

エネルギー自立型サステナブル研究施設 —竣工 3 年後の ZEB 達成状況の評価と対策—※

清水昭浩・相澤直樹・木村健太郎
羽鳥大輔^{*1}・武藤友香^{*1}・田辺新一^{*2}

Energy Self-Sufficient and Sustainable Innovation Center

- Evaluation of ZEB Achievement Status and Countermeasures
Three Years after Completion -

Akihiro Shimizu・Naoki Aizawa・Kentarō Kimura
Daisuke Hatori^{*1}・Yuka Mutoh^{*1}・Shin-ichi Tanabe^{*2}

高砂熱学イノベーションセンターは、環境負荷低減と知的生産性向上を両立したエネルギー自立型研究施設を目指して、2020 年 3 月より運用を開始し、2023 年度で 4 年目となる。この間、系統に逆潮流できないという制約のもと、再生可能エネルギーを有効に活用するため、2021 年 4 月に大容量蓄電池を増設して運用を開始した。本報では、竣工後 3 年間の建物の供給／消費エネルギーの運用状況、ZEB の達成状況、CO₂ 排出量の評価結果について報告する。合わせて、再生可能エネルギーの活用状況についてバイオマスガス化発電、太陽光発電、蓄電池の稼働状況についても報告する。

1. はじめに

本研究では、地球環境負荷低減と知的生産性向上の両立を目指して設立したエネルギー自立型のサステナブル研究施設に関して竣工後も継続的にシステム実証に取り組んでいる。

本施設は、既報^{2),3)}で報告したように発電機での余剰電力が逆潮流不可という制約の中、再生可能エネルギーを有効に活用するために、竣工 1 年後に蓄電池の増設を行い運用している。本報では、BEMS に蓄積された運用データを活用することにより、3 年間の建物の年間エネルギー需給の推移、ZEB の達成状況、CO₂ 排出量の評価について報告する。併せて、再生可能エネルギーであるバイオマスガス化発電（以下、バイオマス CHP）、太陽光発電、蓄電池の稼働状況についても報告する。

2. 年間供給／消費エネルギーの年間実績

2.1 年間受電電力及び供給電力量

図 1 に 2022 年度の消費電力量の推移を、図 2 に受電電力量及び供給電力量の推移を示す。2022 年度は、12 月頃から大型実験装置が稼働を始めたため消費側、供給側共に大幅に電力量が増加している。

図 3 に過去 3 年間の年間電力量の推移を示す。2022 年度は前年度に比べて、実験装置のあるラボ棟他の消費電力量が 343 MWh、86%増加し、それに伴い受電電力量も大幅に増加している。その結果、電力自給率は 2021 年度の 80%から 2022 年度は 58%まで低下した。

※本論文は、2023 年度空気調和・衛生工学会大会講演論文¹⁾を加筆修正したものである。

^{*1} 株式会社三菱地所設計, Mitsubishi Jisho Design Inc., ^{*2} 早稲田大学, Waseda University

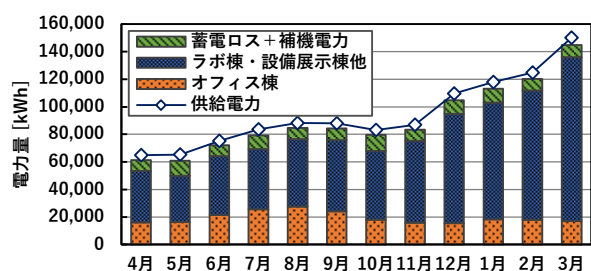


図1 消費電力量の推移(2022年度)

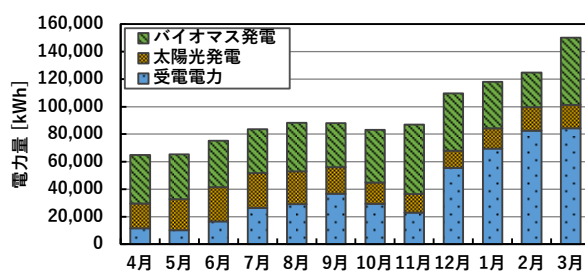
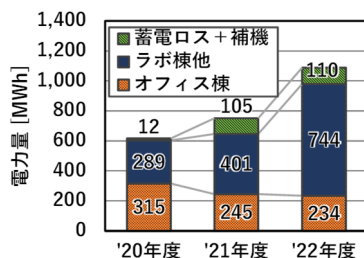
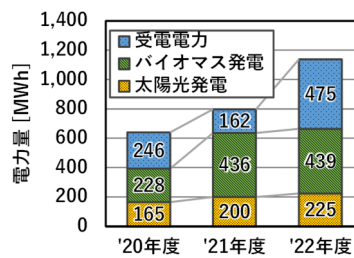


図2 受電電力量及び供給電力量の推移(2022年度)



a) 消費電力量



b) 供給電力量

図3 過去3年間の年間電力量の推移

2.2 バイオマス CHP の運転状況

図4にバイオマス CHP の発電量の推移を示す。2022年度の年間発電量は439 MWhで、前年度に対しては0.5%の漸増で、目標値560MWh(80kW×7,000h)に対しては78%の出力であった。目標値に対して開き大きい主な要因は、4～6月は電力需要が少なかったため電力出力を70%の絞り運転としたこと、8月は長期休暇期間の停止、2月はトラブル発生による停止である。トラブルによる停止時間は前年度より減少しているが、今後更なるトラブル要因解析と再発防止策の実施により運転時間を増やしていく。

2.3 太陽光発電の運転状況

図5に太陽光発電の発電量の推移を示す。2022年度の年間発電量は225 MWhで、前年度に対して13%増で、目標値の年間222 MWhに対しては101%となり目標を達成した。2021年度までであった蓄電池満蓄電時の太陽光発電の出力抑制はほとんど発生していない。月ごとの発電量を2021年度と2022年度で比較すると、4月が前年度より大きく減少している。当施設に程近い茨城県つくば(館野)の気象庁の気象データ⁴⁾で比較すると、平均全天日射量が2021年4月の19.5 MJ/m²に対して2022年4月は16.3 MJ/m²と約16%減少しており、これが発電量の減少した大きな理由と考えられる。一方、目標値を上回った6、7、9月は平均全天日射量が過去10年間の平均値と比較して4～8%増加しており、太陽光発電量がその年の日射量に大きく左右されることが分かる。

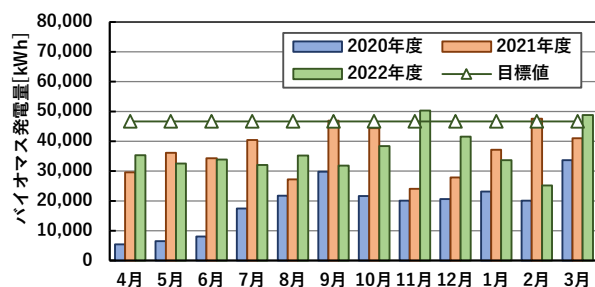


図4 バイオマス CHP の発電量の推移

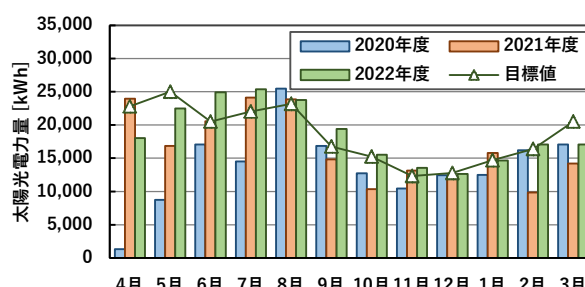


図5 太陽光発電量の推移

3. ZEB の達成状況及び CO₂ 排出量の評価

3.1 ZEB の達成状況の評価

図 6 に ZEB チャート⁹⁾での達成状況の評価を示す。基準値は旧技術研究所の過去の実績値としている。敷地全体（図 6 a））では、エネルギー消費量は増加しているが目標を下回り Nearly ZEB を達成している。オフィス棟（図 6 b））についても前年に引き続き『ZEB』を達成している。

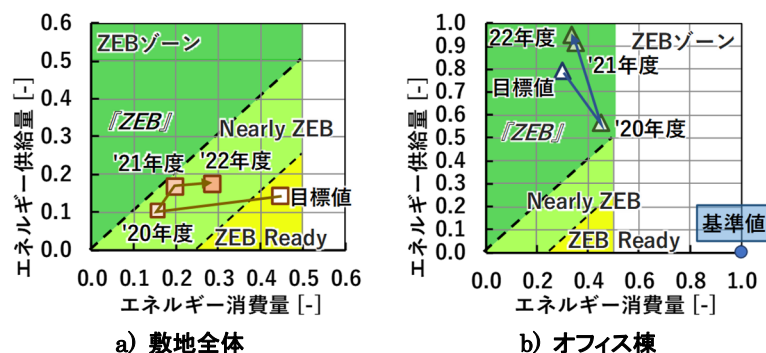


図 6 ZEB の達成状況

3.2 CO₂ 排出量の評価

図 7 に CO₂ 排出量の基準値（旧技術研究所の実績値）と当施設の実績値の比較を示す。2020 年度は基準値に対しては 97%削減であったが、2021 年度以降は 100%削減となり、化石燃料を一切使用しない 100%カーボンフリーを達成している。図中のグリーン電力は東京電力より購入している水力発電由来の受電電力である。

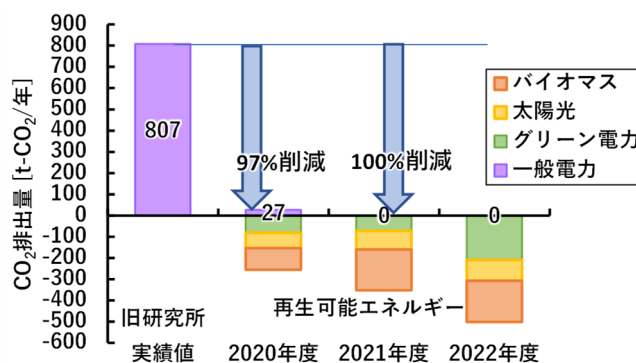


図 7 CO₂ 排出量の削減状況の比較

4. オフィス棟のエネルギー消費量の評価

4.1 エネルギー消費原単位の推移

図 8 にオフィス棟の一次エネルギー消費量原単位の過去 3 年間の実績値と運用段階試算値（以降、試算値）、設計段階目標値（以下、目標値）の比較を示す。試算値は、運用段階での空調運転時間等の運用実績をもとに BEST プログラムで試算した結果⁹⁾である。実績値は運用開始後年々減少しており、2022 年度実績値では 466 MJ/m²・年となった。試算値では計算対象外とした給湯・衛生と展示設備を除くと、385 MJ/m²・年となり試算値を下回る結果となった。一方、設計段階目標値 417 MJ/m²・年に対しては、2022 年度実績値でも 12%超過しており、更なる省エネルギーの推進が望まれる。

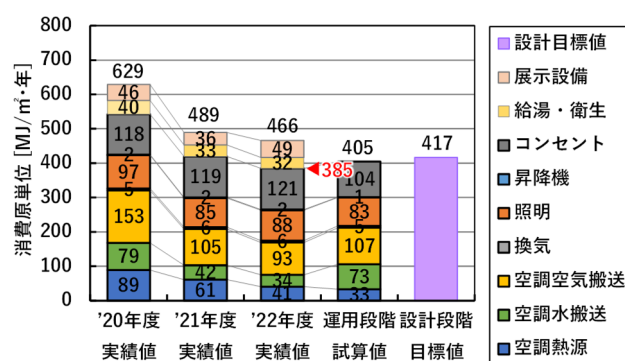


図 8 オフィス棟のエネルギー消費原単位の比較

4.2 系統別エネルギー消費原単位の推移

図 9 にオフィス棟の 3 年間の用途別エネルギー消費原単位の推移を示す。空調熱源・空調水搬送・空調空気搬送の項目については運用改善の効果もあり年々減少しているが、照明・コンセントはほぼ変化がなくなっている。今後更に省エネルギーを進めていくために、代表週を選定し、設備の運転状況や消費電力量の評価を行った。

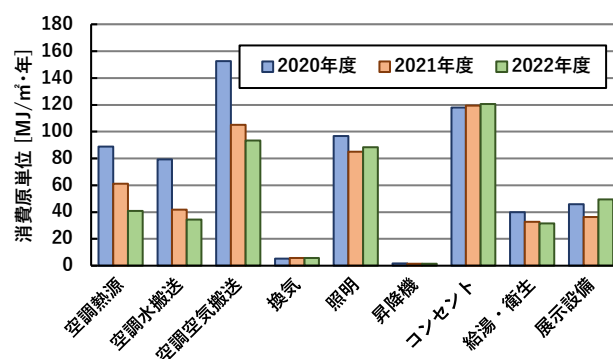


図 9 オフィス棟の用途別エネルギー消費原単位の推移

4.3 代表週での用途別運転状況の評価

4.3.1 代表週の外気条件と消費電力量

オフィス棟での消費電力量が年間で最大となった 2022 年 8 月 1 日を含む 1 週間を代表週として選定した。

図 10 に代表週の外気条件と消費電力量の推移を示す。外気条件で見ると週の前半の 8/1～8/3 は晴天の日が続き最高気温は 8/3 で 36.6℃となっている。一方、週の後半は曇天が続き最高気温も 30℃以下となっている。消費電力量は、平日の 8/1～8/5 の 6 時から 18 時頃まで空調設備の運転及び実験装置の稼働に伴い増加し、最大は 8/1 の午後に敷地全体で 258 kWh、オフィス棟で 110 kWh となっている。8/6、8/7 は土日であるが、8/6 の午前中オフィス棟で空調が運転され負荷が発生している。

4.3.2 代表週でのオフィス棟 2 階の系統別消費電力量

図 11 に執務室のあるオフィス棟 2 階（床面積：約 2,280 m²、会議室・更衣室・トイレを含む）の用途別消費電力量の推移を示す。

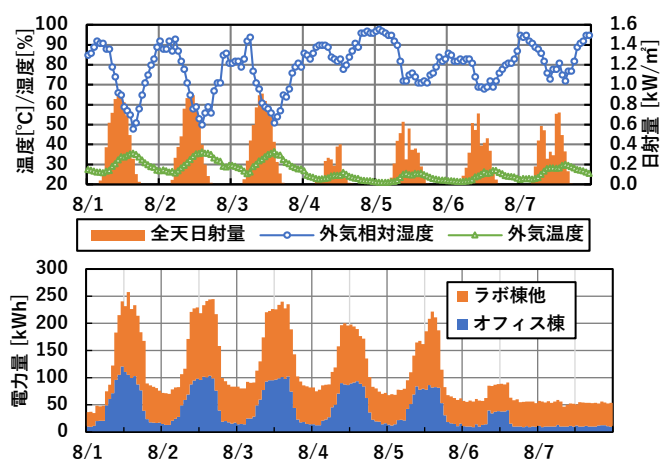


図 10 2022 年度夏季代表週の外気条件(上)と消費電力量

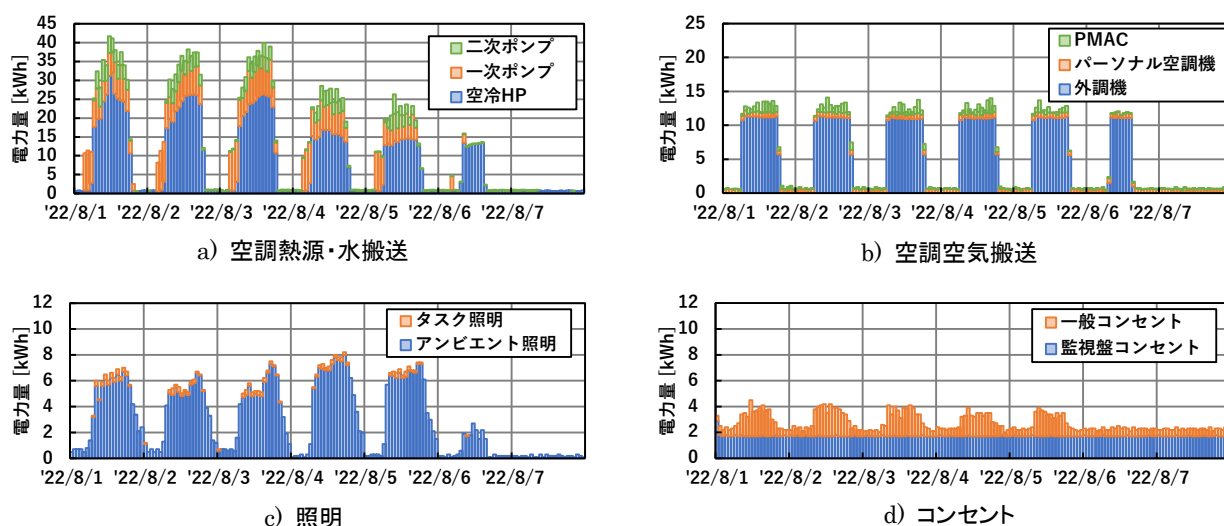


図 11 2022 年度夏季代表週の用途別消費電力量(オフィス棟執務室系統)

(1) 空調熱源・水搬送

オフィス棟 2 階の主熱源は空冷ヒートポンプチラー（ポンプ内蔵型）で、平日は 6:00～18:30 のスケジュールで運転していた。空冷ヒートポンプは、執務系統の外調機の上に冷水を供給しており、外気の変化に合わせて消費電力量が変動している。一次ポンプ、二次ポンプは、地下水熱利用系統のポンプと温水ポンプで、2 階だけでなく 1 階の外調機系統へも冷水・温水を供給している。

(2) 空調空気搬送

空調空気搬送の 8 割以上が外調機の消費電力で、この期間は夏季の性能検証で、外調機を最大風量運転としていたため、平日日中は常時約 11 kW の消費電力量となっている。室内 CO₂ 濃度や会議室の使用状況に沿った変風量運転を行うことにより更なる電力量削減の余地がある。

パーソナル空調機（デスク空調機・DCFCU）での消費電力量は、空気搬送の約 1 割で非常に小さな値となっている。会議室に設置された水熱源ヒートポンプ（PMAC）の消費電力量（コンプレッサ消費電力量も含む）も 1 割以下で、室の使用に合わせて運転されている。

(3) 照明

照明の消費電力の大半はアンビエント照明で、晴天の週前半の日中は 5～7 kW、単位面積当りの平均で 2.4 W/m²、曇天の週後半の日中で 6～8 kW、平均 3 W/m²と非常に小さくなっている。この結果は 2021 年 3

月の実測結果⁷⁾ともほぼ同等で、昼光利用と机上上面照度 300 lx の運用の効果が表れている。一方、タスク照明での消費電力は照明全体に占める割合は 3%程度と非常に小さい。

(4) コンセント

コンセントは、監視盤での消費電力量が 63%を占め、平日・休日に関わらず約 1.7 kW ほぼ一定で推移している。一般コンセントの使用先は、パソコン、モニタ等であるが、日中では 2 kW 前後で推移しており、単位面積当りでは約 1 W/m²であった。

以上の結果より、照明・コンセントでの更なる省エネルギーは難しく、今後は空調熱源及び水・空気搬送を中心とした省エネルギーが重要であると評価した。

5. 蓄電池の運転状況の評価

5.1 蓄電池の充放電量の推移

図 12 にリチウムイオン電池の充放電量の推移を示す。年間の放電量を充電量で除した充放電効率で評価すると 75 %となり、メーカーの公称の充放電効率を下回ってはいるが、前年度と比較すると性能劣化は見られない。

一方、NAS 電池は本体の充放電効率では 76%であるが、蓄電池のセルを 300℃以上に保つために必要な補機電力を含めると 33%という結果であった。

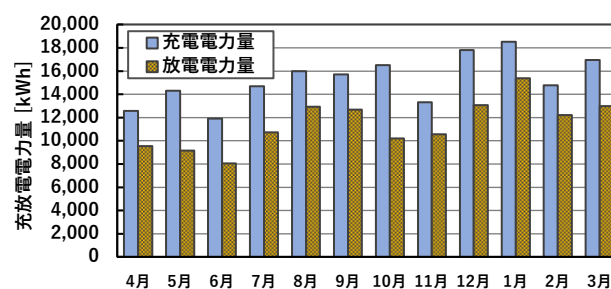


図 12 リチウムイオン電池の充放電量の推移

5.2 蓄電池の代表日での運転状況

図 13 に 4.3 で選定した夏季代表週での蓄電池及び発電機等の運転状況を示す。蓄電池の運転は基本的には週始めに満充電にして平日に放電し休日に充電を行う計画としているが、この週は 8 月 1 日の夜から 8 月 3 日の朝にかけて受電電力を 50 kW に上げたため、週末のリチウムイオン電池の残蓄電量は 1,250 kWh 程度となった。結果的には受電電力としてはほぼ 10 kW 受電で賄える状況であった。

図 14 に大型実験装置が稼働した後の代表的な一週間（2023 年 3 月 13 日～19 日）の運転状況を示す。消費電力量が最大で 400 kWh 近くまで増加したため、受電電力量も大幅に増加し、平日は最大で 200 kWh、休日で 100 kWh の受電を行っている。リチウムイオン電池及び NAS 電池に関しては、平日に放電してほぼ蓄電量を使い切るとともに、週末に充電することで翌週の受電電力の平準化に備えることができた。逆潮流が不可という制約の中、年間の受電電力量及びピーク電力の最小化を目指して、これらの結果を含めて現在エネルギー管理システムの改良に取り組んでいる。

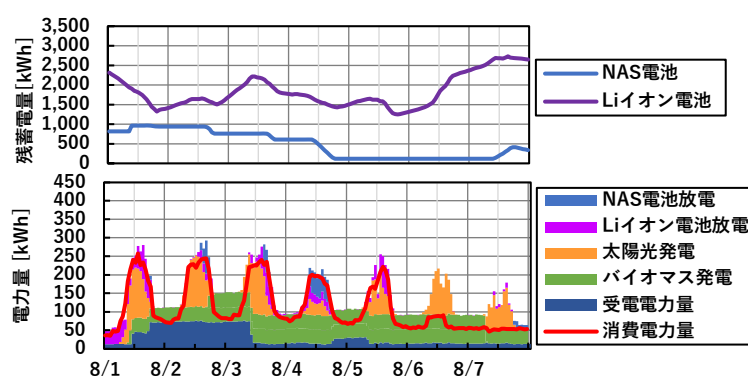


図 13 夏季代表週の蓄電池の運転状況

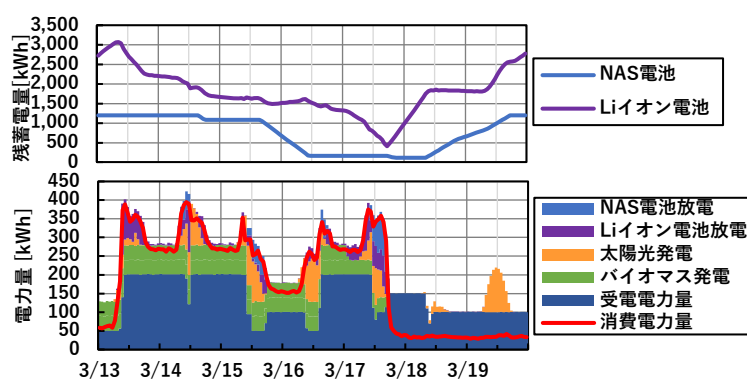


図 14 大型実験装置稼働後の代表週の蓄電池の運転状況

6. おわりに

本報では、BEMS データを活用して竣工後 3 年間の年間供給／消費エネルギーや再生可能エネルギーとして導入したバイオマス CHP や太陽光発電の運転状況、ZEB の達成状況や CO₂ 排出量の評価を行った。さらに、用途別消費電力量や蓄電池の運用状況の評価結果について報告した。今後も BEMS データを活用し運用段階での改善を行い、更なる省エネルギーを図っていく予定である。

文 献

- 1) 清水昭浩ほか：エネルギー自立型サステナブル研究施設の計画と実証評価（第 28 報）竣工後 3 年後の ZEB 達成状況の評価と対策，空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集，p.169-172 (2023.9)。
- 2) 清水昭浩ほか：同上（第 16 報）ZEB 達成状況の評価と対策，空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集，p.221-224(2021.9)
- 3) 清水昭浩ほか：同上（第 18 報）竣工後 2 年後の ZEB 達成状況の評価と対策，空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集，p.185-188(2022.9)
- 4) 国土交通省気象庁：過去の気象データ検索，<https://www.data.jma.go.jp/stats/etrn/index.php>
- 5) 空気調和・衛生工学会：「ZEB（ネット・ゼロ・エネルギー・ビル）の定義と評価方法」，p5(2015)
- 6) 武藤友香ほか：エネルギー自立型サステナブル研究施設の計画と実証（第 19 報）実内部負荷調査に基づくシミュレーションによる運用評価，空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集，p.189-192(2022.9)
- 7) 高正明ほか：エネルギー自立型サステナブル研究施設の電気設備の運用解析，電気設備学会全国大会，p.213-216(2021)

ABSTRACT

The Takasago Thermal Engineering Innovation Center will start operation in March 2020 and will be in its third year in 2022, with the aim of becoming an energy-sufficient research facility that reduces environmental impact and improves intellectual productivity. During this time, under the constraint that reverse power flow into the grid was not possible, in April 2021, we added a large-capacity storage battery and started operation in order to effectively utilize renewable energy. In this report, we evaluated the operation status of the building's supply/consumption of energy, including the operating status of renewable energy and storage batteries, for two years after completion. Based on these operational results, we have confirmed that the entire site has achieved Nearly ZEB, the office building has achieved "ZEB", and CO₂ emissions have been carbon neutral.
