 地域材利用に向けた設計時の配慮

普通教室棟及び特別教室棟は、主に製材を用いた在来軸組工法の構造形式としており、トラス下弦材など引張力が大きく継手を設けたくない梁に集成材を用いました。大スパンが求められたアリーナ棟やランチルーム棟は、木造及び RC 造、鉄骨造とのハイブリッド構造としており、地域の製材で手に入る断面長さとならないため集成材を用いました。設計段階から、木材生産事業者との直接のやり取りを通して、正確な地域材情報を得ることで、最大限木材を利用することが可能となり、製材と集成材をうまく使い分けた適材適所の構造計画をはかることができました。

(5) 地域材利用における木材調達の課題

実施設計（設計側）における課題として、次のような項目があげられます。

- ① 地域材の仕様・調達可能量・調達スケジュールの把握
- ② 原木価値を高める歩留まりの高い木材の使い方（構造材、内外仕上げ材から下地材まで）
- ③ 地域の生産体制ができること／できないことの把握
- ④ 実施設計数量及び単価の決定（精度の高い木拾い明細書の作成）、が挙げられます。

また、調達木材の情報共有等（発注側）の課題としては、次のような項目があげられます。

- ① 設計段階での市内産材有効活用の推進
- ② 調達に無理のない発注スケジュールの確立
- ③ 工事の進捗に合わせた木材供給
- ④ 材工分離発注の進め方の確立
- ⑤ 非住宅規模での木材利用に対して木材供給できる体制強化
- ⑥ 地域の林業・木材産業の振興に寄与する推進計画の確立
- ⑦ 木材発注業務のコーディネートに対しての設計事務所への業務報酬の確保

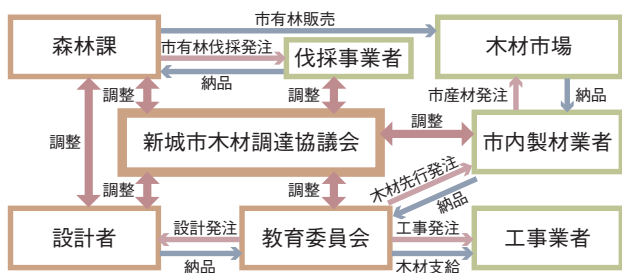


図 5-17 木材調達体制



図 5-19 木材調達協議会の打ち合わせの様子



図 5-18 特別教室棟の架構（下弦材は集成材）



図 5-20 アリーナ棟の架構（木部集成材）

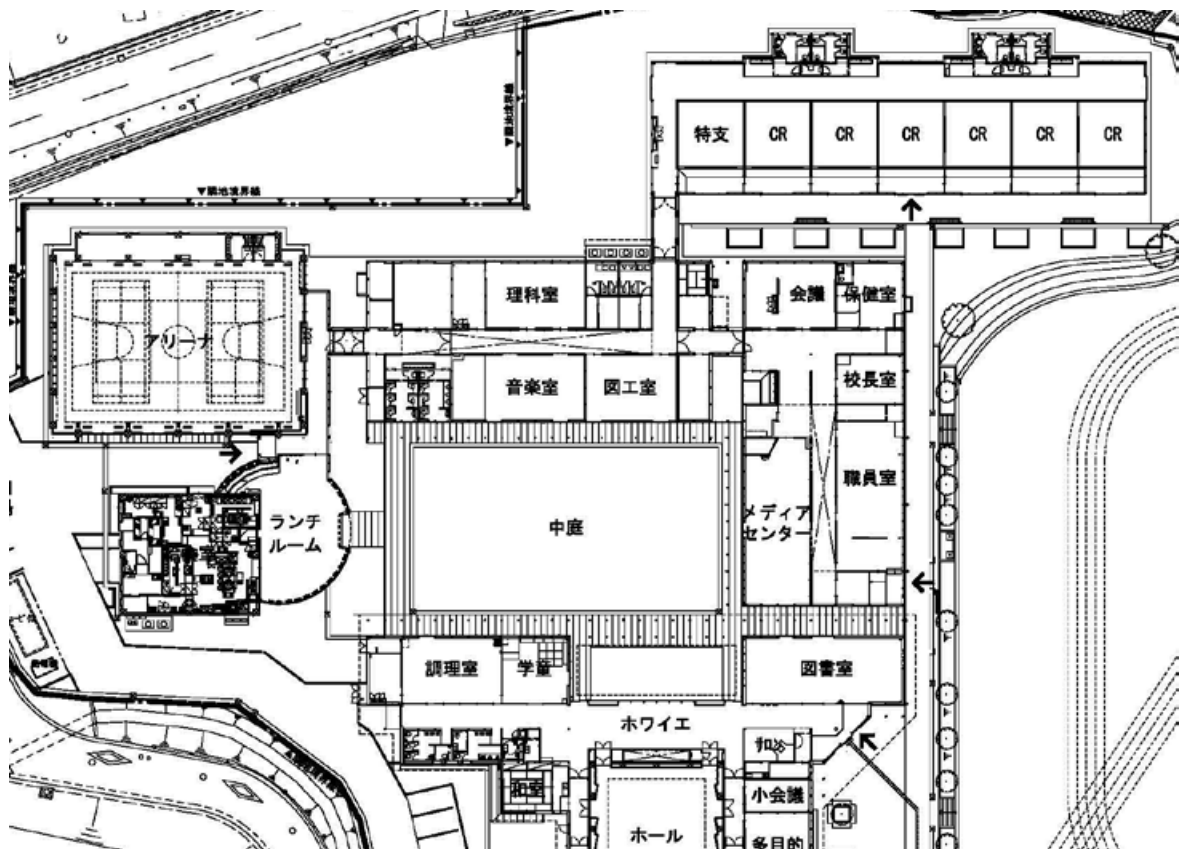


図 5-21 作手小学校平面図（中庭を挟んで南は交流館）

