

注：課題番号を記入してください。

## 学術研究助成金〔社会実装研究〕成果報告書

## ＜29年度採択＞

令和2年4月9日

日本大学学長 殿

氏名 中野 和典



所属・資格 工学部・教授

退職、転出の場合は、( )書きで受領時の資格を記入

下記のとおり報告いたします。

実施研究所 工学部 工学研究所

1 研究課題 小規模市町村の下水処理をグリーン化する「ロハスの花壇」の社会実装研究		
2 研究期間 ◎平成29年度～平成30年度 / ◎平成31年度		
3 研究組織		
氏名	所属部科校・資格	役割分担
○研究代表者 中野 和典	工学部・教授	モデルケース(1)～(4)の実証試験を遂行し、各評価項目に必要な水質分析等を担当するとともに、研究全体を統括する。
○研究分担者 橋本 純	工学部・教授 (令和2年3月31日退職)	試験装置の設計を担当するとともに、モデルケース(1)～(4)の実証試験の遂行に伴う試験装置の運営を担当し、維持管理におけるノウハウや改善策の検討を担当する。
連携組織		
	組織名	役割分担
	郡山市上下水道局	モデルケース(1)～(4)の実証試験用地を湖南浄化センターに確保し、下水や下水汚泥を提供するとともに、行政の立場より総合的な観点でのインフラとしての有効性や合理性の評価を担当する。

実施研究所：工学研究所

氏名：中野 和典

#### 4 研究目的

研究の全体構想及び本研究の具体的な目的について記述してください。

本研究構想のゴールは、「ロハスの花壇」を多機能な代替下水道（または浄化槽）として、30年後の小規模市町村に普及させ、低炭素・循環型社会を実現することである。

国土交通省の長期展望によれば、現在1万人以下の人口の市町村の人口は2050年には半分以下になる。人口規模・密度の低下は住民一人あたりの行政コストを増加させるため、多くの小規模市町村において、浄化槽や下水道施設の維持・更新が難しくなることが懸念されている。一方で、気候変動の影響が顕在化しつつあり、今後のインフラの整備や維持管理には、地球温暖化の緩和と適応の両立が求められている。つまり人口減少社会に耐える費用対効果のみならず、低炭素かつ高いレジリエンス（災害に適応できる柔軟なしなやかさ）を有するインフラの導入が必要とされている。

このような気候変動と人口減少問題に直面する次世代の小規模市町村の下水処理に対する切り札となるのが、「ロハスの花壇」である。緑化施設や農地を活用して下水処理を行う「ロハスの花壇」では、緑化施設や農地に必要な水と肥料が下水によって賄われる。つまり水質浄化だけでなく、緑化の機能（景観形成・大気浄化・抗ヒートアイランド）や農業生産機能を併せ持つグリーンインフラとなる。運用に要する動力は下水を汲み上げる揚水ポンプだけであり、再生可能エネルギーだけで駆動するエネルギー自立インフラとなる。さらに、ユーザーである住民が維持管理可能な簡易システムであることから、高いレジリエンスを有する持続可能なインフラとなる。人口減少によって増加しつつある遊休地の有効利用の観点からも、「ロハスの花壇」の適用は極めて合理的である。

このように多機能なグリーンインフラとしての「ロハスの花壇」の有効性と合理性を国土交通省等の関係省庁や全国の小規模市町村の自治体にデモンストレーションすることが、本社会実装研究の目的であり、郡山市下水道部と連携して「ロハスの花壇」の実証試験を下水処理場で実施する。

#### 5 実装研究の概要

##### ①実証実験施設の設置

本研究では、下水処理を行う人工湿地と緑化施設を組み合わせた「ロハスの花壇」の実証試験を実用規模で行うため、スケールアップした「ロハスの花壇」を湖南浄化センター（郡山市）に設置し、実際の下水や下水汚泥を投入する浄化処理を行い、その性能や多機能性を実証することを計画していた。2018年度に設置した3段のろ床で構成されるロハスの花壇（総ろ床面積108m<sup>2</sup>）に続き、2019年度はモデルケース(4)「下水汚泥の肥料化に特化するケース」を実施する施設として温室を伴った1段のろ床で構成されるロハスの花壇（ろ床面積36cm<sup>2</sup>）を設置する工事を実施し、10月末に竣工した。

##### ②実証実験内容と成果

当初研究計画では、条件が異なるロハスの花壇により4つのモデルケースについて実証することを計画し、モデルケース(1)「下水処理に特に高度な処理水を求めないケース」では、安価なる材（砂利、砂）のみで構成される処理区による検証を、モデルケース(2)「下水処理に特別に高度な処理水を求めるケース」では、機能性ろ材（ゼオライト、ケイ酸カルシウム、活性炭）を組み合わせた処理区により検証を行った。これら2つのモデルケースの実証実験は2017年8月10日以降、当初計画の通り毎月定期的に水質浄化性能を把握するための採水と水質測定を実施し、実証実験の目的を果たすことができた。一方、モデルケース(3)「排水ゼロのゼロエミッションを追求するケース」については、予算の制約によりモデルケースを検証するための装備を備えた施設の設置が無理であったため、計画を変更し、実施を断念した。モデルケース(4)「下水汚泥の肥料化に特化するケース」については、温室を伴ったロハスの花壇の竣工が遅れ、2019年度だけでは十分な検証期間を確保できなかったが、引き続き検証を継続した2020年度の調査研究により、当初計画で目指した処理可能な下水量の改善、運用に必要な維持管理作業の低減、動力の費用対効果の改善、生成する堆積物の減量化が可能であることを検証することができた。



実施研究所名：工学研究所

氏名：中野 和典

6 学会発表等						
実証研究によって得られた研究成果の発表状況（学会発表、成果物展示、プレス発表等）について記入してください。 要旨集の抜き刷り、発表原稿のコピー等及び発表したことがわかるものを添付してください。						
発表者名	学会、発表会名等	発表テーマ			発表年月	
鈴木 援、谷口崇至、中野和典	第 54 回日本水環境学会年会	ろ床の重層化による人工湿地のコンパクト化			2020 年 3 月	
横手亮太、谷口崇至、橋本 純、中野和典	第 54 回日本水環境学会年会	自立型トイレの洗浄水を再生する浄化ユニットの水処理性能			2020 年 3 月	
谷口 竜太郎、横手亮太、中野和典、橋本 純	令和元年度土木学会東北支部技術研究発表会	自立型トイレの固液分離ユニットの水処理性能の評価			2020 年 3 月	
本田 尚也、横手亮太、中野和典、橋本 純	令和元年度土木学会東北支部技術研究発表会	自立型トイレの水質浄化ユニットの水処理性能の評価			2020 年 3 月	
7 著書・雑誌論文						
実証研究によって得られた研究成果の発表状況（学会発表、成果物展示、プレス発表等）について記入してください。 著書・雑誌・抜き刷り等を添付してください。コピーの場合は掲載されたことが客観的にわかるものを添付してください。						
著者・執筆者	著書名・雑誌名／論文名	巻・号	年月	出版社・発行所		
横手亮太、谷口崇至、橋本 純、中野和典	水環境学会誌／自立型トイレの洗浄水を再生する浄化ユニットの水処理性能	vol. 43 No. 3	2020 年 5 月 (掲載待ち)	日本水環境学会		
8 本研究課題に関するその他の発表（新聞、一般雑誌掲載等）						
なし						
9 その他の成果						
<ul style="list-style-type: none"> <li>・2019 年 4 月 16 日 郡山市上下水道局で本プロジェクトの成果や進捗状況についての報告会を開催</li> <li>・2019 年 6 月 11 日 地元の湖南小学校の生徒を対象とした環境教育を実施</li> <li>・2019 年 8 月 9 日 地元の湖南小学校の生徒を対象とした環境教育を実施</li> <li>・2019 年 10 月 5 日 郡山市上下水道局と日本大学工学部の共同企画の市民向け環境教育イベントを開催</li> <li>・専門家・企業向けの現地視察会を 2 回開催</li> </ul>						
10 本研究成果による発明届の提出及び知的財産権の出願・取得状況						
名 称	知的財産の種類	発 明 者 (考案者・創作者)	権 利 者	出願・登録番号	出願年月日	取得年月日

実施研究所：工学研究所

氏名：中野 和典

## 1 1 今後の展開

## ① 実証実験の継続について

ロハスの花壇を設置した湖南浄化センターの敷地の使用許可を郡山市上下水道局から得ており、ロハスの花壇の機能の持続可能性やグリーンインフラとして有用性を社会発信するための実証実験を今後も継続する予定である。

## ② 実証実験成果の社会発信について

2019年4月16日には郡山市上下水道局で、本プロジェクトの成果や進捗状況について行政関係者や地元住民に説明する報告会を開催し、社会発信した。2019年6月11日には、地元の湖南小学校の生徒21名に参加してもらい、ロハスの花壇にカボチャの苗を植えてもらい、条件の異なるろ床でカボチャの大きさが異なる結果になる可能性を検証する公開比較実験を開始した。2019年8月9日には、6月に植えたカボチャの苗がどうなっているのかを確認してもらい見学会を開催し、見学会に参加した農家の方も驚く結果を小学生と共有した。2019年10月5日には、郡山市上下水道局と日本大学工学部の共同企画として開催した親子バスツアー「きれいな水へのかえりみち」のメニューとして、20名を超える子供たちとロハスの花壇で育った30kgを超えるハロウィンカボチャのサイズと重さを測定し、肥料なしで何故このような大きなカボチャが出来るのか考えてもらい、好評を博した社会発信イベントとすることができた。さらに、人工湿地やグリーンインフラに関心のある専門家や企業向けの現地視察会を2019年度は2回開催している。以上のような地元住民や小学生による植栽活動や環境教育イベント、郡山市上下水道局を通じた報告会や市民参加イベントを通して、今後もグリーンインフラの花壇の狙いや有用性を社会発信する活動拠点としてロハスの花壇を有効に活用して行く予定である。

## ③ ロハスの花壇の社会実装に向けて

ロハスの花壇の有望な社会実装先として、30基の風力発電が並ぶ猪苗代湖が見下ろせる高原一面にヒマワリが咲き、ピーク時には1日3000人の観光客が押し寄せる布引高原（郡山市湖南町）を想定している。現在の布引高原のトイレは汲み取り式であり、このトイレ排水を浄化処理するロハスの花壇をヒマワリ畑を活用することで実現すれば、トイレの維持管理費の削減かつ資源循環の実現かつ廃棄物がなくなることによる低炭素化を両立する先導的なグリーンインフラとして布引高原の新たな名物となることが期待できる。社会実装を実現するためには、そのようなトイレシステムの設置を地元住民が希望し、地元住民から市長や市議員への陳情などを通じて、郡山市が設置予算を計上することが必要である。そのような流れを実現することを目指し、引き続きロハスの花壇での実証実験を継続しながら、市民参加型イベントの開催、地元小中学校向けの環境教育の開催、行政担当者や企業（汚水処理、造園、デベロッパー）の開発担当者向けの視察イベントの開催を継続して行く。

## ④ ロハスのトイレ（自立型トイレ）としての社会実装について

トイレ排水をその場で処理して再生し洗浄水として循環利用するロハスのトイレは、本プロジェクトで設置した下水を受け入れるロハスの花壇を小規模化したシステムとも言え、その基盤技術は社会実装研究から派生したものである。現在、ロハスのトイレに関する研究は、商業ベースでの生産を目指した企業との共同研究（藤森工業（株）、中西金属（株））に発展しており、自然災害などにより上下水道や電気が寸断される非常時にも有効な自立型トイレとして、さらには2015年の国連サミットで採択された持続可能な開発目標（SDGs）のゴールのひとつである「安全な水とトイレの確保」に直接貢献するトイレとして、社会実装を図ることを目指している。

## 学術研究助成金〔社会実装研究〕成果報告書

&lt;29年度採択&gt;

令和2年4月23日

日本大学学長 殿

氏名 柿崎 隆夫



所属・資格 工学部・上席研究員（教授）

下記のとおり報告いたします。

実施研究所 工学部 工学 研究所

1 研究課題		
一般住宅向け地中熱利用ヒートポンプシステムの蓄熱利用による高効率化技術の研究開発		
2 研究期間		
◎平成29年度～平成30年度 / ◎平成 年度		
3 研究組織		
氏名	所属部科校・資格	役割分担
○研究代表者 柿崎 隆夫	工学部・教授 (平成31年3月31日退職)	システムダイナミクス設計, システム評価, 実用化戦略 研究開発統括
○研究分担者 小熊 正人	工学部・特任教授 (平成31年3月31日退職)	システム設計, 試験系設計, 試験評価, 実用化開発
連携組織		
組織名		役割分担

※ホームページ等での公開の (可) 否) いずれかを○で囲んでください。否の場合は、理由書を添付して下さい



実施研究所：工学研究所

氏名：柿崎 隆夫

## 4 研究目的

研究の全体構想及び本研究の具体的な目的について記述してください。

## (課題の背景)

再生可能エネルギーとして位置づけられている地中熱利用は、温熱と冷熱とを同時供給できるシステムであり、余剰となった熱は地下の土壤に蓄熱できる。従って熱需要に対し十分に適合するシステム設計を行えば、冷暖房、給湯、冷却および融雪など様々な熱需要が存在する一般住宅での利用に対応可能である。しかもこの点は競合機種であるエアコンと比べて省エネポテンシャルが高く、我が国の社会的課題である1次エネルギーの消費の抑制に寄与できると期待されている。

しかしながら一般住宅の熱需要量は変動が大きく、かつ負荷率も低いため、主に大型施設を志向した従来のシステムではヒートポンプが間欠運用とり、システム効率の低下が不可避である。一方、高冷房負荷地域では冷房ピーク負荷が大きく、これに対応する熱源機容量は過大傾向となる。そのため、初期ならびに契約電力コストが増加し、しかも年間設備稼働率が低いという課題がある。このような課題を解決する手段としてシステムへの蓄熱方式の導入が考えられる。

## (目的)

地中熱利用での蓄熱方式はこれまで主に事業向けシステムへ導入されているが、熱源機の効率向上を目的とした民生分野への適用事例はない。また技術課題としても、システム設計における熱需要パターンの考慮やヒートポンプ制御方式の新たな工夫が必須となる。すなわち実運用では蓄熱タンク規模決定法やヒートポンプ制御方式の調整技術が必須となる。以上の実用化技術を研究開発し、一般住宅向け地中熱利用（浅部地中熱利用）に当該蓄熱システムを実装させることにより、システムの運用コストや設備コスト上昇を抑制することが可能となる。これを社会実装して性能や信頼性を確認することを通じて、省エネ化、低炭素化に貢献できる日本大学工学部発の地中熱利用システムの普及拡大を図ることを目的とする。

## 5 実装研究の概要

## 1. 概要

## 1) 完全混合型蓄熱装置による間欠運転抑制

実住宅の地中熱システムの部分負荷時において、蓄熱有無によるシステムの向上レベル、事業化に向けて修正すべき点を明らかにすることを目標とした。そのために山形県内および福島県内の個人住宅の浅部地中熱利用システムに完全混合型蓄熱装置を実装した。当初計画では山形県の住宅にのみ実装予定であったが、直接熱交換型ヘッダー (DHEX) による流量変動防止とそれに伴う間欠運転の抑制を狙い、その検証データ数を増やすために福島県の個人住宅も実装対象とした。

山形住宅の暖房時期初旬の低熱負荷時において、蓄熱有無に関わらずヒートポンプ回転数下限に達して間欠運転となった。熱負荷が大きい暖房中旬は蓄熱有無ともに連続運転となった。低熱負荷時の蓄熱有りの COP が 6.7 であり、蓄熱無しの COP が 6.4 であった。福島県の住宅においては、蓄熱装置実装前の通常ヘッダー方式の COP は 4.4 であり、間欠運転であった。直接熱交換型ヘッダーの運用時、蓄熱有り試験で COP 5.5、蓄熱無し試験で COP 5.4 となり、双方ともに連続運転となった。実装前と比較し、23%の効率向上となった。実装試験の結果から以下の成果を得た。効率低下となる間欠運転の発生の有無は流量および熱負荷の変動速度、システム制御の方法に依存する。流量変動による間欠運転は直接熱交換型ヘッダーで防止することができる。熱負荷変動が大きい場合には別途で蓄熱装置の実装が必要である。

## 2) 温度成層型蓄熱装置によるピーク負荷熱供給

夏期冷房ピーク時において実住宅の地中熱システムで蓄熱装置がどの程度見かけの冷水供給能力を発揮できるのかを把握するとともに、事業化に向けて修正すべき点を明らかにすることを目標とした。実住宅の地中熱ヒートポンプシステムのピーク負荷発生時に蓄熱装置から冷熱供給するための制御シーケンスを作成した。沖縄県内に新築予定の一般住宅の浅部地中熱利用システムに温度成層型蓄熱装置を実装する予定であったが、住宅の工期が大幅に遅れたため、蓄熱装置の実装が不可能となった。

## 2. 内容の詳細

### 1) 完全混合型蓄熱装置による間欠運転抑制

#### (1) 山形県の実住宅 実装と運用評価

##### (a). 試験装置と試験方法

社会実装として、山形県の個人住宅の地中熱利用システムに蓄熱装置を設置した。ここでは、蓄熱装置の欠点である大きな設置スペースが必要であることを克服するため、ヒートポンプ及び室内機の流路の流量変動を防止することが可能かつ省スペース設置可能な直接熱交換型ヘッダーを合わせて実装した。直接熱交換型ヘッダーはヒートポンプと直接熱交換型ヘッダー間、各室内機と直接熱交換型ヘッダー間の流路が分離しており、室内機配管上の流量変動がヒートポンプに影響しない機構である。一般的なヘッダー方式の場合、流量確保のために室内機流路上に弁、別途ポンプを設けるため流量変動が生じる。住人には地中熱システムを自由に使用していただき、その間に蓄熱装置有無の期間をそれぞれ設け、蓄熱有無による間欠運転防止と効率向上レベルを近似条件区間で比較した。

##### (b). 試験結果

暖房時期において、蓄熱無し試験期間全体の 25%で間欠運転であり、COP は 5.2 であった。蓄熱有り試験期間全体の 15%で間欠運転であり、COP は 5.7 となった。間欠運転割合は対象期間全体の時間を分母とし、1 時間以内にヒートポンプ運転、停止、再稼働を繰り返した時間の合計を分子として算出した。蓄熱無しは COP 6.4、地中側戻り温度 8.7℃、蓄熱有りは COP 6.7、地中側戻り温度 11.0℃となった。

冷房時期において、蓄熱無しの場合、間欠運転が試験期間中の 50%で定期的に発生しており、その時間帯は主に夜間であった。この要因は夜間に室内機の電源を落とした後、ヒートポンプ自体の電源が落とされていないために熱負荷が無い状態でヒートポンプが稼働し、間欠運転を繰り返した。夜間の室内機 OFF の時を除くとヒートポンプは連続運転であった。蓄熱有りの場合、間欠運転となっていないが、夜間に蓄熱装置、ヒートポンプ、直接熱交換型ヘッダー間の流路でポンプが稼働した。

##### (c). 考察

当初の想定では、蓄熱無し試験における暖房時期初旬および下旬の間欠運転を蓄熱装置設置により連続運転にすることで効率向上につながると考えていた。しかしながら、間欠運転は蓄熱有り試験の暖房時期初旬においても発生した。間欠運転した理由は、低熱負荷時にヒートポンプの圧縮機最低回転数を下回り、出力を下げることができなくなったためである。よって、室内側ヒートポンプ戻りブライン温度の変動がほとんど発生しない蓄熱有り試験においても間欠運転となった。

蓄熱無し試験の暖房時期中旬の熱負荷が大きい際、間欠運転が発生しなかった。その理由は熱負荷変動が小さく、ヒートポンプ部の流量が一定であったためだと考える。熱負荷変動、流量変動のどちらか、あるいは両方が発生するとヒートポンプ出口ブライン温度は自身で加熱を続けているため上昇する。その後、ヒートポンプ設定温度に達して運転停止し、温度が下がると再稼働する。直接熱交換型ヘッダーがあることで流量は一定となり、間欠運転要因の一つが除外できる。ヒートポンプが停止するほど熱負荷変動が大きくない、もしくは変動が緩やかであったため連続運転を続けた。これは冷房運転時も同様である。

冷房期間の夜間の全ての室内機 OFF の時、ヒートポンプと直接熱交換型ヘッダー間のポンプが稼働したことは無駄なエネルギー消費につながる。よって、直接熱交換型ヘッダーの運用において室内機、ポンプ、ヒートポンプを連動制御して改善する必要がある。

#### (2). 福島県の実住宅 実装と運用評価

##### (a). 試験装置と試験方法

過去にヒートポンプの間欠運転が確認できた福島県の個人住宅の既存の地中熱利用システムに直接熱交換式ヘッダー、蓄熱装置を実装した。山形の個人住宅との違いは、ヒートポンプシステム全体の制御が組まれている点、室内機配管上に室温制御のための熱動弁または電磁弁が組み込まれている点である。システム制御については、室内機の出力信号が全て OFF の場合にヒートポンプと直接熱交換式ヘッダー間のポンプを停止し、出力信号を発信している室内機がある場合は対応するポンプとヒートポンプが稼働する。

直接熱交換型ヘッダーの有無、蓄熱有無、出力制御方式の異なる FCU (ファンコイルユニット) 運用有無の試験 (No. 1~5) をそれぞれ実施した。FCU の出力制御方式のパターン A は、FCU の電源が ON かつ室内温度が FCU 設定温度に達していない際に出力信号を発信し、それ以外は発信しない仕様の FCU を自由に使用していただいた。パターン B は FCU の電源が ON の時に出力信号発信、OFF の時に発信しない仕様の FCU を常時 ON



にして使用していただいた。

(b). 試験結果

運用条件により、間欠運転の発生有無が生じる。さらにヒートポンプの流量変動が期間全体で発生し、一部の時間で流量が0kg/minとなることもある。ヒートポンプの設定温度が41℃であった条件のCOPを比較すると、COPは3.9～4.4である。設定温度が35℃の場合、COPはそれぞれ5.5、5.4である。蓄熱装置実装後に連続運転となった設定温度41℃条件のCOPは実装しない場合と比べて1.1ポイント高い結果となった。

(c). 考察

間欠運転は以下の理由により発生したと推察する。一つ目は室内機配管上の弁の開閉による熱負荷変動、流量変動の発生および室内機連動システム制御によるヒートポンプとポンプ稼働停止による複合要因である。No.2はシステム制御と熱負荷変動による複合要因、二つ目はシステム制御による単独要因である。流量変動は通常ヘッダー使用時に室内機配管上の弁の開閉によって生じている。熱負荷変動はヘッダー種類に関わらず、室内配管上の弁の開閉で発生する。しかし、蓄熱装置を有する場合には蓄熱装置内で温度変動を緩衝するため、間欠運転の要因にはならない。システム制御は室内機の出力信号を受け、ヒートポンプ並びに対応するポンプの稼働を行う。室内機の出力信号が室内温度または配管内温度によって発信/停止をする場合、複数の室内機の電源がONであっても出力信号が全て停止する場合がある。その時、システム制御によりヒートポンプとポンプは停止するため、流量が0kg/minとなり、その後再稼働することで間欠運転になったと考える。設定温度が低い場合には熱負荷変動要因を含んでいるが、熱負荷変動が小さいまたは緩やかであったため連続運転となった。

送水温度の違いによる性能差が生じた要因は送水温度の差と間欠運転防止によるヒートポンプの低熱出力運転によるものだと考える。出力信号パターンBのFCUを常時ONにしたことで室内への放熱量が過剰となり、住人がヒートポンプの設定温度を下げることで放熱量を調整した。ヒートポンプの設定温度を下げることはヒートポンプの冷媒蒸発温度と凝縮温度の差を狭めることになり効率が向上した。また、同じ熱量を供給するにあたり、連続運転をした方が間欠運転をするより低い熱出力で連続稼働する。ロータリーコンプレッサーを用いたヒートポンプは低出力運転の方が高出力運転よりも高効率となる。この二つの要因によりCOP向上に繋がった。



実施研究所名：工学研究所

氏名：柿崎 隆夫

6 学会発表等						
実証研究によって得られた研究成果の発表状況（学会発表，成果物展示，プレス発表等）について記入してください。 要旨集の抜き刷り，発表原稿のコピー等及び発表したことがわかるものを添付してください。						
発表者名	学会，発表会名等	発表テーマ			発表年月	
平 博寿 柿崎 隆夫 小熊 正人	第 52 回 空気調和・冷凍 連合後援会	実運用におけるブライン式ヒートポンプ システムの効率向上の検討 (優秀講演賞受賞)			平成 30 年 4 月	
平 博寿 柿崎 隆夫 小熊 正人	ASME 2018 Power and Energy Conference	ENHANCED GROUND SOURCE HEAT PUMP SYSTEM WITH THERMAL STORAGE SYSTEM (Best Paper Award)			平成 30 年 6 月	
平 博寿 柿崎 隆夫 小熊 正人	日本冷凍空調学会年次大 会(2018)	蓄熱利用によるヒートポンプシステム効 率の向上			平成 30 年 9 月	
平 博寿 柿崎 隆夫 小熊 正人	日本機械学会熱工学コン ファレンス(2018)	蓄熱装置を用いたブライン式ヒートポン プシステムにおける冷房ピーク負荷への 冷熱供給の検討			平成 30 年 10 月	
7 著書・雑誌論文						
実証研究によって得られた研究成果の発表状況（学会発表，成果物展示，プレス発表等）について記入してください。 著書・雑誌・抜き刷り等を添付してください。コピーの場合は掲載されたことが客観的にわかるものを添付してください。						
著者・執筆者	著書名・雑誌名／論文名		巻・号	年月	出版社・発行所	
Hirotoishi Taira Takashi Sato Takao Kakizaki Masahito Oguma	Journal of Energy Resources Technology, “Enhanced Ground Source Heat Pump System with Thermal Storage System”		Vol. 141 Issue 6	June 2019	ASME	
8 本研究課題に関するその他の発表（新聞，一般雑誌掲載等）						
1) 柿崎，“日本大学工学部が推進する産学官連携活動”，校友会報第 81 号，日本大学工学部校友会，平成 30 年 3 月 1 日						
9 その他の成果						
1) ASME 2018 Power and Energy Conference Best Paper Award 2) 第 52 回 空気調和・冷凍連合後援会 優秀講演賞受賞						
10 本研究成果による発明届の提出及び知的財産権の出願・取得状況						
名 称	知的財産の種類	発 明 者 (考案者・創作者)	権 利 者	出願・登録番号	出願年月日	取得年月日
冷暖房供給装置	特許	柿崎 隆夫 平 博寿 小熊 正人	日本大学	特願 2019-103558	2019/6/3	

実施研究所：工学研究所

氏名：柿崎 隆夫

## 1 1 今後の展開

## 1. 直接熱交換型ヘッダーの製品化

平成 30 年度の蓄熱装置と直接熱交換型ヘッダー実装試験により、直接熱交換型ヘッダーが設置スペースを抑えつつ間欠運転の抑制をして効率向上につなげることに有効である結果を得た。しかしながら、部材点数が多く、ねじ込み式の配管接続方法であることから製作と現場施工には時間と手間がかかり、施工性に課題がある。そこで、直接交換型ヘッダーの製品化を平成 31 年度から進める。

製品化にあたり達成すべき項目は 4 点である。製品の価格が従来の製作品よりも安価であること、流入するブラインが完全混合すること、現場での配管の接続が容易であること、圧力損失が現行品と同程度以下であることを目指している。

## 2. 蓄熱タンクを用いたシステムの製品化

蓄熱タンクを用いた場合に有利になるシステム、直接熱交換型ヘッダを用いた場合に有利になるシステムの区分が可能となる。熱源機において冷房暖房モードが自動的に切り替わるシステムや、熱需要が断続的であり、一方、熱源機において低負荷連続運用が想定される場合には蓄熱タンクが有利である。

## 3. 事業化の展開

蓄熱タンクを用いた事業においては、実機に実装し、その効果が明らかになったので実施は可能となった。しかしながら、この機器の市場は住宅規模で、かつ冷温水による空調が主となる市場である。このような市場は、エアコンに比べると極めて小さいので、その機器展開は容易ではないが、小規模の地域熱供給の需要（案件）があり、事業者が今後、これを利用した事業展開を視野に入れることは可能である。