

吸着式蓄熱材を用いた大型加速器からの排熱利用に関する研究(2)

～蓄熱材ハスクレイによる排熱利用の実証試験～

STUDY OF UTILIZING WASTE HEAT FROM A LARGE-SCALE ACCELERATOR WITH ADSORPTION THERMAL STORAGE MATERIALS (2) - FIELD TEST OF WASTE HEAT UTILIZATION USING THERMAL STORAGE MATERIAL HASCLAY -

佐々木明日香^{#,A)}, 水戸谷剛^{A)}, 赤堀卓央^{A)}, 鈴木正哉^{B)}, 万福和子^{B)}, 小久保孝^{C)}, 谷野正幸^{C)}, 佐藤現^{C)}, 村岡慎一^{C)}, 高橋福巳^{D)}, 姉帯康則^{D)}, 大平尚^{E)}, 吉岡正和^{F)}, 成田晋也^{F)}
Asuka Sasaki^{#,A)}, Goh Mitoya^{A)}, Takao Akabori^{A)}, Masaya Suzuki^{B)}, Kazuko Manpuku^{B)}, Takashi Kokubo^{C)}, Masayuki Tanino^{C)}, Gen Sato^{C)}, Shinichi Muraoka^{C)}, Fukumi Takahashi^{D)}, Yasunori Anetai^{D)}, Hisashi Odaira^{E)}, Masakazu Yoshioka^{F)}, Shinya Narita^{F)}

^{A)} Higashi Nihon Kidenkaiatsu Co., Ltd.

^{B)} National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

^{C)} Takasago Thermal Engineering Co., Ltd.

^{D)} WING Co., Ltd.

^{E)} Iwate Prefectural Office

^{F)} Iwate University

Abstract

Construction of the International Linear Collider (ILC) in Japan has been considered. The utilization of waste heat from the ILC is an important issue from the perspective of building a sustainable energy system. We have been developing the heat recovery and utilization technology using the water vapor adsorption material HASClay for recovering low-grade waste heat from accelerators. In particular, we have been conducting research to establish offline heat transportation system using portable containers in mountain areas with low population density, considering the regional characteristics of Iwate Prefecture where is a candidate site for the ILC. We are also considering the establishment of a new heat supply service by combining not only the ILC but also various low-grade heat sources in the area around the ILC. We have so far developed a portable container that can be filled with about 10 kg of dried HASClay, and evaluated its heat storage and radiation performance. In this paper, we report on a field test of offline transportation of heat using the containers, in which heat recovered from a hot spring was utilized in an agricultural facility.

1. はじめに

岩手県の北上山地が建設候補地となっている国際リニアコライダー(ILC)は、世界的な大型研究施設である。2021年6月には ILC 国際推進チームが「準備研究所提案書」を公開し、ILC 実現に向けて動いている。2020年6月、CERN(欧州原子核研究機構)において公表された欧州素粒子物理の長期戦略 [1]では、ILC のような大型研究施設においてはエネルギー、環境に関して持続可能な施設にすることが必要条件とされている。ILC の年間消費電力量は7億 kWh 程度であり、最終的には60℃の温水として放熱される。この排熱の有効利用は Green ILC において重要な課題である。

ILC の候補地である岩手県にも、工場や温泉など熱源となるポテンシャルがある。我々は、ILC のみならず、岩手県内の排熱を活用し、熱エネルギー循環利用することを目指している [2]。この地域熱エネルギー循環モデルの実現には、蓄熱材ハスクレイを充填した小型ケースによる熱の回収・利用が適している。ハスクレイの蓄放

熱原理については文献に譲るが、既報の社内実験設備において、ハスクレイの性能を100%発揮する蓄放熱ノウハウを取得した[2]。本論文は、ハスクレイ小型ケースを用いた熱循環利用の実証試験について報告するものである。

2. 実証試験

2.1 実証試験概要

本実証試験は2020年12月21日～2021年5月12日に盛岡市内の温泉とイチゴ農家にて行った。
蓄熱工程: 温泉水の熱を活用し、ハスクレイを蓄熱させる。
放熱工程: ハスクレイを放熱させ、イチゴハウス内の暖房として活用する。
輸送過程: 蓄熱したハスクレイ小型ケースをイチゴハウスへ配送し、使用済みの小型ケースを回収して再度蓄熱する。

以上の工程を繰り返し行い、未利用の温泉熱の回収とイチゴハウスの灯油使用量削減することを目的とした。

[#] sasaki@kidenkaiatsu.co.jp

2.2 蓄熱施設概要

蓄熱施設にしている温泉では、元々70℃前後の源泉を活用し、バイナリー発電や冬季のロードヒーティングを行っている。しかし、これらに使用した後の温泉水は60℃程度であり、熱が残っているためハスクレイに蓄熱して熱回収した。Fig. 1に示す通り、バイナリー発電後の温泉水は貯湯槽(30 m³)に貯められる。この温泉水から熱交換し、ファンコイルユニットにより温風に変換して、下方からハスクレイ小型ケースに吹き付ける仕組みとなっている。放熱後約10 kgとなる小型ケースを1回あたり10ケースの蓄熱を行い(Fig. 2)、蓄熱後は放熱施設へ配送した。

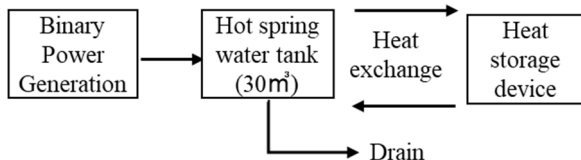


Figure 1: Flow of a heat storage process.

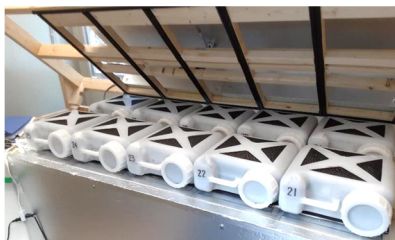


Figure 2: Open heat storage device.

2.3 放熱施設概要

放熱試験を行った農家は、54坪ビニールハウスにおいて、局所加温方式によるイチゴの高設栽培を行っている。ここでは冬季の暖房設備として薪ストーブを主とし、補助として灯油を用いた空気加温器を使用している。薪ストーブは23時前後に稼働し、夜間の暖房を行い、空気加温器はハウス内が10℃以下になった際に稼働する。本試験では、ハスクレイ放熱装置によって空気加温器の稼働時間を減らし、灯油使用量を削減することを目的としている。

放熱装置は1回あたり8ケース(4ケース×2段)を使って放熱する(Fig. 3)。下部に設置された加温器によって水蒸気を送り込み、ハスクレイに吸着させることで、装置上部の穴から放熱空気を放出する仕組みである。



Figure 3: Heat release device.

3. 試験結果

3.1 蓄熱試験

蓄熱試験の平均的なデータをFig. 4に示す。グラフに示した温水温度は、60℃の温泉水から変換した温水の往還の温度を示しており、入口湿度・温度とはファンコイルユニットにより温風に変換し、ハスクレイに吹き付けている空気の測定値である。出口湿度・温度とは、ハスクレイを通り抜けて排出される空気を示す。

蓄熱を始めると、ハスクレイに吸着された水分子が放出されるため、出口湿度が急上昇した後、下降する。出口湿度が10%以下になったとき、蓄熱が終了したと判断し、Fig. 4では開始から7.5時間で完了した。このとき、実験前に77.0 kg/10ケースであったハスクレイは、蓄熱後に67.3 kg/10ケースとなり、水9.7 kg(平均0.97 kg/ケース)分乾燥した。なお、蓄熱量(乾燥量)および蓄熱時間は、後述の放熱量(吸着量)が多いほど増加し、少ないほど減少する。60℃の温泉水は熱交換して45℃前後の温風となってハスクレイに供給されるが、このような低温熱においても蓄熱することができることが確認できた。

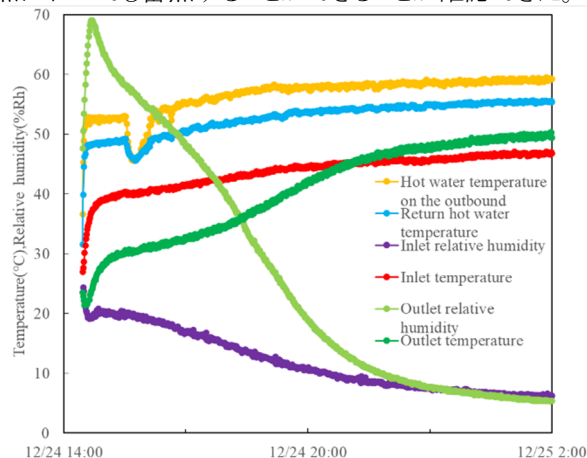


Figure 4: Typical results of thermal charging.

3.2 放熱試験

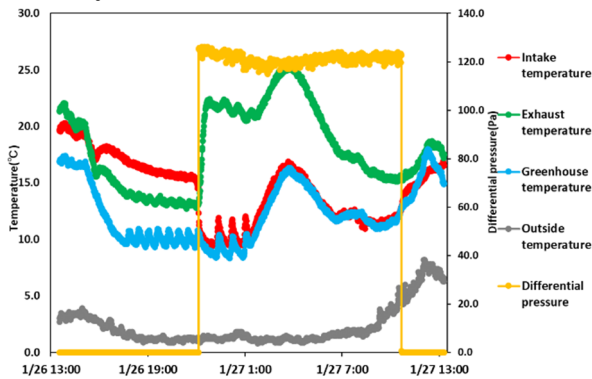
放熱試験の平均的なデータをFig. 5に示す。ここでは入口温度・湿度はハスクレイに供給する湿潤空気を示し、出口温度、湿度とは、ハスクレイを通り抜けて排出される空気を指す。

グラフで差圧が120 Pa前後を示しているとき、放熱装置が稼働していることを表しており、本データでは22時～10時40分までの約12.5時間運転した。17時45分～22時15分のハウス内温度の波状変化は空気加温器の稼働によるものであり、この間に110分運転し灯油5.1 Lを消費した。放熱装置の稼働により空気加温器の稼働頻度が減少し、午前1時30分に薪ストーブが稼働したことにより停止した。これにより、夜間から朝まで空気加温器の稼働時間を抑えることができた。放熱装置、薪ストーブを稼働しなかった場合、空気加温器は13時間(17時45分～6:45分)稼働したとすると、灯油を10.8 L消費する。実際に消費した灯油は5.1 Lだったことから、その差である5.7 Lの使用量を削減できたことになる。そこから1～3月の厳冬期の灯油削減量を算出すると、513 L

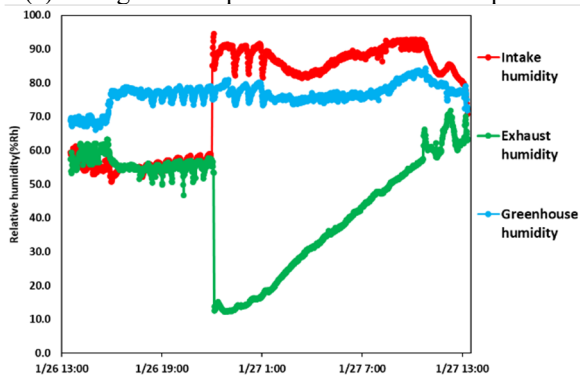
削減となった。この実験におけるハスクレイの放熱性能は 3.75 MJ/10 kg であり、本来の性能 9.03 MJ/10 kg(再生温度 100 °C)の約 41.5 %の出力となった。これは蓄熱時の入口温度が 45 °Cと低いことが要因であるが、このような低温熱からの蓄熱であっても、十分に灯油使用量を削減できることが確認された。

本試験では、小型ケース 8 個に対し水分子の吸着量は 5.734 kg(平均 0.717 kg/ケース)であった。しかし、上段 2.056 kg、下段 3.678 kg と吸着量に差があるため、上段の吸着量を増やすことで、放熱量を増やすことができると考えられる。

- [2] 佐々木明日香, 吉岡正和, ”吸着式蓄熱材を用いた大型加速器からの排熱利用に関する研究”, Proceedings of the 17th Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan September 2 - 4, 2020, Online, p.88-92.



(a) Changes in temperature and differential pressure



(b) Changes in relative humidity

Figure 5: Typical results of thermal discharging.

4. まとめ及び今後の展望

本試験により、ハスクレイ小型ケースを活用した温泉熱の回収及び再利用によって、農業用ハウスにおける灯油使用量を削減できることを確認した。今後、放熱装置の湿潤空気の供給方法や小型ケースを改良することにより、さらに放熱量を増やすことができると考えられる。2021年10月頃より、再び実証試験を行い、性能の向上やコスト削減を行っていききたい。加えて、放熱量の表示方法や課金方法の検討を行い、利便性を向上させたい。また、地元企業との連携を強め、ハスクレイの利用範囲を広げていきたい。

参考文献

- [1] <http://cds.cern.ch/record/2721370/files/CERN-ESU-015-2020%20Update%20European%20Strategy.pdf>