

## 再生可能エネルギーの活用状況および運用実績<sup>※</sup>

相澤直樹・平原美博・清水昭浩

大迫孝輔・羽鳥大輔\*・武藤友香\*

### Operational Results in the Use of Renewable Energy System

Naoki Aizawa・Yoshihiro Hirahara・Akihiro Shimizu  
Kosuke Osako・Daisuke Hatori\*・Yuka Muto\*

本建物は、100%再生可能エネルギーによるエネルギー自立型施設を目指し、木質チップを燃料としたバイオマスガス化熱電併給システム（Combined Heat & Power、以降バイオマス CHP と記す）、太陽光発電システム、蓄電システム、地下水熱利用システムを採用している<sup>1)-3)</sup>。本報では、再生可能エネルギーの活用状況と運用実績として、これらのシステムの2020年度（2020年4月～2021年3月）の実績を中心に述べる。

#### 1. はじめに

本建物は、100%再生可能エネルギーによるエネルギー自立型施設を目指し、木質チップを燃料としたバイオマスガス化熱電併給システム（Combined Heat & Power、以降バイオマス CHP と記す）、太陽光発電システム、蓄電システム、地下水熱利用システムを採用している<sup>1)-3)</sup>。2020年3月から本建物の業務運用を開始し、その後、半年ほど経過する中でほぼ全てのシステムが稼働を開始した。2020年度（2020年4月～2021年3月）は、施設としての立ち上がり期間として、稼働させたシステムの運転状況の把握と課題抽出を行った。また、2021年3月に夜間や休日の発電電力を蓄えるための蓄電池の増設を行い、各システムの24時間運転を開始した。

本報では、再生可能エネルギーの利用状況と運用実績として、バイオマス CHP、太陽光発電、ならびに、バイオマス CHP の排熱利用、地下水利用について、2020年4月から2021年3月までの実績を中心に述べる。

#### 2. バイオマス CHP、太陽光発電の運転実績

##### 2.1 年間の発電状況

本建物は、24時間稼働させる可能性がある研究施設であり、発電システムとして、太陽光発電（最大発電能力200kW）に加え、連続運転可能で夜間も電力と排温水利用が可能なバイオマス CHP（発電量40kW×2、排熱量100kW×2）を導入した。計画における年間の発電量の内訳は、バイオマス CHP が76%、太陽光発電が約24%である。また、本建物は現在のところ商用系統への逆潮流（売電）が不可能であることから、運用開始当初は430kWhの蓄電池が導入されており、さらに2021年3月からは夜間や休日の発電電力を蓄えるためにリチウムイオン電池約3,390kWh、NAS電池約1,200kWhを増設して、蓄電容量の合計約4,590kWhで運用している。

※空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集，pp.217-220（2021）の再掲

\* 株式会社三菱地所設計 機械設備設計部

図1に、2020年4月～2021年3月の太陽光発電の運転実績を示す。図中には発電量の計画値および計画値に対する実績値の割合が示されている。実績値から8月が発電量のピークで約25,000 kWh/月が得られた。施設の立上げにおける試験運転等の影響から、7月までは太陽光発電量を絞った運転を行っていたが、8月以降は計画値の80%以上の発電量が得られた。

図2に、2020年4月から2021年3月までのバイオマス CHP と太陽光発電および受電の電力量を示す。8月以降のバイオマス CHP の安定稼働は、4月から7月にかけての試験運転における課題把握と対策、ならびにメンテナンスの習熟によるところが大きいと考える。2020年9月以降は、バイオマス CHP が太陽光の発電量を上回っている。蓄電池を増設した2021年3月以降は、バイオマス CHP を連続運転する運用方針に変えており、今後の発電量の増加で受電電力量の減少が可能と考える。

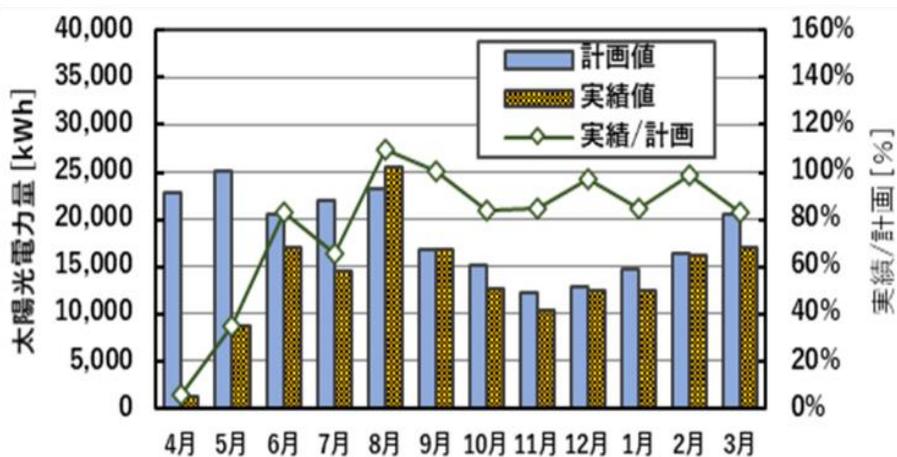


図1 太陽光発電の運転実績 (2020.4~2021.3)

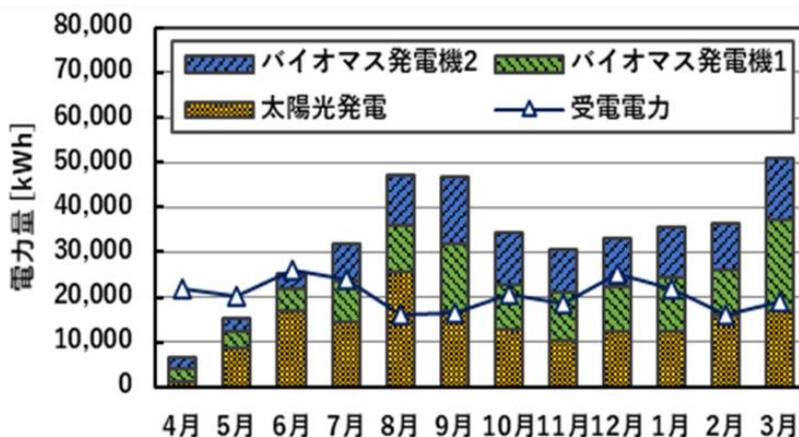


図2 バイオマス CHP と太陽光発電および受電量 (2020.4~2021.3)

図3にバイオマス CHP の運転時間を示す。3月の蓄電池増設までは、消費電力の少ない休日には蓄電容量を超える発電量となるため、土日や祝日、長期休暇中はバイオマス CHP を停止する運用としていたため、運用初年度の発電目標を 5,000 時間/(年・台)とした。これは月間平均で約 420 時間/(月・台)に相当するが、2020年9月には、目標時間の9割を超える400時間/(月・台)となった。2021年3月には一台が上記目標の420時間/(月・台)を超える約500時間/(月・台)を達成した。

再生可能エネルギーによるエネルギー自立に向けた目標としては、まず2021年度には、受電量は約9万kWhとして、太陽光発電が2020年度実績値および計画値から約21万kWh、バイオマスCHPが約56万kWhを賄う7,000時間/(年・台) (月平均で約580時間/(月・台))の発電を目標とする。これにより、2020年度実績<sup>4)</sup>の約1.2倍と仮定した2021年度の予想消費電力量77万kWhを賄えることを実証したいと考えている。

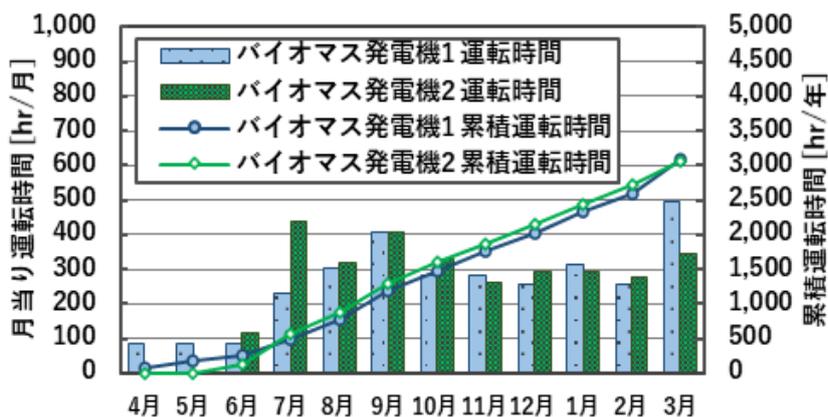


図3 バイオマスCHPの運転時間 (2020.4~2021.3)

## 2.2 バイオマスCHPの排熱利用

バイオマスCHPの排熱は、既報<sup>3)</sup>で述べたように平日の日中は空調に利用し、空調の熱需要が低い夜間や休日は燃料チップの乾燥や貯湯槽の加熱に利用可能である。

図4に、バイオマスCHPの排熱利用について、2020年8月~2021年3月における積算の排熱量の割合を示す。

排熱の約半分が空調用、残りは木質チップの乾燥工程に使われており、空調以外でも排熱が有効利用されていることがわかる。給湯の割合は、空調やチップ乾燥に比べて低かった。今後、別の排熱利用先として、地下水貯水槽の水の冷却用に設置された吸着式冷凍機についても運用において検証していく予定である。

図5に、バイオマスCHPの補機類および本建物の空調におけるバイオマスCHPからの月別の排熱利用熱量を示す。バイオマスCHPからの排熱量は、バイオマスCHPの運転時間を月間420時間/(月・二台)と仮定した場合、84,000kWh/(月・二台)である。これに対して図中で熱量が最も少なかった2020年11月においても約6割の排熱が得られ、補機類および空調に利用された。各月の排熱量の内訳として、デシカント空調の再生需要が大きくなる8月、9月や加熱需要の大きくなる冬期12月~2月が多くなっていることが見てとれる。今後は施設の稼働率が高まると予想されることから、バイオマスCHPの運転時間を増やすことが可能と考える。

## 2.3 バイオマスCHPの補機動力

バイオマスCHPが発電した電力の一部は、バイオマスCHPを稼働させるための木質チップの搬送、ファンを含む各乾燥機、灰の排出、施設の換気ファンといった各種の補機類が消費する。

図6の上側に2020年4月~2021年3月における補機の消費電力量、下側にバイオマスCHPの発電量および発電量に対する補機の消費電力量の割合(補機比率)の月変動を示す。補機比率は、30%~90%で、6月から9月にかけて低下し、10月以降は30%~40%であった。これはチップのプレ乾燥や換気ファンの設定値の調整など必要な補機を無駄なく動かす運転管理の習熟が要因と考える。

図7に、2020年4月~2021年3月におけるバイオマスCHPにおける補機類の積算電力量の割合を示す。

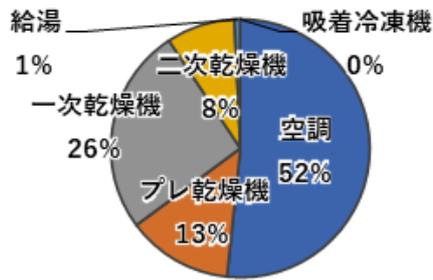


図4 バイオマス CHP の排熱量の割合  
(2020.8~2021.3)

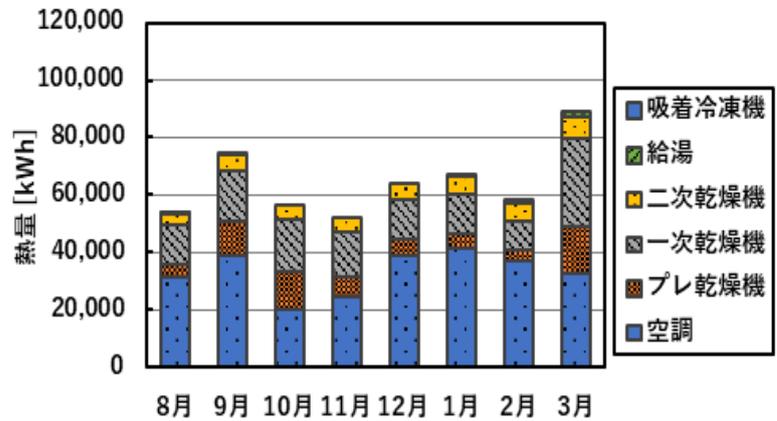


図5 月別のバイオマス CHP からの排熱利用熱量  
(2020.8~2021.3)

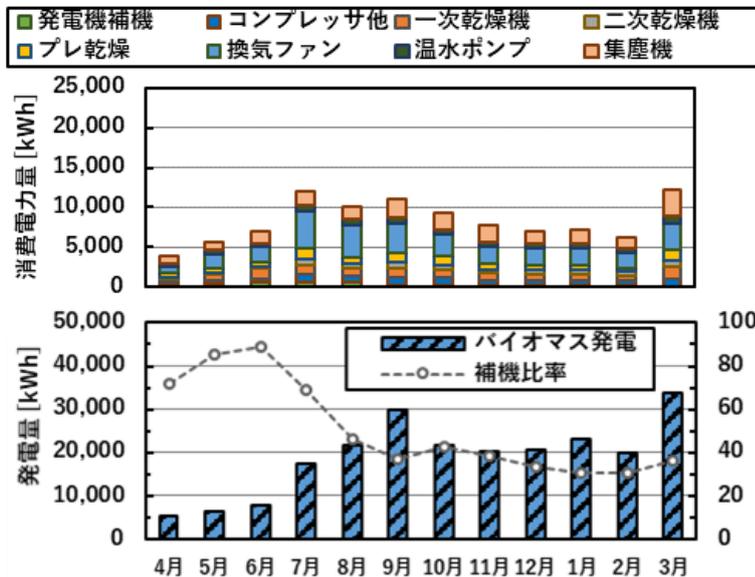


図6 バイオマス CHP の補機電力量

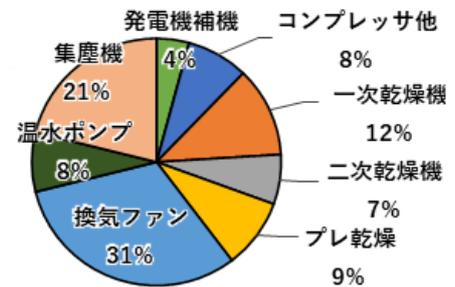


図7 バイオマス CHP の各種補機類の積算電力量の割合

バイオマス発電機を設置した施設の換気ファンの占める割合が大きく、次いで集塵機、一次乾燥機であった。補機類の省電力化も重要であり、今後、対策と検証を行っていく予定である。

前述のとおりバイオマス CHP は基本的に連続運転を目的とすることから、2021年3月以降、夜間や土日祝日も継続して運転させてその状況を調べた。図8に、バイオマス CHP の一台を17日間連続運転したときの発電量、排温水の温度および排熱量を示す。この図より、運転中の発電量は約40kW、排熱量は約100kWではほぼ一定で、計画値との一致を確認した。また、期間の中盤に発電量の低下が数回見られるが、これはバイオマス CHP への還りの排温水温度が高くなったため、排温水温度を下げるために発電機の自己抑制機能として発電を抑制したためである。連続運転期間の後半は、排熱利用先を追加したことで排温水温度が下がり、発電量が約40kWに戻っている。また、4月8日の発電量の低下は運転停止であり、この停止は発電機内ガス化炉での木質チップのブリッジ（詰まり）によるものである。

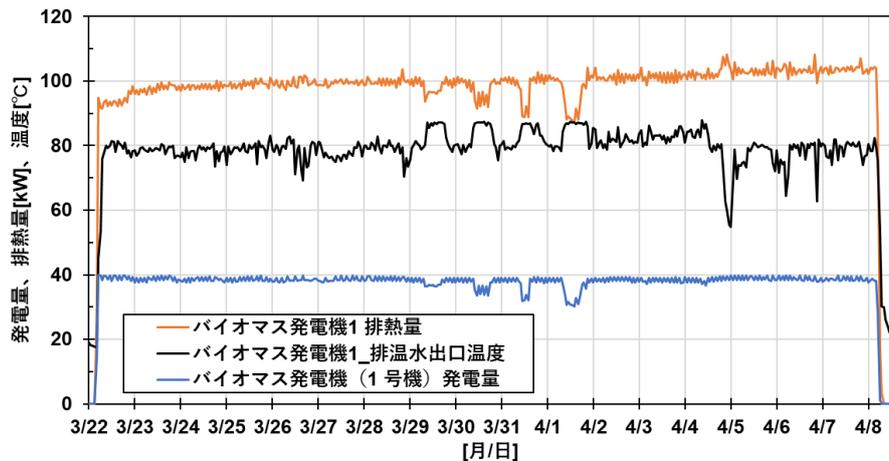


図 8 バイオマス CHP の運転状況 (2021.3.22~4.8)

### 3. 地下水および地下水熱利用の実績

#### 3.1 地下水の使用量および還水量

本建物は、既報りに示したように地下水のカスケード利用システムを実装している。2020年5月から2021年4月の水（汲み上げた地下水と引き込み水道水）の使用量は、合計約 13,300 m<sup>3</sup>、内訳は上水約 700 m<sup>3</sup>（5%）、地下水約 12,600 m<sup>3</sup>（95%）で、図示は割愛するが2ヵ月毎の計量でも地下水の使用量は最低でも水全体の85%であった。

図 9 に、汲み上げた地下水のうち、空調利用した地下水量、空調利用後に散水など雑用水として再利用した水量およびその割合を示す。5月から10月は、地下水を空調利用後に地下に戻す還水量が多くなり、空調利用後の再利用率は約20%以下と低く、空調利用のみが多い。11月から4月は、5月から10月と比較して全体の汲み上げ水量が少なく、再利用率は35%~100%と高くなって、散水等の使用に応じて地下水の汲み上げが行われていた。

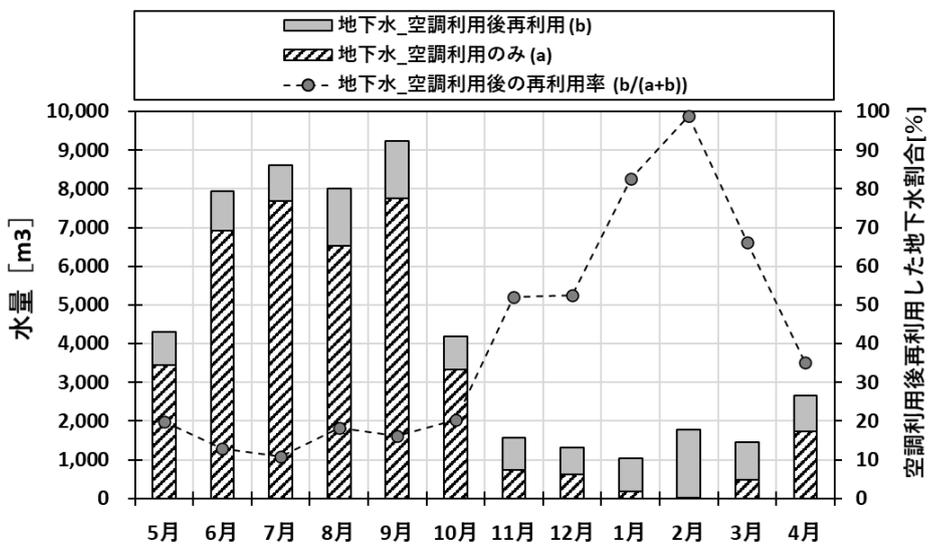


図 9 地下水の空調利用量、再利用量、再利用率

### 3.2 地下水の熱利用

図10に、地下水温度を把握する目的から、地下水を一旦貯水して利用するための貯水槽内の水温を示す。ここでは、貯水中もしくは完了後となる午前3時の瞬時温度で示した。図中には日平均の外気温度も示す。この図より、地下水温度は年間を通じて16°C~18°Cで平均17°C程と安定しており、空調利用が可能であることがわかる。

図11に、地下水の直接利用系統と間接利用系統の日ごとの水量および熱量を示す。図から、5月から10月初旬にかけて直接利用の地下水の水量ならびに熱量がかなり多く、10月中旬から4月中旬にかけては比較的少ない。これは地下水の空調への熱利用によるもので、直接利用系統を主に外気処理に、間接利用系統を主に室内負荷処理に利用しているためである。

直接利用系統の水量および熱量が間接利用系統より多く、単位水量あたりの熱量でもピーク時期（図中の8/29頃）で、直接利用系統が約24 MJ/m<sup>3</sup>、間接利用系統が約17 MJ/m<sup>3</sup>であった。間接利用系統の熱量に対する水量が直接利用系統と比べて多く、水量を低減できる可能性がある。

図12に、日最高気温と間接利用地下水の熱量の関係を示す。日最高気温が高くなると間接利用地下水の熱量が増加している。地下水の汲み上げ量を必要最低限とできれば水資源、地下水汲み上げの電力の無駄を削減できることから、日最高気温から地下水の必要量を予測することも重要となる。現状ではデータのバラつきが大きいのが、今後、空調負荷や運転条件を層別するなど予測方法について検討する予定である。

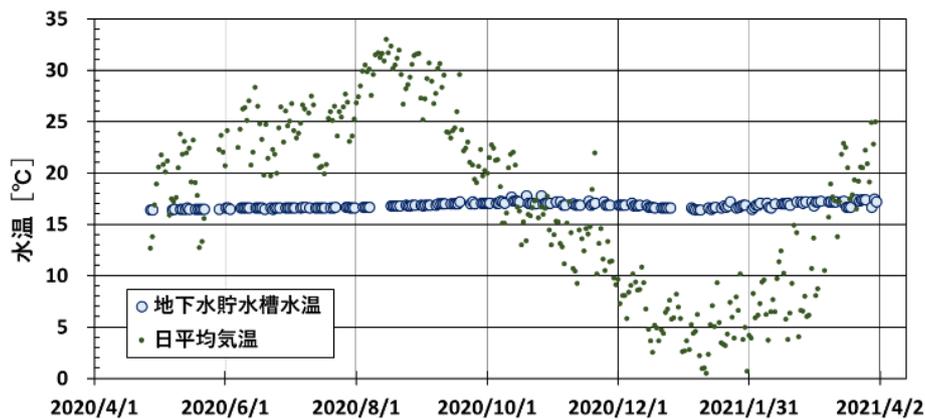


図10 地下水貯水槽内の水温

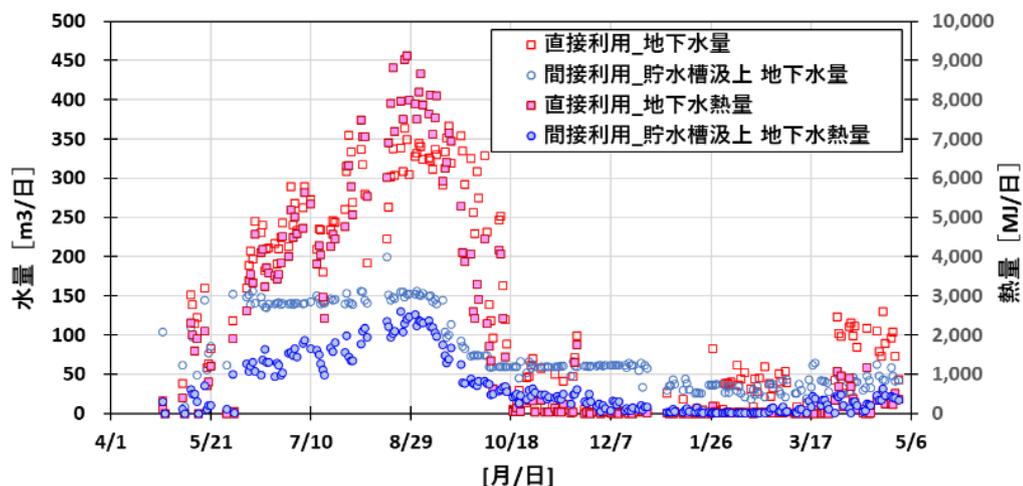


図11 地下水の直接利用と間接利用系統の水量および熱量

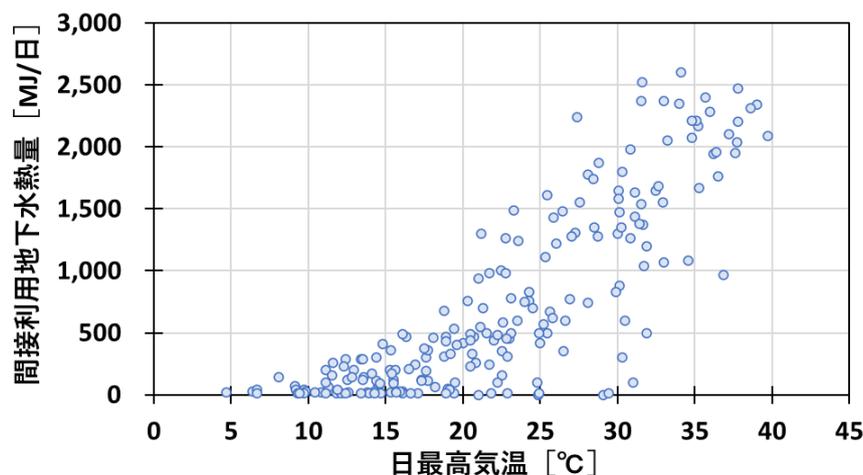


図 12 日最高気温と間接利用システムの地下水熱量

#### 4. おわりに

再生可能エネルギーによるエネルギー自立を目指す本建物での太陽光発電、バイオマス CHP、地下水およびその熱利用の運転実績を述べた。

- ① バイオマス CHP では、初年度の発電 5,000 時間が可能な月間約 420 時間の目標に対し約 7 割の 300 時間以上の運転ができた。2021 年 3 月には一台が 500 時間を達成した。
- ② 再生可能エネルギーによるエネルギー自立型施設の実現に向け、本建物の消費電力の仮定から、2021 年度は、バイオマス CHP で年間 7,000 時間以上を発電目標とする予定である。
- ③ 今後、発電施設の補機電力削減、排熱先としての吸着冷凍機を加えた運用等を加えて検証する予定である。
- ④ 地下水およびその熱の利用では、地下水の汲み上げ量を必要量にすることが省エネルギー、水資源対策に重要である。今後、外気温度や空調条件から地下水の必要量を予測する方法を検討する。

#### 文 献

- 1) 武藤ら：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 1 報），空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集，pp185-188，2019
- 2) 羽鳥ら：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 2 報），空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集，pp149-152，2020
- 3) 元田ら：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 3 報），空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集，pp153-156，2020
- 4) 清水ら：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 16 報），空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集，pp. 221-224，2021

## **ABSTRACT**

This building was built with the aim of becoming an energy-independent facility with 100% renewable energy. It uses a compact woody biomass gasification Combined Heat & Power, solar power generation, and a cascade heat utilization system for groundwater. Business operation of the facility started in March 2020, and each energy system started operation. We are continuing to grasp the operational status, identify issues, and take countermeasures and verify them. In this paper, we reported on operational results of biomass power generation and solar power generation as the renewable energy, and operational results of using the groundwater and the waste heat from biomass power generation as the energy consumption.

---