

## 中大規模木造普及に向けた比較分析手法の提案

### —LCA評価による環境評価と建築性能評価について—

建築学専攻

プロジェクトデザイン研究

DZ20004 山本 紗葵

指導教員 山代 悟

## 序章 はじめに

### 0-1. 研究背景

2050年カーボンニュートラル実現<sup>1)</sup>に向け、建築分野における環境評価（LCA）の重要性が高まっている。特に都市部の中大規模木造建築は脱炭素への貢献が期待されるが、高い耐火性能が求められることによる耐火仕様の違いが環境性能に与える影響は明確化されていない。

### 0-2. 研究目的

本研究では、既存の RC 造モダンイズム建築である大分県庁舎・奈良県庁舎・垂水市役所を対象に、耐火仕様や構造形式、規模の異なる複数の木造再設計モデルを設計し、国内基準の LCA 評価ツールを用いて定量的に評価する。環境性能（LCA）と建築性能の両面から定量的・定性的に比較分析を行うことで、脱炭素と建築的価値を両立する最適な木材利用手法を提示することを目的とする。

### 0-3. 研究手法

環境評価（LCA）では、国内データベースに基づく「J-CAT」を評価ツールとして使用する。評価範囲は、「資材製造」「施工」「解体」の各段階（エンボディード・カーボン）とし、運用段階を除いた建材由来の環境負荷および炭素貯蔵量を算出する。

建築性能評価では、「平面計画の再現性」「空間の開放性・可変性」「動線」等の項目を設けたループリック評価表を作成。再設計案の実用性を 5 段階で定量的に評価する。

## 第 1 章 LCA算定について

ライフサイクルアセスメント（LCA: Life Cycle Assessment）とは、ある製品・サービスのライフサイクル全体（資源採取—原料生産—製品生産—流通—消費—廃棄—リサイクル）又はその特定段階における環境負荷を定量的に評価する手法である。

### 第 2 章 算定ツールについて

一般的な積み上げ方式は、詳細仕様の決定を要するため、設計初期の迅速な検討には不向きである。本研究での予備検討において、複数の算定ツールの算定結果に大きな乖離は見られなかったことから、汎用性が高く国土交通省が公開している概算ツール「J-CAT」<sup>7)</sup>を選定した。絶対値の精緻さよりも、各設計案の相対比較による指針導出を重視する本研究の目的に合致するためである。

## 第 3 章 研究対象建築と再設計について

### 3-1. 研究対象建築① 大分県庁舎

1962 年竣工の大分県庁舎を対象に、木造化モデルの再設計案を作成し、既存と組み合わせた計 7 ケースについて比較を行う。

大分県庁舎は、試設計の候補に挙がっていた建築の

中で、高層棟と低層棟に分けられる点に着目し、さらに構造の組み合わせや分棟としての考察を行うことで、木造率の段階的な変化を比較できると考え、選定した。木造再設計では、県庁舎の配置や動線計画をできるだけ変更せずに設計を行った。

基準階部<sup>2)3)</sup>は、3～9 階を木造化した案と 3 層ごとに RC 床とメガストラクチャーを挿入した混構造案を採用。低層棟には、1, 2 階を木造化した案と 1 階ピロティや跳ね出し部を RC 造とし、2 階を木造とした案を採用。図 1 に再設計モデルの組み合わせを示す。

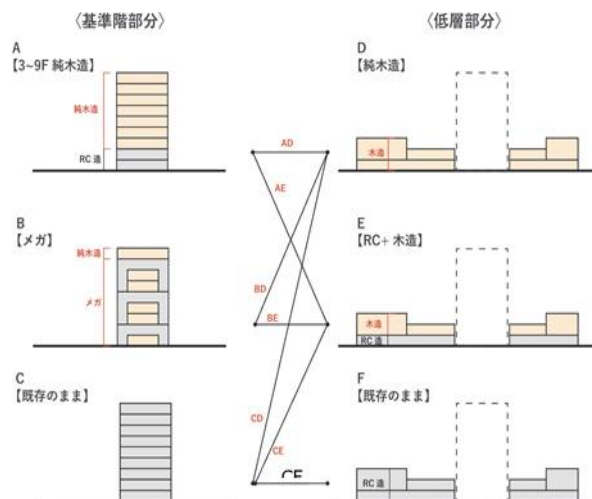


図 1：再設計モデルの組み合わせ

### 3-2. 研究対象建築② 奈良県庁舎

1965 年竣工の奈良県庁舎<sup>4)</sup>を対象に、木造化モデルの再設計案を作成し、既存と組み合わせた計 7 ケースについて比較を行う。

奈良県庁舎は、大分県庁舎同様、試設計の候補に挙がっていた建築の中で、高層棟と低層棟に分けられる点に着目。さらに構造の組み合わせや分棟としての考察を行うことで、木造率の段階的な変化を比較できると考え、選定した。大分県庁舎で得た結果や課題が、大分県庁舎特有のものか、あるいは木造化一般に通じるものなのかを見極め、知見の一般化を目指す。再設計モデルの組み合わせは、大分県と同様とする。

### 3-3. 研究対象建築③ 垂水市役所

1958 年竣工の垂水市役所<sup>5)</sup>を対象に、木造化モデルの再設計案を作成し、既存と組み合わせた計 2 ケースについて比較を行う。

垂水市役所は、上記 2 庁舎と比較して、規模が 3 階建てと小さい。規模の違いによる影響を比較検討するため選定した。再設計モデルは既存と木造化の 2 案を採用。

## 第 4 章 LCA評価に関する分析

### 4-1. 研究対象建築① 大分県庁舎

環境性能（LCA）<sup>6)8)</sup>の評価では、算定後の CO2 排出

量を比較した結果、木材使用量が最も多いAD案（低層純木造+高層純木造）が、既存RC造と比較して約37%の削減を達成し、最も優れた環境性能を示した。AD案は、炭素貯蔵量が排出量を上回る結果を示し、木材による炭素貯蔵量が大きく寄与しているため、-1/+1アプローチ値が最大である。この値は、建物が建設中は、常に炭素が固定されている状態であるため、今後の木造建築の環境負荷低減への寄与率を考える上で重要になってくると示唆される。算定結果を図2に示す。

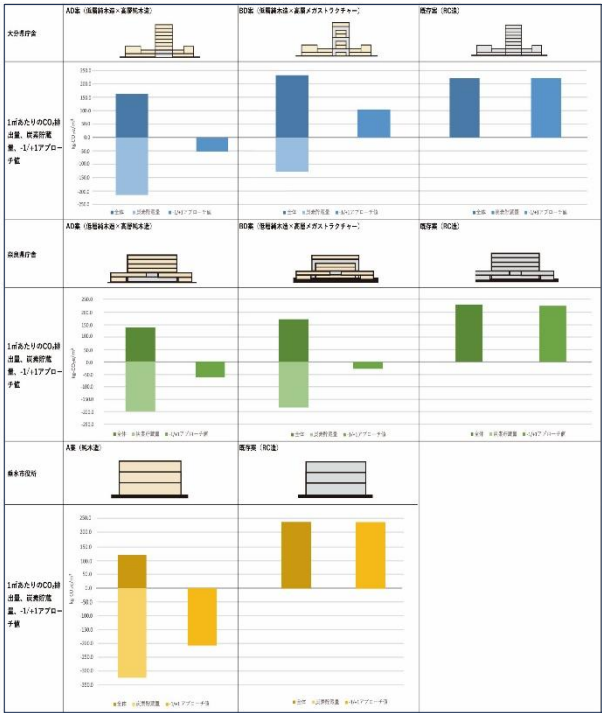


図2：既存建築物と各再設計案のCO<sub>2</sub>排出量と炭素貯蔵量

## 第5章 建築性能に関する分析

本分析では、建築性能を定性的評価と定量的評価の両面から分析を行う。定性的評価では、ルーブリック評価表を用いて評価する。

### 5-1. 研究対象建築① -大分県庁舎-

ルーブリック評価の結果、LCA評価とは対照的にハイブリッド案の実用性が高く評価された。基準階部の木造化案では、全荷重を木造で支えているため柱や筋交いが増加し、オフィス空間の開放性を損なう。対して、メガストラクチャー案は、RCの大架構が主荷重を負担するため、内部木造空間の制約が少なく、柔軟性と空間の可変性の観点で優れている。低層部の木造化案は、跳ね出し（キャンチレバー）部分も木造で計画しているため、防水・耐久性の維持管理に懸念が残る。一方で、ハイブリッド案は、1階を既存同様RC造とすることで、防水性とメンテナンス性の観点から現実的である。

## 第6章 考察

本分析より、木造化案はLCA全体で著しい環境負荷低減とカーボンネガティブを達成することを確認。メガストラクチャー案は、空間的自由度を確保できるものの、環境負荷は既存RC造と同等以上となる。部位別詳細分析からは、環境負荷低減の主要因と新たな課題が浮き彫りとなった。まず、木造化の環境

負荷低減の要因は床（スラブ）にある。RCスラブと比較して約80%の排出削減を達成している。CLTや合成床による軽量化が削減に大きく寄与していることを示唆している。

一方で、木造化に伴う新たな課題として、耐火被覆材である「石膏ボード」と「接合金物」による環境負荷の増大が顕在化しており、無視できない。特に大断面部分への石膏ボード使用は環境負荷の集中点であることが示唆された。したがって、今後の木造設計においては、過剰な被覆を要する耐火建築ではなく、木材の断面厚で性能を担保する「準耐火構造（燃え代設計）」を積極的に採用し、石膏ボードの使用量を抑制することが環境負荷低減に不可欠である。部材別詳細分析を図3に示す。

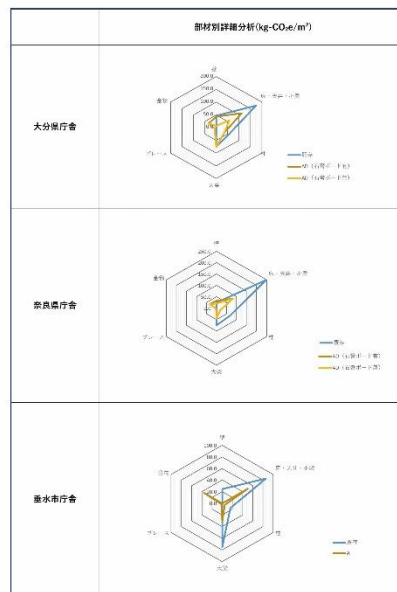


図3：部材別詳細分析

加えて、規模の小さい木造建築物の方が1㎡あたりの炭素貯蔵量が大きいという分析結果も得られた。これらを踏まえると、無理に大規模化を目指すのではなく、準耐火構造で建設可能な3階建て程度に抑えることが最適解の一つであると考えられる。

また、混構造建築物にする際は、床や天井、大梁等の大断面部材に木材を使用することにより、環境負荷の小さい建築物になると考えられる。「接合部、被覆材のカーボンホットスポット」は、今後の中高層木造設計において解決すべき技術的課題であり、金物量の最適化や新たな接合技術の開発が急務である。

## 終章 おわりに

本研究が今後の建築業界での脱炭素化に向けた一助になることを願う。また、環境負荷低減のみを重視するのではなく、先を見据えた環境配慮型の建築提案に繋がることを期待する。

### 参考文献

- 環境省 HP  
[https://www.env.go.jp/earth/2050carbon\\_neutral.html](https://www.env.go.jp/earth/2050carbon_neutral.html)
- 大成建設株式会社一級建築士事務所.平成 24 年度施第 12-30 号大分県庁舎本館耐震化事業（建築図）.2012
- 大成建設株式会社一級建築士事務所.平成 24 年度施第 12-30 号大分県庁舎本館耐震化事業（構造図）.2012
- 奈良県庁舎リニューアル工事（主棟・議会棟等改修）建築工事 日建設計
- 垂水役所改修工事 衛藤中山設計事務所提供
- IBECs 連続講座『ホールライフカーボン評価の基礎知識』第3シーズン ～ J-CAT を用いたカーボン算定の実践 と 海外・データ整備の最新動向 ～ 国土交通省  
[https://www.mlit.go.jp/report/press/house04\\_hh\\_001226.html](https://www.mlit.go.jp/report/press/house04_hh_001226.html)
- IBECs 住宅・建築SDGs推進センターHP  
[https://www.ibecs.or.jp/zero-carbon\\_building/jcat/index.html](https://www.ibecs.or.jp/zero-carbon_building/jcat/index.html)