

カーボンニュートラル賞

受賞名称 第13回カーボンニュートラル賞 北信越支部
カーボンニュートラル賞選考支部名称 第13回カーボンニュートラル賞選考委員会 北信越支部
業績の名称 たんぼぼ保育園 パッシブデザインとシミュレーションを駆使した木造保育園の計画と実践
所在地 富山県黒部市三日市4016-1
応募に係わる建築設備士の関与 株式会社竹中工務店 柳澤 慎太郎

応募者又は応募機関

代表応募者・機関	株式会社竹中工務店 東京本店					
建築主	YKK不動産株式会社					
設計者	株式会社田口知子建築設計事務所					
設計者	株式会社竹中工務店					
設計者	合同会社スタジオノラ					
延床面積	470	m ²				
階数	地上1階	地下-階	塔屋-階			
主用途	幼稚園・保育園					
竣工年月日	2022年3月31日					

支部選考委員長講評

本物件は木造平屋建て、延床面積は 470m² と小規模な保育園である。建物規模、用途に最も適したシステムを検討選定し、実測により検証している。設計段階でCFDにより室内の温熱・空気質・快適性の解析を行い、またシミュレーションにより最適な断熱性能、設備システムの違いによるエネルギー消費量を把握し設計に反映させた。その結果、一次エネルギー削減率 66%、CO₂削減量の合計 107% を達成した。

特筆出来る内容としては

- ・直膨コイル付き全熱交換機（外調機）と自然換気のハイブリッド運用による熱環境確保と省CO₂化
- ・外調機で主空調を受け持ち、効率の高い小型空調機（ルームエアコン）の採用で個別負荷への対応
- ・CO₂センサーで園児の居住レベルの環境を考慮した換気・空調システム
- ・温熱環境（快適性）に効果が高いパネル式床暖房の採用による省エネルギー化
- ・建築構造の省エネ（高断熱化）計画
- ・太陽光発電の採用により大きくBEIを低減させている
- ・木材の地産地消・今計画で使用した木材以上の苗の植林への取り組み

本物件の意義

- ・木造、小規模建築物であり全国各地での参考事例となり得る
- ・保育園という室内環境を最重要視される施設において、省CO₂化と快適性の両立
- ・雪国特有の冬季太陽光発電デメリットに対しても、省CO₂化への有効性の実証
- ・木材利用の社会的地位の確立と地域社会へのアピール

以上の点から、第13回カーボンニュートラル賞に選考するものである。

受賞者の言葉

本建物は、YKK不動産が富山県黒部市で「持続可能な社会に貢献する建築とまちづくり」を掲げ、計画・開発を進めてきたパッシブタウンの第4街区として、高い外皮性能、窓性能により実現するローエネルギーを基盤に、子供たちを育み、脱炭素とZEBを実現する木造の保育園を目指しました。

各種シミュレーションを駆使し、外皮の断熱・気密性向上（UA値：0.299W/m²K）による負荷削減、自然換気の積極的な利用等により省エネ化を徹底した空調・換気システムを園児の居住レベルの温熱環境や快適性に特に配慮しながら計画しました。

設計初期段階から、一次エネルギー消費量の検証を重ね最小化することで、設計時点でNetZEBを実現しました。さらに2023年の実績値においてもNetZEB(-12.1%)を達成しています。

最後に、審査にご尽力いただいた皆様、本プロジェクトの関係者の皆様に厚く御礼申し上げます。

(柳澤 慎太郎：株式会社竹中工務店)

業績の名称： たんぽぽ保育園 パッシブデザインとシミュレーションを駆使した木造保育園の計画と実践

■ 業績の概要とカーボンニュートラル化に係わる取り組みの説明

1/4



c) 藤井浩司(TOREAL)

建築概要

建物名称 : パッシブタウン第4街区 たんぽぽ保育園
 建築主 : YKK不動産
 設計(建築) : 田口知子建築設計事務所
 設計(構造) : ホルツストラ
 設計(設備) : 竹中工務店
 : スタジオノラ(環境シミュレーション)
 : コモレビデザイン(照明計画)
 : プレイスメディア(ランドスケープ)
 施工(建築) : 平野工務店
 施工(設備) : 黒部エムテック、NIPPO、野上緑化

建築地 : 富山県黒部市三日市4016-1
 建物用途 : 保育所
 敷地面積 : 3,167.55㎡
 構造 : 木造
 階数 : 地上1階
 建築面積 : 506.13㎡
 延床面積 : 469.99㎡
 工期 : 2021年4月~2022年3月

パッシブデザイン・環境シミュレーション・設備の融合
 で実現する五感を育む保育空間

富山県黒部市にあるパッシブタウンはYKKグループが社宅跡地を活用して、エネルギー消費に過度に依存せず、黒部の自然エネルギーを最大限に活かしたパッシブデザインによる、持続可能な社会にふさわしいローエネルギーの「まちづくり・住まいづくり」を提案する取り組みを行っている。2017年までに第1~3街区が計画され、地域に吹く「あいの風」や太陽熱、黒部川扇状地に流れる豊富な伏流水などを利用した集合住宅が完成している。

本計画(第4街区)では、第1~3街区のパッシブデザインと高い外皮性能、窓性能により実現したローエネルギーを基盤に、**子供たちの健康を支え、脱炭素とZEBを実現する保育園をパッシブデザインを駆使して計画した。**

設備概要

電気設備 受電方式 : 低圧受電方式
 設備容量 : 3Φ200V 11kVA、1Φ100/200V 55kVA
 太陽光発電 : 18.5kW

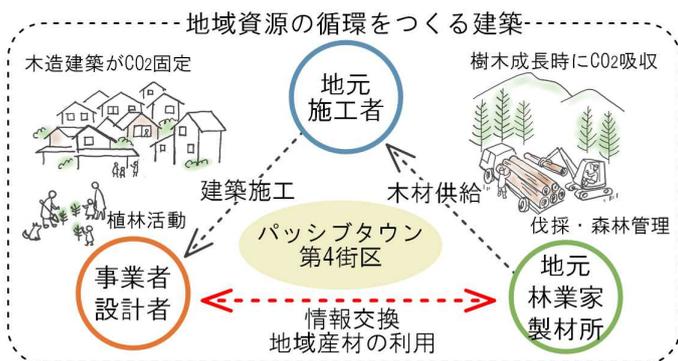
衛生設備 給水 : 直結方式
 排水 : 汚水雑排水合流、雨水分流方式
 給湯 : 自然冷媒ヒートポンプ給湯器(エコキュート)
 衛生器具 : 幼児用器具、節水型器具

空調設備 空調 : ルームエアコン、床暖房(温水パネル式)
 換気 : 直膨コイル付き全熱交換器
 計測 : 屋外(温度、湿度、風向、風速、降雨強度)、
 屋内(温度、湿度、CO₂濃度)、
 各種機器別の電力消費量、太陽光発電量

1. 木材の地産地消

地域産材を使った木造建築は、CO₂の固定効果にとどまらず、林業家と設計者・事業者間のコミュニケーションを生み、山の保全や産業の活性化への可能性を持っている。小さな循環の積み重ねが持続可能な日本の森林資源の保全へと繋がる。丸太製材時に発生する端材も間柱・垂木に活用した結果、**構造材の84%が新川産材となった。**

現場で使った以上の苗を植えることをコンセプトに、2021年10月にはYKK不動産、富山県森林政策課、新川森林組合の協力のもと現場関係者や地域住民と一緒に**優良無花粉スギの苗を200本以上植林した。**植林による50年後のCO₂吸収量は約57t-CO₂と期待されている。



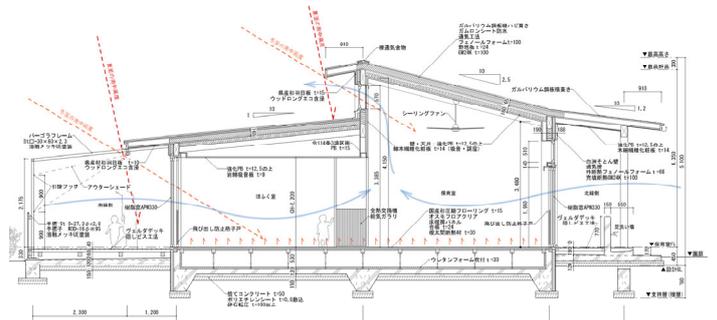
c) 田口知子建築設計事務所

図1.1 木材の地産地消サイクル

2. 快適性と省エネを両立する換気・空調システムの計画

本計画では**脱炭素、NetZEBの達成を目標に、設計初期段階から一次エネルギー消費量についての検証を行いながら設計を行った。**外皮性能の向上による負荷削減、換気空調の省エネ化の徹底により一次エネルギー消費量を削減し、**年間の消費量に対して必要な分の太陽光パネルを計画して設置した。**

換気、空調は温熱環境や快適性にも配慮して計画している。換気は直膨コイル付き全熱交換器にて1次処理した外気を居室の下部から吹き出し、上部で吸い込むことで園児の居住レベルに新鮮な空気を届け、**空気質環境を向上させながら温熱環境にも配慮している。**空調機は容量が小さく高効率であることから家庭用ルームエアコンを採用し、各エリアの負荷にあわせて複数台設置することで、必要な台数だけ運転できる計画とした。冬期の快適性向上を目的に床暖房も採用している。



c) 田口知子建築設計事務所

図2.1 南北断面 縮尺1/200

3. 外皮の高断熱化による負荷削減

3.1 断熱仕様の検討 計画

パッシブデザインの基礎となる建物の断熱性能を高めることは熱負荷削減につながり、設備機器の容量の低減、エネルギー消費量の削減につながる。外皮の断熱材、厚さ、窓性能等を変更すると設備機器のエネルギー消費量がどのように変化するかシミュレーションを複数ケース行い、比較しながら仕様を決定した。最終的な建物全体のUA値は0.299W/m²Kとなり、建物全体として高断熱化することで徹底的な熱負荷の削減を行った。

表3.1 建築部材断熱 決定仕様

外壁	GW t=100+PF t=70 (0.16W/m ² K)
屋根	GW t=100+PF t=100 (0.13W/m ² K)
床	SF t=75+UF t=40 (0.2W/m ² K 等)
窓	樹脂窓枠+Low-Eペアガラス (APW330相当) (1.41W/m ² K)

GW:グラスウール PF:フェノールフォーム
SF:スタイロフォーム UF:ウレタンフォーム
各項目の()内の数値は熱貫流率を表す

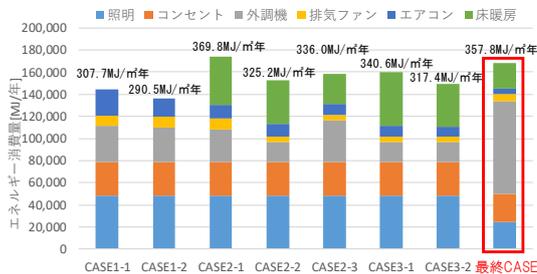


図3.2 年間の一次エネルギー消費量 初期検討結果例

3.2 実績 実績

図3.4、3.5に冬期(1,2,3,12月)、夏期(7,8,9月)の各曜日の空調設備(外調機、ルームエアコン、床暖房)の日電力消費量の平均を示す。一般的な建物においては月曜日に休日の空調停止時の影響により消費量が大きくなる傾向にあるが、本計画では曜日による電力消費量の差は小さい。図3.6、3.7に冬期、夏期の月曜日の室温の箱ひげ図、平均の室温変動を示す。冬期の月曜日の空調開始前の室温は平均で約15℃、最低で12.5℃程度であった。夏期は平均で約29℃、最高で32℃程度であった。図3.8、3.9に冬期、夏期の各曜日の平均の室温変動を示す。曜日で見た際の電力消費量のピークは月曜日に出ていなかったが、室温を確認すると月曜日が厳しく、金曜日になるにつれて冬期は高く、夏期は低い傾向にある。金曜日との差はどちらも約2℃であった。休日明けに室温が低い/高いという傾向は出ているものの、平屋で床面積に対して外皮面積の大きい建物であるが、外皮を高断熱化した効果によって空調の電力消費量は抑えられていると考えられる。



図3.4 冬期 曜日別空調設備日電力消費量



図3.5 夏期 曜日別空調設備日電力消費量

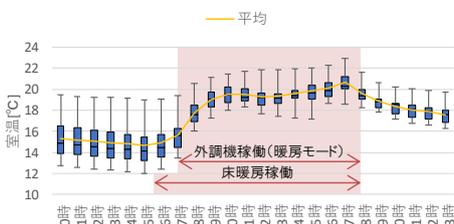


図3.6 冬期 月曜日 平均室温変動

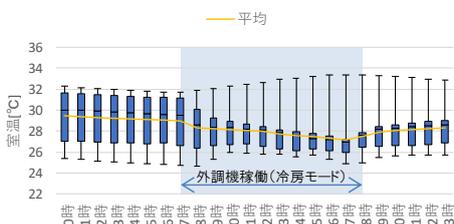
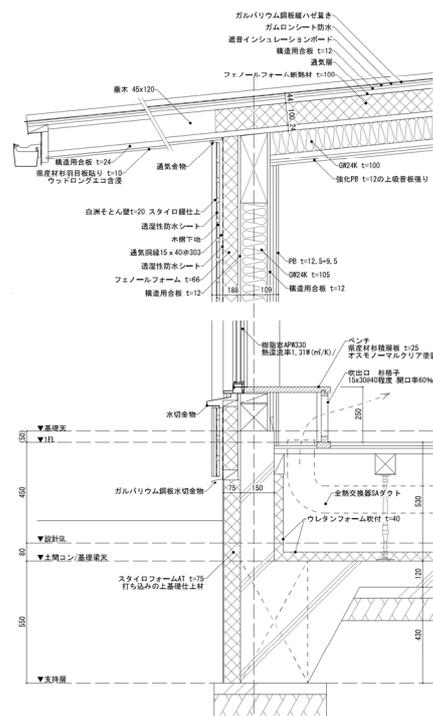


図3.7 夏期 月曜日 平均室温変動



c) 田口知子建築設計事務所

図3.3 外壁断面詳細 縮尺1/40

<外皮性能>
UA値 0.299W/m²K
PAL* 198MJ/m²・年
BPI 0.43

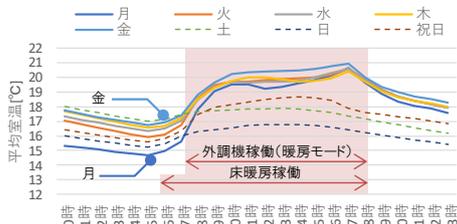


図3.8 冬期 曜日別 平均室温変動

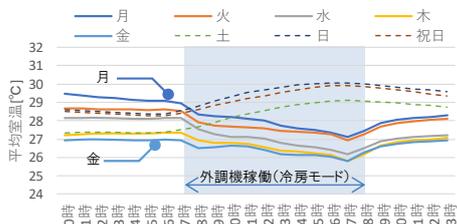


図3.9 夏期 曜日別 平均室温変動

4. 自然換気

4.1 敷地の気象条件と建物形状への反映 計画

パッシブタウンで2016年から蓄積されたデータを用いて作られた敷地に適した気象データ(EPW形式)を参考に、中間期に北東から吹く土地特有の風(あいの風)を積極的に建物内部に取り込むことを計画した。建物形状は北側にボリュームを設けた場合に北東からの風による北側壁面での風圧係数が大きくなり、室内に風が取り込みやすくなることをシミュレーションによって検証し、建物のボリューム検討時から建築計画にフィードバックした。熱的性能の高い窓を採用しながら建物の各面に外部からの風を取り込む窓を計画しており、南北には縁側に沿って開口を大きく設けている。



図4.1 配置図兼1階平面図 縮尺 1/800

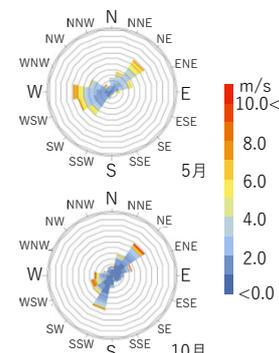


図4.2 風配図(8:00-18:00)

5. 換気、空調

5.1 CFD解析による温熱環境、快適性検討 計画

外調機は、一次エネルギー消費量とCFD(Computational Fluid Dynamics)解析による空間的な温熱環境、快適性(夏期:SET*、冬期:PMV)分布の検討により方式の検討を行い、複合的に考慮した結果、直膨コイル付き全熱交換器を採用した。設計時、SET*の目標値は半屋外空間ではSET*32°Cで80%の人が不快には感じないとの研究報告*1を参考にして許容値SET*32°C、目標値SET*29.5°Cとして評価した。

*1 中野淳太(法政大学), 田辺新一(早稲田大学): Thermal Adaptation and Comfort Zones in Urban Semi-Outdoor Environments, 2020.03, Frontiers in Built Environment

5.1.1 温熱環境、快適性検討

自然エネルギーの活用期間を出来るだけ拡張するため、自然換気+外調機にて運用可能な期間や環境を事前予測した。夏の初めの時期はエアコンなしの条件でも外調機が空調機能を持っていれば自然換気との併用で目標値のSET*を概ね満足している。断面の結果からは、外調機からの供給空気を下部から吹き出すことで園児の居住レベルである居室下部のSET*を効率的に下げられていることを確認できる。

5.1.2 気流感を与えるシーリングファン

自然換気に加えてシーリングファン(以下、CF)を運転し更なる気流感を創出することで、快適性を向上させる計画とした。解析結果からCFを設置した直下は風速が上がることでSET*が低下しており、快適性が向上することを確認した。

夏期(7/15 12:00) 外気温度:29.8°C 北東風1.0m/s
外調機吹出温度:26°C

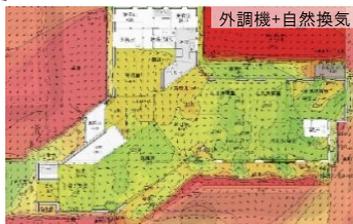
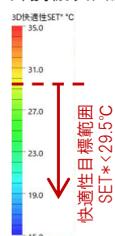


図5.1 SET*の解析結果(FL+500)

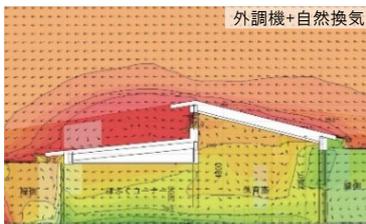


図5.2 SET*の解析結果(断面)

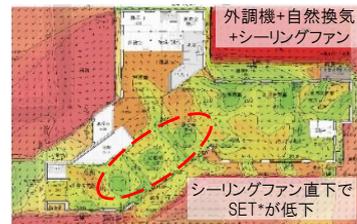


図5.3 SET*の解析結果(FL+500)

5.2 温熱環境・快適性に関する実測 実績

2024年6月29日に室内温熱環境測定を実施した。測定は①:外調機(冷房運転)のみ、②:①+自然換気、③:②+CFとした。窓開けによる自然換気を行った②、③の時間帯は外気温度が28~29°C程度で夏期の設計室内設定温度よりも高い状況であった。

5.2.1 室内上下温度分布

機械換気のみ行っている①では温度差がつき、居室下部から吹き出した空気による温度成層ができていたことが確認できる。自然換気を追加した②では実測時の外気温が①の室温より高かったため室温が上がり、上下温度差は小さくなった。CFの運転を追加した③では室内の空気が攪拌されて上下温度差はさらに小さくなった。

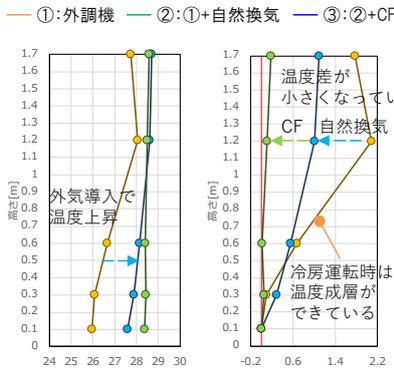


図5.4 室内上下温度分布

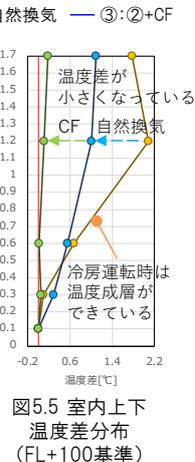


図5.5 室内上下温度差分布(FL+100基準)

5.2.2 SET*

実測時の全ての条件で設計時の目標値であるSET*29.5°Cは下回っていた。②自然換気を追加した際に①機械換気のみ比べてSET*が高くなっていた。これは外気温度が高く、室温がやや上昇してしまったためと考えられる。③CFを追加すると風速が上がることでSET*が低下しており、より快適域に近づく結果となった。

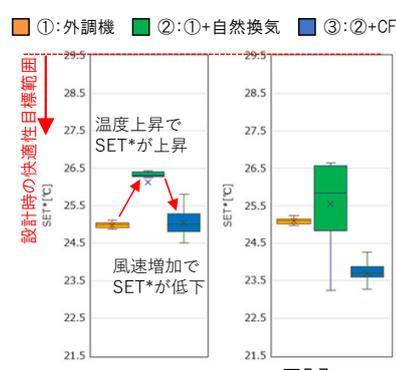


図5.6 歩き回る園児(1.7met)を想定した場合

図5.7 静止した園児(1.1met)を想定した場合

clo値は0.3(Tシャツ+ショートパンツ)と想定

5.2.3 実測結果からの今後の運用改善方針

今回の実測結果から、設計時の目的である自然換気の期間をできるだけ拡張して省エネを図ること、快適性との両立を考えた際に、今後、外調機の運転モードや自然換気、CFの運転について次のような運用を行いたいと考える。

- ・中間期の自然換気の有効な期間:②外調機+自然換気
- ・中間期から冬期、夏期への移行時期:③外調機+自然換気+CF
- ・冬期、夏期:①外調機のみ、状況に応じて外調機+CFの運転

5.3 CO₂濃度累積頻度分布 実績

壁付環境センサーにて蓄積したデータを確認すると、エリアによって使われ方や外調機の吹出口、窓との位置関係による差が出ているが、下部(FL+300)のセンサーの値が上部(FL+1,200)のセンサーよりも低い傾向にあった。居室下部から新鮮外気を吹き出し、園児の居住レベルの空気質環境を向上させる効果を実績データからも確認した。

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
外調機	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
自然換気				■	■	■	■	■	■	■	■	■
CF							■	■	■	■		
エアコン	■	■	■									■
床暖房				■	■	■	■	■	■	■	■	■

図5.8 今後の空調設備の運用方針

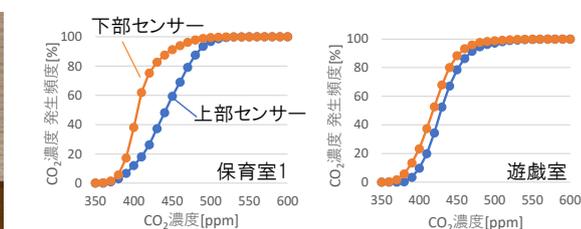


図5.9 壁付環境センサー 図5.10 CO₂濃度の累積頻度分布(2023年 平日8:00-18:00)

6. エネルギー消費量の最小化、再生可能エネルギー活用によるNetZEBの達成

6.1 設計段階のエネルギー消費量試算と太陽光発電

パネル容量の検討 計画

設計段階で年間のエネルギー消費量（給湯除く）は168,156MJ/年(357.8MJ/m²・年)と試算していた。この消費量に対して、積雪等による発電量の低減も考慮しながら**NetZEBの達成に必要な太陽光発電パネル(以下、PV)容量の検討を行い、南向きの屋根(傾斜角7度)に18.5kWを敷設する計画**とした。図6.1に設計段階でのエネルギー消費量とPVによる発電量の試算結果を示す。なお、実績データとの比較のためコンセントと換気ファンをまとめて集計している。年間の発電量は178,742MJ/年と試算し、**計算上-6.3%(給湯除く)**となった。

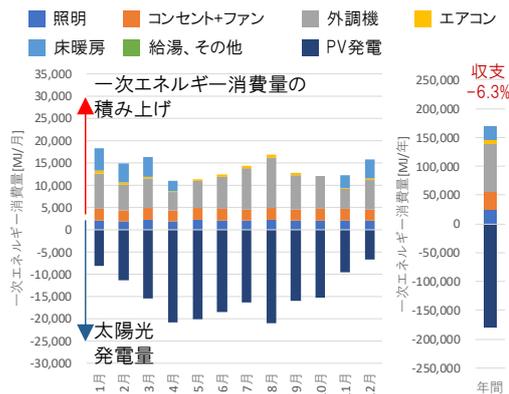


図6.1 一次エネルギー消費量、太陽光発電量 計算値

6.2 エネルギー消費量と太陽光発電量の実績データ 実績

図6.2に2023年の実績データを示す。項目別に確認すると、計算値に対して照明の消費量は非常に小さいが、コンセント+換気ファンは大きかった。外調機、エアコンは季節によって精度に差があったが、年間では概ね一致していた。床暖房は想定より余熱時間が短かったことなどにより実績の方が小さくなった。設計段階の計算では給湯を含めていなかったため、給湯を除く実績値(163,401.9MJ)と比較すると計算値の97.2%となり、**項目ごとに精度の差はあるが全体のエネルギー消費量の予測としては適当であった。実績データにおいてもPVの発電量がエネルギー消費量を上回り、NetZEB(-12.1%)を達成した。**

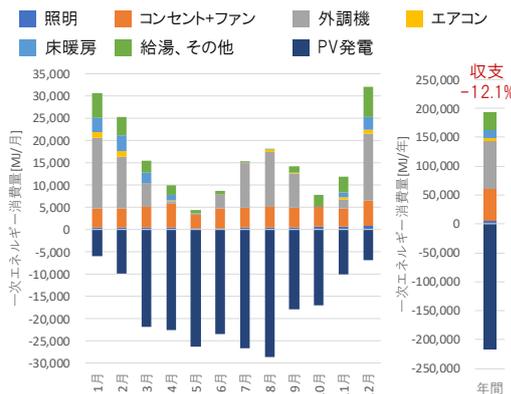


図6.2 一次エネルギー消費量、太陽光発電量 実績値

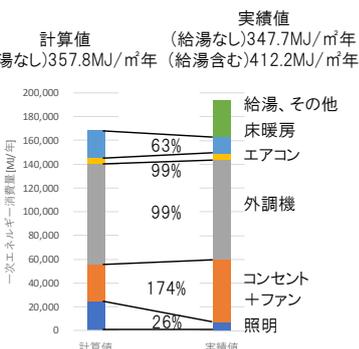


図6.3 計算値と実績値の年間比較

6.3 エネルギー消費量と太陽光発電量の関係 実績

本計画は単相と三相を分けて電力を引き込んでいる。三相負荷は外調機の室外機のみであるため、**PVは割合の大きい単相負荷側に接続し自家消費できるようにしている。**

図6.4に2023年の各日の電力消費量(単相)、図6.5にPV発電量のデューレーションカーブを示す。電力消費量は冬期に多くなる傾向にあり、上位50位中に47日を占めていた。一方でPV発電量は中間期、夏期が多く、上位16位までは中間期であった。

図6.6に各月の電力消費量の内、自家消費によって賄った割合を示す。単相負荷に対して、消費量が大きくなる冬期において自家消費割合は30%以下と小さくなり、発電量が大きい5~8月は55%を越えていた。建物全体(単相+三相)に対して計算すると、三相の消費量が増える夏期に割合が小さくなり30%程度となった。**年間では単相負荷の41%、建物全体(単相+三相)の28%をPV発電の自家消費によって賄っていた。**

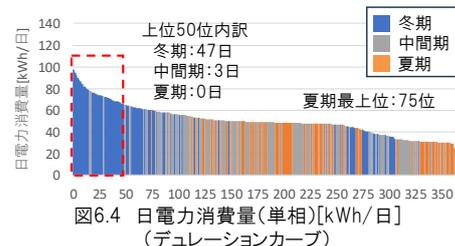


図6.4 日電力消費量(単相)[kWh/日] (デューレーションカーブ)

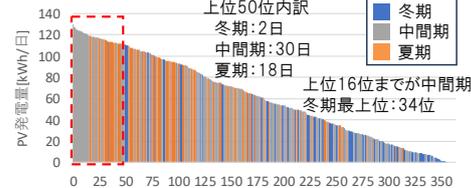


図6.5 PV発電量[kWh/日] (デューレーションカーブ)

6.4 エネルギーバランス 実績

図6.7に2023年のエネルギーバランス(電力)を示す。年間の電力使用量19.85千kWh/年に対して、太陽光発電量は22.25千kWh/年となった。**本計画での買電によるCO₂排出量は12.81kg-CO₂/年m²、参照建物のCO₂排出量の推定値に対するCO₂削減率の合計は107%となった。エネルギー消費量(その他除く)は基準に対して56.4%削減、創エネによる削減率は63.3%で実績値でBEI-0.19となった。**

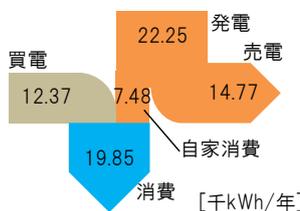


図6.7 2023年エネルギーバランス(電力)



図6.6 PV発電電力の自家消費割合

7. 総合評価

本建物はBELS認証で『ZEB』(BEI -0.01)を取得している。エネルギー消費量の合計は、基準に対して50.6%削減、太陽光発電の創エネによる削減率は50.7%でBEI-0.01となり、**認証取得用の計算においてもNetZEBを達成した。**

実績値においてもNetZEB、並びにカーボンニュートラルを達成しており、今後のカーボンニュートラル建築のさらなる普及に貢献できると考える。

<省エネルギー性能値>

PAL* 198MJ/m²・年(目標基準値=470MJ/m²・年)

BPI 0.43(PAL*設計値/PAL*基準値)

BEI -0.01(太陽光発電=174.3GJ/年)

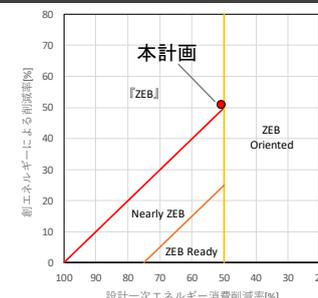


図7.1 『ZEB』認証取得時の算定結果