

# 公共建築物における ZEB 事例紹介

## Best Practices of nZEB in public buildings

竹部友久\*

### 1. はじめに

国のエネルギー基本計画において、「建築物については、2020年までに新築公共建築物等で、2030年までに新築建築物の平均でZEBを実現することを目指す」とする政策目標が設定され、公共建築物におけるZEBの実現が喫緊の課題になっている。

公共建築物には、庁舎、教育施設、集会施設、文化施設、医療施設など、さまざまな建物用途がある。いずれも、予め各室の条件、利用人員、利用時間、管理体制などが設計時点で明確になっているケースが多く、建設予算の範囲内であれば、地域性や利用形態に合わせた環境建築を設計できる。

今回は公共建築物におけるZEB事例として、雲南市役所新庁舎と秋田市庁舎を紹介する。

### 2. 雲南市役所新庁舎

#### 2.1 建物概要とZEB化の取り組み概要

雲南市役所新庁舎は、「水を囲み、剣を纏う」をデザインコンセプトに、豊かな森と斐伊川の恵み、ヤマタノオロチ伝説やたたら製鉄といった地域の歴史・風土・資源を活かしたZEB庁舎である。北側にコアを配置し、建物中央のセンターボイドを囲むロの字型プランで、三方に開いたフレキシブルな執

務ゾーンが特徴の建物である。センターボイドは、庁舎全体を見渡せる吹抜空間で、上部からの太陽光により庁舎全体を明るくしている。(表1、図1～図3)



図1 建物外観



図2 センターボイド

表1 建築概要

建物名称	雲南市役所新庁舎
所在地	島根県雲南市
主用途	庁舎
敷地面積	6,864.49 m <sup>2</sup>
建築面積	2,347.18 m <sup>2</sup>
延床面積	7,628.42 m <sup>2</sup>
構造	鉄骨造 (CFT・制震構造)
階数	地上5階
竣工	2015年8月

\* 株式会社日本設計

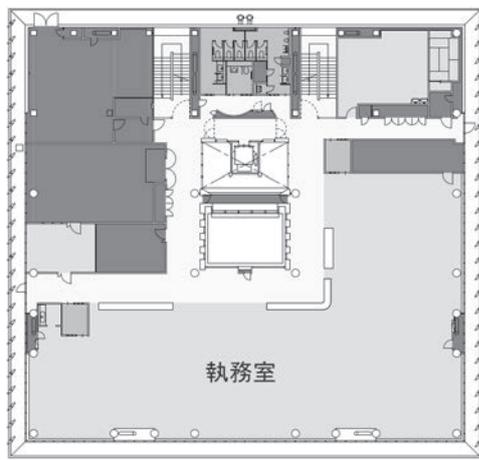


図3 4階平面図

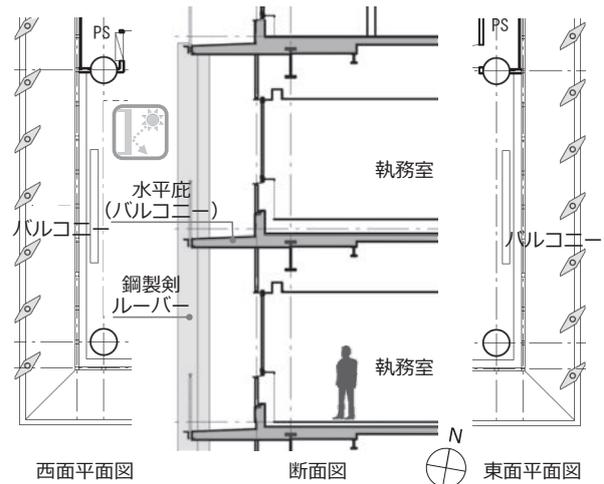


図5 鋼製剣ルーバーと庇による日除け

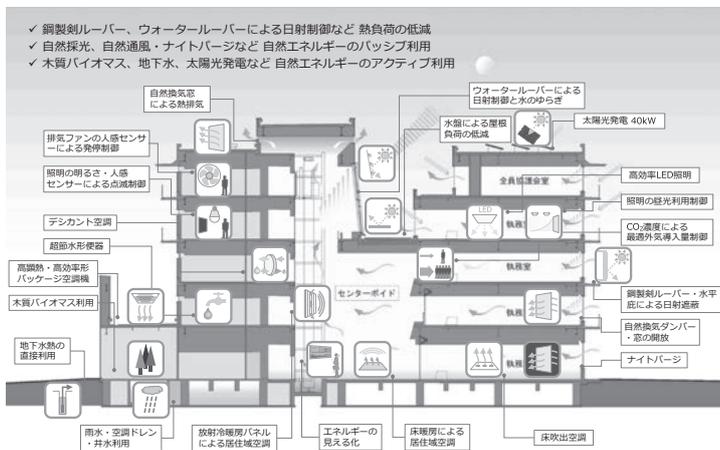


図4 雲南市型環境建築の全体像



図6 ウォータールーバー

鋼製剣ルーバーなどによる熱負荷の低減，センターボイドを利用した自然通風・ナイトパーージなど自然エネルギーのパッシブ利用，木質チップ・地下水など地産地消の再生可能エネルギー利用の3つを柱とした雲南市型環境建築を実現している。(図4)

## 2.2 パッシブ建築の取り組み

### (1) 鋼製剣ルーバーとウォータールーバー

庁舎の東西面には、地域の歴史をモチーフにした鋼製剣ルーバーを採用し、ルーバーに45°の角度を付け、水平庇と組合せることで、日射遮蔽と眺望を兼ね備えた効果的な日除けを実現している。(図5)

センターボイドと光庭に面した南面の大きなガラス窓には、雨水と空調ドレンを原水とする雑用水を上部から掛け流すウォータールーバーを設けている。ガラス表面温度を下げて熱負荷を軽減し、太陽光を水のゆらぎでやさしい光に変えて導くとともに、水流が視覚や聴覚にも働きかけ清涼感も醸す環境装置となっている。(図6)

### (2) 自然通風・ナイトパーージシステム

1～3階はセンターボイドの煙突効果を利用した温度差換気，4,5階は斐伊川に沿って吹く安定した風を利用した風力換気による自然通風・ナイトパーージシステムを構築し、中間期に空調なくても快適な室内環境を実現している。1～4階の執務室に各フロア3ヶ所ずつ雨や風で窓を開けられない時でも機能する自然換気ダンパーとセンターボイド上部2ヶ所に自然換気窓を設置している。

## 2.3 省エネ設備の取り組み

### (1) 地域資源を活かした熱源・空調システム

雲南市では、「たたら」の里山再生プロジェクト」に取り組んでおり、その中核となるのが、森林バイオマスエネルギー利用の推進である。市民が森林か

ら丸太等を積み込み、集積地まで運搬し対価をもらい、その木材をチップ化し、市の施設で燃料として活用している。現在、6施設に供給しており、将来的には7施設に供給する予定である。

熱源・空調システムは、雲南の豊かな森と斐伊川の恵みを活かして、地産地消の木質チップでつくった温水と、地下水を熱交換した中温冷水を、デシカント空調と放射空調に利用している。冷房時に木質チップでつくった約70℃の温水をデシカントロータの再生熱源として利用し、冷熱源は地下水を熱交換して利用するデシカント空調システムとしている。(図7, 図8)

デシカント外調機は、外気導入の全館集中化、室内CO<sub>2</sub>濃度による最適外気導入量制御、建築基準

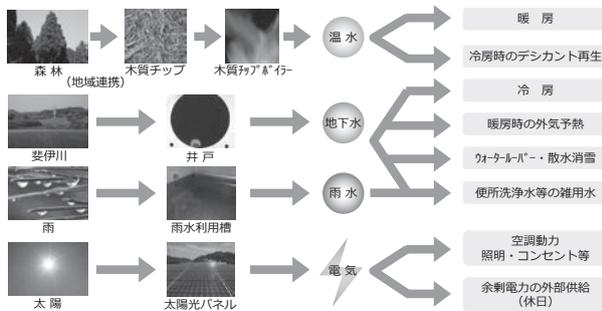


図7 再生可能エネルギー等の利用システム

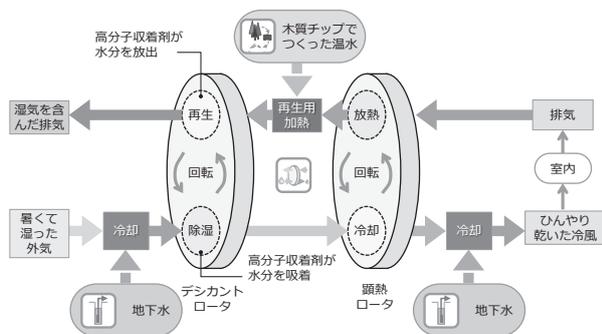


図8 デシカント空調システム



図9 太陽光発電パネル

法上は執務室を自然換気とすることで、在館人口に合わせた設備容量の最適化を行い、約50%のコンパクト化を実現している。また、便所排気ファン等の人感センサーによる排気量制御と併用することで、排熱回収効率を高めている。

木質バイオマス利用のシステム COP は年平均14.57、地下水熱直接利用のシステム COP は年平均10.74 と高効率運転を実現している。中間期の自然換気、高効率な熱源・空調との併用により、執務室のエアコンの年間運転時間は500時間程度と、一般的な事務室の約1/4となっている。

(2) 太陽光発電システム

太陽光発電設備は、定格発電能力40kWを南向きで角度10°で屋上に設置している。(図9)

発電量は概ね日射量に比例しており、最大発電量は35kWhで、年間44.4MWhを発電し、建物全体の電気使用量の約12%を賄っている。山陰地方の秋冬は日照時間が短いため、発電量も少なく冬期は夏期の25%程度の発電量となっている。(図10, 図11)

2.4 エネルギー実績と ZEB 評価

地下水は年間約29,000m<sup>3</sup>、木質チップは年間約67tonを空調に利用し、合わせて年間熱負荷の約53%を再生可能エネルギーで賄っている。(図12)

開庁後1年間のエネルギー実績は、木質チップ、地下水、太陽光発電の再生可能エネルギーで、年間エネルギー消費量の約27%を賄い、建物全体で414MJ/m<sup>2</sup>・年、ZEB評価の対象外のコンセント分を除くと274MJ/m<sup>2</sup>・年であった。(公社)空気調和・衛生工学会のZEB(ネット・ゼロ・エネルギー・ビル)の定義と評価方法に関するガイドライン



図10 月別の太陽光発電量と日射量

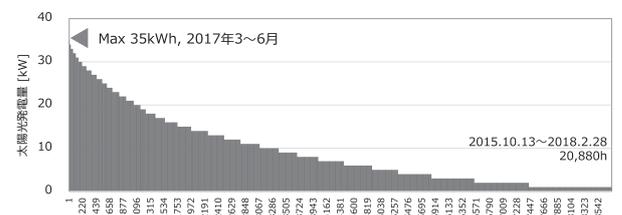


図11 太陽光発電電力量デュレーションカーブ

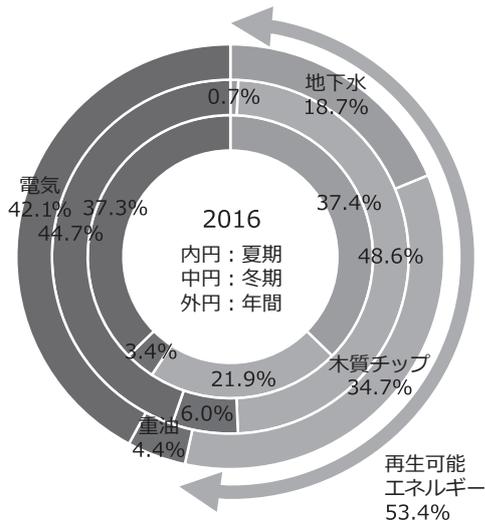


図12 エネルギー源別熱負荷負担比率

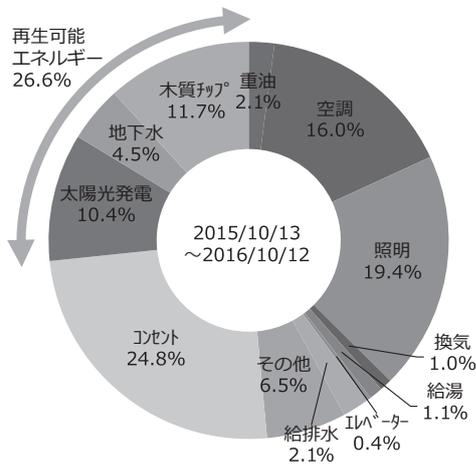


図13 年間一次エネルギー消費構成比率

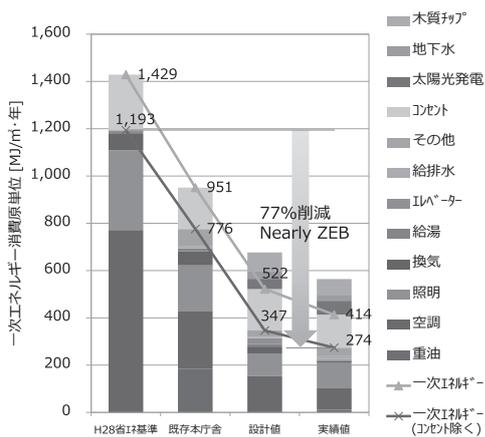


図14 一次エネルギー消費原単位の比較と ZEB 評価

(SHASE-G 0017-2015) で ZEB 評価を行うと、平成 28 年省エネルギー基準比で 77%削減の Nearly ZEB Level II を達成している。(図 13, 図 14)

### 3. 秋田市庁舎

#### 3.1 建物概要と ZEB 化の取り組み概要

秋田市庁舎は、「季節毎の環境変化に上手につきあう」をコンセプトに、冬に強く季節の変化にも上手につきあう ZEB 庁舎である。建物の中央にあるアトリウム（市民の座）を囲うように、行政、議会、市民サービスセンターの 3 つの機能が配置されている。(表 2, 図 15 ~ 図 17)

高断熱化、庇やルーバーなど熱負荷低減の工夫に加え、建物中央部にあるアトリウムは自然換気が可能で、自然の光を建物全体に採り入れている。さらに冬の快適性と省エネを両立する床染み出し空調、地中熱・熱回収・最適化による寒冷地の大きな外気負荷の最小化、地中熱の最大限利用と送水温度緩和による超高効率な熱源システムなどにより、秋田の厳しい気候において、快適性と省エネの両立を実現している。(図 18)

#### 3.2 パッシブ建築の取り組み

1フロア約 90m × 60m の大平面は、雪国の厳しい冬の寒さに対して熱ロスが少ない形状であるが、中央部分は光や風の届かないエリアになるため、アトリウムを設け、ここを光や風の通り道とし、建物全体の環境調整装置とするよう位置づけている。

表 2 建築概要

建物名称	秋田市庁舎
所在地	秋田県秋田市
主用途	庁舎、集会所、駐車場
敷地面積	25,851 m <sup>2</sup>
建築面積	5,798.28 m <sup>2</sup>
延床面積	31,582.99 m <sup>2</sup>
構造	RC造 中間層免震
階数	地上 7 階、地下 1 階
竣工	2016 年 4 月



図 15 建物外観



図 16 アトリウム (市民の座)

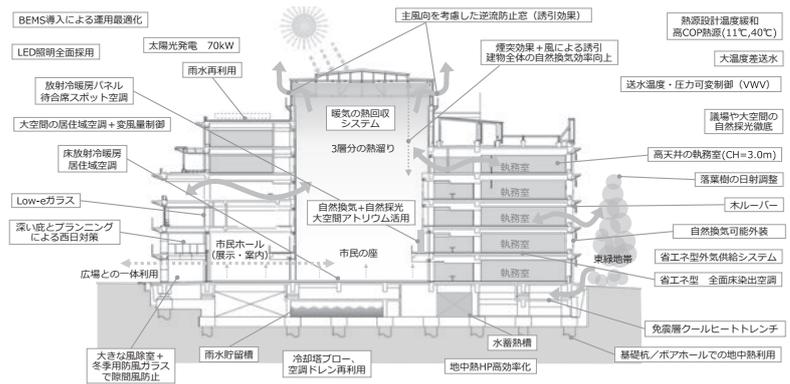


図 18 環境計画の全体像



図 19 秋田杉の軒天井と外ルーバー

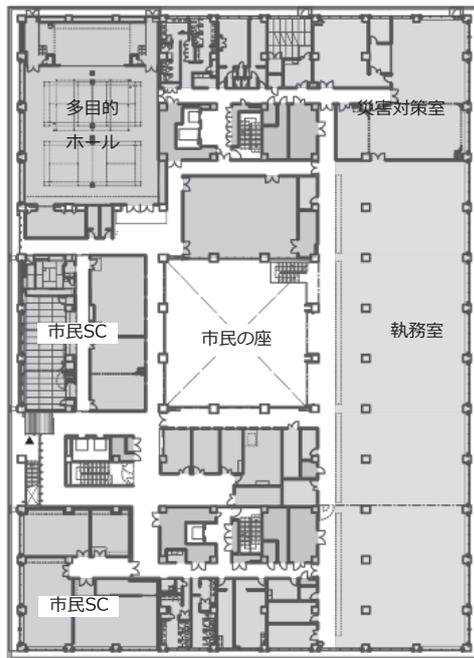


図 17 3階平面図

執務室は、冬季朝日のダイレクトゲインが期待でき、夏季は日射調整がし易くまとまった広さが確保できる東に配置している。窓周りは、外観を特徴づける水平木外ルーバーと、軒天部分に木をあしらったバルコニー兼庇により日射を調整している。またシンプルな構造で、換気窓の利用がしやすいように配慮されている。(図 19)

自然換気、自然採光をあらゆる場所に積極的に導入する一方、断熱性能や隙間風防止への配慮も行っており、できるだけ設備に頼らないパッシブ建築となっている。

### 3.3 省エネ設備の取り組み

#### (1) 寒冷地の大きな外気負荷を最小化するシステム

外気供給は、地中熱で外気を予冷・予熱するクールヒートトレンチ、冬期は吹抜け上部の暖気から夏期は吹抜け下部からの全熱交換器による熱回収、最適な外気量に調節する CO<sub>2</sub> 濃度による外気量制御と外調機 4 台による台数制御などを組み合わせて、寒冷地の大きな外気負荷を最小化している。(図 20)

クールヒートトレンチ、CO<sub>2</sub> 濃度による外気量制御、全熱交換器といった外気負荷の最小化による省エネ効果は、夏期が約 32%、冬期が約 71%であった。

#### (2) 地中熱利用と送水温度緩和による熱源システム

限られた地中熱採放熱管に、水蓄熱槽や融雪用採熱管の夏季冷房利用を組み合わせることで、地中熱を最大限利用している。さらに設計送水温度の緩和に送水温度可変制御も加え、超高効率な熱源システムを実現している。

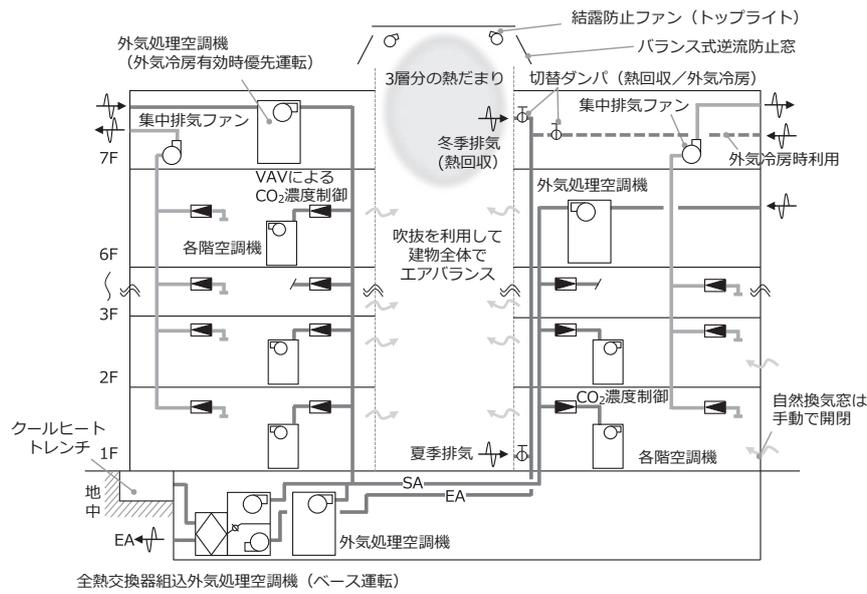


図 20 寒冷地の外気負荷を最小化するシステム

地中熱ヒートポンプの COP は、冷房 5.60, 暖房 3.30, 年間 4.06 で、熱源システム全体の 1 次システム COP は冷房 1.31, 暖房 0.87, 年間 1.03 であった.

(3) 全面床染み出し空調システム

執務室の空調は、冬が長くて厳しい秋田で、放射効果と頭寒足熱で暖房時の快適性が高い全面床染み出し空調システムを導入している。また、高効率機器やインバータ制御による変风量システムなどにより徹底した省エネにも取り組んでいる。

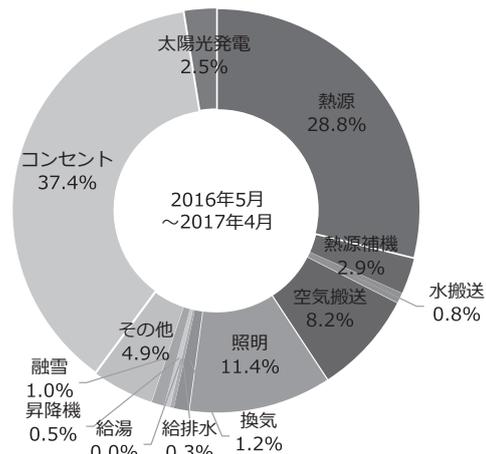


図 23 年間一次エネルギー消費構成比率



図 21 太陽光発電パネル

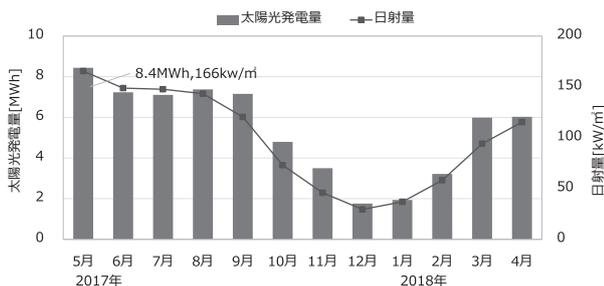


図 22 月別の太陽光発電電量と日射量

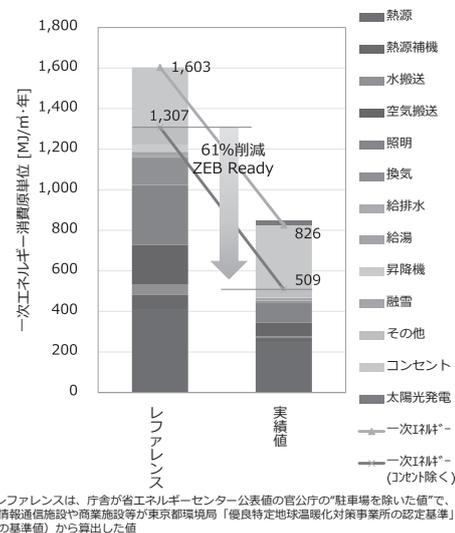


図 24 一次エネルギー消費原単位の比較と ZEB 評価

#### (4) 太陽光発電システム

太陽光発電設備は、定格発電能力 70kW を屋上と屋上ファーストリングに設置している。リチウムイオン電池を併設することにより、停電時の特定負荷供給を可能としている。(図 21)

年間 64.5MWh を発電し、建物全体の電気使用量の 26% を賄っており、期間平均発電効率は 12.0% であった。秋田の気象条件下において良好な発電量が得られている。(図 22)

### 3.4 エネルギー実績と ZEB 評価

初年度の年間エネルギー実績は、太陽光発電で年間エネルギー消費量の 2.4% を賄い、建物全体で 826MJ/m<sup>2</sup>・年、ZEB 評価の対象外のコンセント分を除くと 509MJ/m<sup>2</sup>・年であった。SHASE-G 0017-2015 で ZEB 評価を行うと、レファレンス比で 61.1% 削減の ZEB Ready を達成している。(図 23, 24)

## 4. おわりに

公共建築物は、設計時点で利用形態がある程度明確になっているため、設備容量を最適化・コンパクト化することで、省コスト化と ZEB 化の両立も可能になる。また、運用段階での省エネルギー推進体制の整備、コミッションングの実施、設計者・施工者の省エネルギー運用への参画などが、ZEB 化の推進と設計・施工・管理レベルの底上げには重要となる。

最後に、公共建築物では設計者選定プロポーザルで優れた提案が成され、数多くの環境建築が誕生し、運用を始めている。今後、運用実績で ZEB を実現する公共建築物が増えることを期待したい。

### 参考文献

- 1) 竹部友久：カーボンニュートラル建築のための設計、技術、マネジメントに関する研究、空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集（2011, 名古屋）
- 2) 竹部友久：省エネルギー設計のポイント概論、空気調和・衛生工学 2012.5
- 3) 竹部友久他：ZEB（ネット・ゼロ・エネルギー・ビル）の先進的取り組み その 3 公共建築物における先進的取り組み、空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集（2017, 高知）

### 著者略歴

竹部友久（タケベトモヒサ）

1989 年 3 月早稲田大学工学部建築学科卒業。同年 4 月株式会社日本設計入社。現在は株式会社日本設計 環境・設備設計群グループ長、早稲田大学非常勤講師、宇都宮大学非常勤講師。

機械設備設計、省エネ・省 CO<sub>2</sub> 関連コンサルの他、ZEB 定義・評価方法の検討にも携わる。

2014 年「省エネルギー設計のポイント概論」で空気調和・衛生工学会賞論文賞論説・報文部門を受賞。