

エネルギー自立型サステイナブル研究施設

—地下水熱利用システムとバイオマス CHP 排熱の運用実績—※

大迫孝輔・相澤直樹・青山剛士
清水昭浩・羽鳥大輔*¹・武藤友香*¹

Energy Self-Sufficient and Sustainable Innovation Center Operational Results in the Use of Groundwater and Waste Heat

Kosuke Osako・Naoki Aizawa・Takeshi Aoyama
Akihiro Shimizu・Daisuke Hatori*¹・Yuka Mutoh*¹

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た高砂熱学イノベーションセンター（以降、本建物）の2021年度における地下水熱利用システムならびにバイオマスガス化熱電併給システム（以降、バイオマス CHP）排熱の運用状況を調査した。その結果、汲み上げ条件の変更により、汲み上げ地下水量は2020年度に比べ39%減少した。地下水熱を有効利用し、年間の冷水熱量に占める地下水熱の割合は63%であった。バイオマス CHPの運転時間は約5,800時間/年で目標の約8割であった。バイオマス CHPの排熱は2020年度と同様に空調とチップ乾燥で主に使用し、効率的に活用できていることを確認した。

1. はじめに

本建物¹⁾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 CHP、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^{2),3)}。既報⁴⁾では、施設の立ち上がり時期にあたる2020年度の上記システムの運用実績および抽出した課題について報告した。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、地下水熱利用システムならびにバイオマス CHP 排熱の利用状況について、2021年度の運用実績を中心に報告する。

2. 上下水利用

本建物は、既存研究所よりも延べ床面積が約2倍であり、在籍人数は既存研究所での30人から100人へ増員する計画であったが、上水及び下水の各年間使用量の目標値は既存研究所の実績値と同じ2,860 m³とした。表1に上下水の年間使用量、図1に水の使用用途と2021年度における水使用量の実績を示す。

表1 上下水の年間使用量

年間使用量[m ³ /年]	上水	下水
目標値 (既存研究所の実績値)	2,860	2,860
実績値(2020年度)	650	9,160
実績値(2021年度)	1,300	7,600

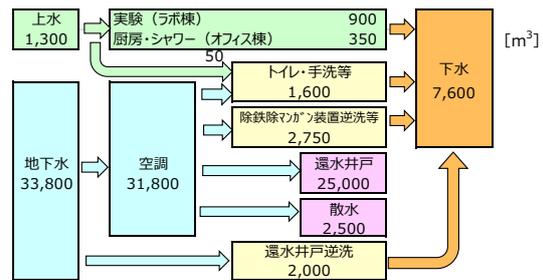


図1 水の使用用途と2021年度実績

※本論文は、空気調和・衛生工学会大会講演論文,pp.193~196(2022)を加筆修正したものである。

*1 株式会社三菱地所設計

表 1 に示すように上水使用量は、2020 年度、2021 年度ともに目標値を達成した。2020 年度は、新型コロナウイルス感染症拡大防止に向けたリモートワークの推進により在室人数が少なく、厨房利用がないことなどもあり使用量が 650 m³ と少なかった。2021 年度は通常の業務活動に近づきつつある中、上水を必要とする実験の実施等も増えたため上水使用量は、1,300 m³ に増加したが、地下水を空調利用した後に井水として雑用水利用することで目標値以下となった。

表 1 に示すように下水量は、目標値以上の水量となっている。地下水熱利用システムを安定稼働させるために、汲み上げ水の除鉄除マンガン装置の逆流洗浄と、還水井戸の閉塞抑制のための還水井戸の逆流洗浄を行っており、下水量が多くなったと考えられた。

図 1 に示すように、本建物では空調で熱利用した地下水をトイレ・手洗い、逆洗、散水などの井水として雑用水利用している。2021 年度の上水と地下水の合計使用量は、約 35,100 m³ であり、内訳は上水が約 1,300 m³、地下水が約 33,800 m³ で、本建物で使用した水の 96% が地下水であった。トイレや手洗いで使用した水 1,600 m³ のうち約 3% にあたる 50 m³ が上水、残り 97% が地下水であった。

本建物では、地下水利用が上水使用量の削減に寄与している。下水に関しては、熱利用も加味して総合的な評価を継続する予定である。

3. 地下水利用

3.1 地下水使用量

(1) 地下水の汲み上げ条件の変更

図 2 に地下水熱利用システムの系統図を示す。貯水槽と還水槽の水温は熱利用や熱ロスによって上昇することを前提に、2020 年度は、貯水槽と還水槽内の水を空調稼働開始前にすべて入れ替えていた。2020 年度の運用実績から全量を入れ替えない運用方法を検討し、2021 年度は、地下水汲み上げ量の削減を目的に、汲み上げ水量を負荷に応じて変動させ、必要な量を汲み上げ、排水する設定に変更した。加えて、夜間に貯水槽の水を循環させて吸着式冷凍機で冷却することにより空調稼働開始前に水温が高くなることを防いだ。吸着式冷凍機の冷却水には還水槽の水、再生用にはバイオマス CHP の排温水を用いている。

(2) 汲み上げた地下水量および雑用水利用

図 3 に、汲み上げた地下水量と雑用水利用量を示す。冷房要求のある 4 月～10 月にかけては、汲み上げた地下水量が 2,500 m³/月～6,000 m³/月であった。一方、冷房要求のない 11 月～3 月にかけては、雑用水の利用に応じて地下水の汲み上げが行われており、1,000 m³/月未満となった。

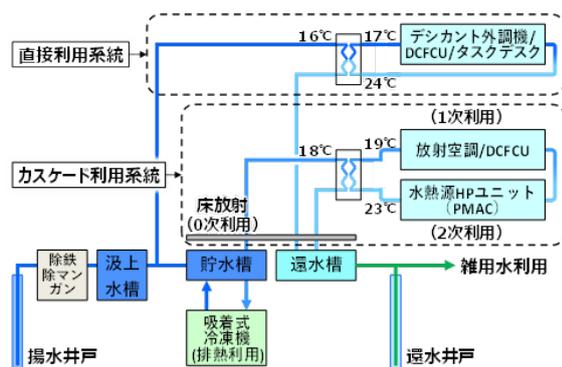


図 2 地下水熱利用システム系統図

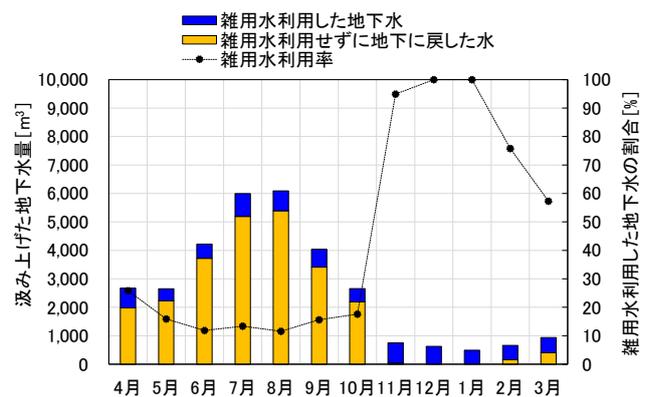


図 3 汲み上げた地下水量と雑用水利用量

図 3 中の雑用水利用率は、汲み上げた地下水量に対する雑用水量の割合である。4 月～10 月は雑用水利用率が低く、11 月～1 月は高い結果だった。なお、1 月に比べて 2 月と 3 月で雑用水利用率が低下したのは、井戸の調査ならびに検証を行ったためである。

本建物では、汲み上げた地下水量は、2020年度の52,000 m³に対して2021年度は31,800 m³で約39%減少した。これは、(1)で前述の汲み上げ条件の変更によるものである。雑用水利用率は、汲み上げた地下水量が減少したが雑用水の利用量も減少したため、2020年度の年間平均が24%であったのに対して2021年度は22%となり、2020年度と大きな違いはなかった。

3.2 地下水熱利用

(1)地下水熱の利用状況

図4に、2021年度の地下水温度の各月の平均値、冷水熱量のトレンドを示す。地下水温度は、外気温度による影響は小さく、年間を通じた変動は3℃程度であり、地下水温度の年間平均は16.6℃であった。2020年度は16.5℃であった。

図4の地下水熱は、地下水と熱交換した冷熱で、図2の直接利用系統とカスケード利用系統の2系統で使われた冷熱量である。地下水熱利用の内訳は、デシカント外調機、放射空調、パーソナル空調、水熱源の個別空調である。ヒートポンプは、ヒートポンプチラーで製造した熱量を示す。冷房要求のある4月～10月は11月～3月に比べて冷水熱量が多く、地下水熱がヒートポンプより多かった。年間での地下水熱の割合は、冷水熱量全体の63%を占めた。

(2)地下水熱利用の効果

建物の消費電力量が多かった2021年7月21日の冷房のための地下水系統とヒートポンプの消費電力量を図5に示す。夜間に地下水系統で電力を消費しているのは、地下水汲み上げの規制がある本地域において、夜間に貯水槽に水をため昼間の冷房要求に対応できる地下水量を確保するためである。地下水熱をヒートポンプに置き替えたと仮定すると、ヒートポンプの電力量は図5の赤破線のようになり、日中の電力量が増加する。地下水熱利用の効果としては、建物全体の日積算電力量に対して約9%、建物全体のピーク電力に対して約13%の削減と算出された。

年間の実測値に基づいて算出した地下水熱利用のシステムCOPは、最も効率が高い夏期（7月～9月）で平均7.8、年間平均では6.5であった。一方、ヒートポンプチラーの年間平均のシステムCOPは4.1と試算され、地下水熱利用システムの方がシステムCOPは高い結果となり、その有効性が示唆された。

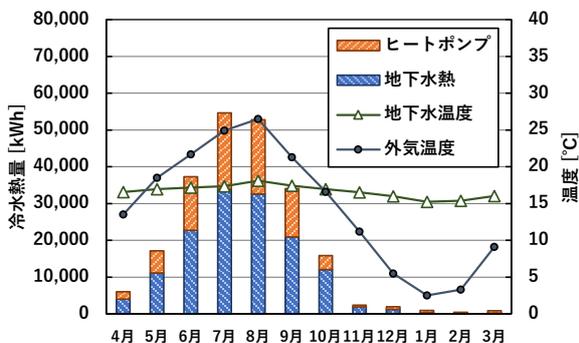


図4 冷水熱量

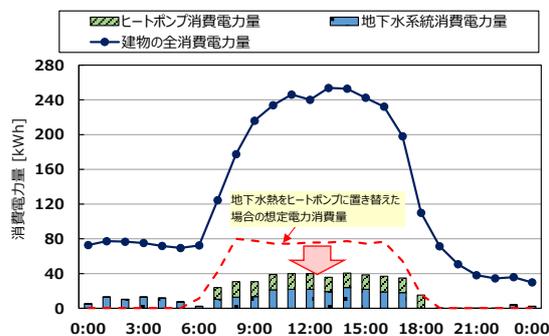


図5 地下水系統とヒートポンプの消費電力量

3.3 地下水利用の課題と今後の取り組み予定

第2章で記述したとおり、本建物では地下水を安定利用するために除鉄除マンガン装置を使用している。この装置の日常維持管理として、平日の稼働前にスケジュールで逆流洗浄を行っている。地下水汲み上げ水量が少ない冬季は過剰に逆流洗浄を行っていると考えられるため、今後は地下水汲み上げ水量に応じて逆流洗浄条件を変更するなどの対策に取り組む予定である。また、オープンループ方式で開放型の地下水熱利用システムの課題として還水井戸の閉塞があり⁵⁾⁶⁾、同システムを採用している本建物においても、同様の閉塞課題が生じた。2021年度から現在まで原因と対策方法の検証を行い、今後は抽出した対策方法で運用する予定である。

4. バイオマス CHP の排熱利用

(1) バイオマス CHP の運転時間

図6に2021年度のバイオマス CHP の運転時間を示す。8月や12月は盆や正月の長期休暇、11月は装置トラブルによる停止があったため、運転時間が短くなった。本建物に設置している2台のバイオマス CHP の運転時間の実績は、年間の保守時間を除いた運転可能な時間として1台あたり7,800時間/年に対し、2021年度は長期休暇なども勘案して7,000時間/年を目標⁴⁾としたが、実績は約5,800時間/年で目標の83%であった。2020年度の実績約3,000時間/年と比較するとバイオマス CHP のメンテナンスなど運用方法の熟練から稼働は安定してきている。

(2) バイオマス CHP 排熱の運用実績

バイオマス CHP の排熱は、既報^{3),4)}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温に利用している。

図7に、2021年度のバイオマス CHP の補機類および空調の排熱利用熱量の月変動を示す。空調については、年間を通して20%~50%の排熱を利用していた。11月以降はメンテナンスにより一次乾燥機の利用熱量が増え、プレ乾燥機と二次乾燥機の利用が減った。5月~10月は吸着式冷凍機でも排熱を利用している。4月~10月の空調の内訳として外調機のデシカントロータの再生で最も多く利用されており、11月~3月は外調機による暖房や床暖房で多く利用されていた。

図8に、バイオマス CHP の排熱利用について、2021年度の年間積算値の割合を示す。排熱のうち約43%を空調、約54%を木質チップの乾燥工程で使用されており、2020年度と同傾向であった。その他、吸着式冷凍機で1.7%、給湯用の加温で1.6%が使用された。2021年度の運転実績から、バイオマス CHP の空調での排熱利用量は1,607 GJ/年、排温水の搬送動力は46 GJ/年であり、効率的に運用ができていると考える。

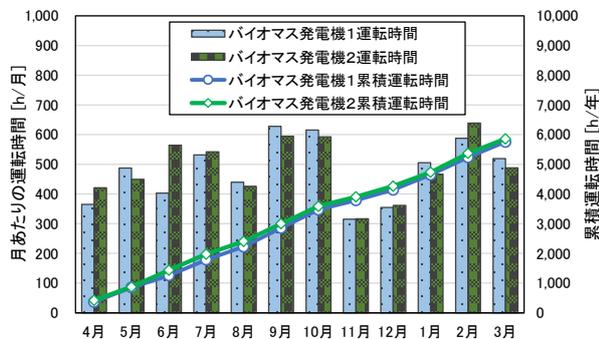


図6 バイオマス CHP の運転時間(2021年度)

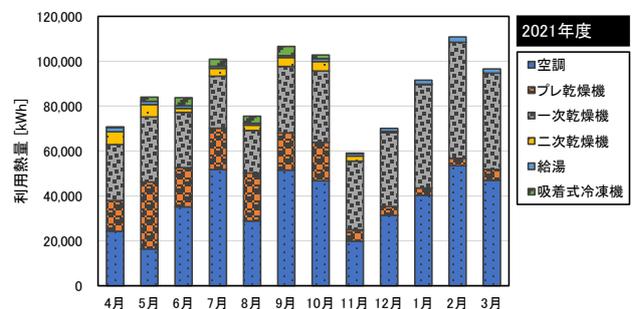


図7 バイオマス CHP 排熱利用熱量の月変動(2021年度)

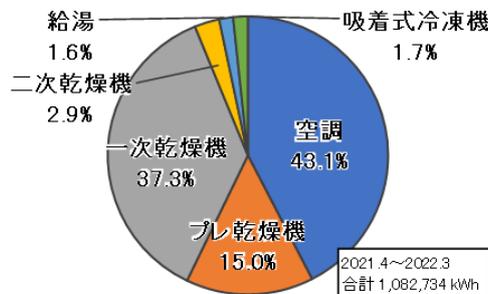


図8 バイオマス CHP 排熱の利用先

5. 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、2021年度の地下水熱利用システムならびにバイオマス CHP 排熱の運転実績から、以下の知見を得た。

- 1) 上水使用量は 1,300 m³ で目標値より少なかったが、下水使用量は 7,600 m³ で目標値より多く、今後逆流洗浄方法の改善に取り組む予定である。
- 2) 地下水汲み上げ条件を変更したことにより、2021年度の汲み上げ地下水量は 33,800 m³ となり、2020年度より 39%削減できた。
- 3) 年間の冷水熱量に占める地下水熱の割合は 63%であった。
- 4) バイオマス CHP の運転時間は、約 5,800 時間/年で目標の約 8 割であった。更なる向上を目指して対策に取り組む予定である。排熱は 2020 年度と同様に空調とチップ乾燥で主に使用していることを確認した。

文 献

- 1) 武藤友香, 羽鳥大輔, 高西茂彰, 平原美博, 清水昭浩, 木村健太郎, 牧野内絵里, 粕谷文: エネルギー自立型サステイナブル研究施設の計画と実証 (第 1 報) 全体計画及びコンセプト, ” 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集 (札幌) ” , 185-188(2019).
- 2) 羽鳥大輔, 武藤友香, 平原美博, 清水昭浩, 木村健太郎, 滝澤知史: エネルギー自立型サステイナブル研究施設の計画と実証 (第 2 報) ZEB に向けた建築・設備計画, ” 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集 (オンライン) ” , 149-152(2020).
- 3) 元田治, 平原美博, 清水昭浩, 木村健太郎, 羽鳥大輔, 武藤友香: エネルギー自立型サステイナブル研究施設の計画と実証 (第 3 報) 木質バイオマスガス化 CHP を利用したエネルギー自立型自家消費システム, ” 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集 (オンライン) ” , 153-156(2020).
- 4) 相澤直樹, 平原美博, 清水昭浩, 大迫孝輔, 羽鳥大輔, 武藤友香: エネルギー自立型サステイナブル研究施設の計画と実証 (第 15 報) 再生可能エネルギー の活用状況および 運用実績, ” 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集 (オンライン) ” , 217-220(2021).
- 5) 特定非営利活動法人地中熱利用促進協会, 一般社団法人全国さく井協会: 地中熱ヒートポンプシステムオープンループ導入ガイドライン 第 1 版, 14-17(2017).
- 6) NPO 法人地下水・地下熱資源強化活用研究会編 藤縄克之 監修: 「地中熱利用技術ハンドブック 地下の未利用再生可能エネルギー活用技術全集」, 121-127, NPO 法人地下水・地下熱資源強化活用研究会, (2020).

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. The operation of the facility started in March 2020, and each energy system started operation. We are continuously attempting to the operational status, identify issues, and verify countermeasures. In this study, we report the results on the operation of groundwater heat utilization system and the utilization of waste heat produced during biomass gasification Combined Heat & Power in FY2021.