

平成 29 年度 学術研究助成金〔社会実装研究〕実績報告書

平成 30 年 4 月 17 日

日 本 大 学 学 長 殿

氏 名 中 野 和 典

所属・資格 工学部・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 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 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	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
郡山市水道部		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。

※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：工学部工学研究所

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 現在までの達成度

当初の研究目的に対する達成度について、以下の区分より自己評価を行ってください。

<区分> ①当初の計画以上に進展している。②概ね順調に進展している。③やや遅れている。

(区分 ①) ・ (達成度 70%)

※研究期間全体（2年計画の場合は2年間）を100%としてください。

6 当該年度の実施状況の概要

次の点について、具体的かつ明確に記述してください。

- ①当初の研究計画、具体的なマイルストーンに対する進捗状況
②進捗上の問題点と今後の対策

①当初の研究計画、具体的なマイルストーンに対する進捗状況

当初の研究計画では、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。

そこで、郡山市と協議し、湖南浄化センター内の敷地385㎡の貸与を受け、「ロハスの花壇」における特許技術（特開2014-23104）を反映させた3段のろ床で構成されるロハスの花壇（総ろ床面積108㎡）を設置する工事を実施し、2017年8月9日に竣工となった。

当初計画では、条件が異なるロハスの花壇により、3つのモデルケースについて実証することを計画していた。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」については、安価なる材（砂利、砂）のみで構成される処理区により検証を行うこととし、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」については、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うこととした。ただし、初年度の平成29年度は、特願2015-149783の技術（サイホンの併用によりタイダルフローを適用した水位管理手法）を使用しない場合のデータを取り、その結果より必要性があれば次年度においてタイダルフローを導入した場合のデータを取る方針とした。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、本モデルケースを検証するための装備を備えたロハスの花壇を設置できなかったため、計画を変更し、実施しないこととした。

郡山市長や日大工学部長を招き、ロハスの花壇により下水を浄化処理する実証実験の開始式を2017年8

月10日に現地で開催するとともに、地元住民や小学生によるヒマワリの苗2500株の植えつけを実施し、下水処理の実証実験を開始した。実証実験の開始式は、新聞4紙と郡山市広報誌により報道され、社会発信することができた。実証実験は当初計画の通り継続し、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ている。

10月24日には、ロハスの花壇の現場において地元小学生を対象とした環境教育を実施するとともに、小学生とともに、ヒマワリの種の回収とチューリップの球根の植え付け作業を行った。また、同日には福島県企画部の関係者によるロハスの花壇の視察会も実施した。

2018年2月24日には、本社会実装研究を核として、日本大学工学部 市民公開シンポジウム 第7回ロハスの工学シンポジウム「ロハスの工学によるグリーンインフラの推進」を開催し、産官学の関係者から一般市民まで約200名を集めたシンポジウムにより、本社会実装研究について社会発信することができた。

また、日大工学部キャンパスで行ってきたロハスの花壇の実証実験とそれを踏まえた本社会実装研究のロハスの花壇の実証実験について紹介する論文3報が水処理技術の専門誌2誌（環境技術、再生と利用）と地元政治経済誌1誌（財界ふくしま）に掲載され、水処理分野だけでなく地元行政や財界に対して、本社会実装研究についての情報発信を果たすことができた。

以上のように、予算の都合により、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」の検証を中止したこと以外は、当初計画に沿った実証実験が進行中である。地元住民が参加するヒマワリ等の植栽活動や地元小学生を対象とした現地での環境教育を通して、ロハスの花壇による下水処理の実証実験の地元住民への周知は出来ており、1件ではあるが、福島県の行政関係者による現地の視察を実現することができた。さらに、本社会実装研究を核としたシンポジウムの開催により、産官学民の異なる主体に対しての情報発信を果たすことができた。また、国土交通省をはじめ、全国の下水道関係者が構成員である公益社団法人下水道協会が発行する専門誌（再生と利用）、水処理技術に関する専門誌（環境技術）および福島県の行政関係者や財界向けの政治経済誌（財界ふくしま）に、本社会実装研究が目指すロハスの花壇による汚水処理施設のグリーンインフラ化を図る戦略について紹介する論文3報に掲載することができた。このように、本社会実装研究の目的である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へのデモンストレーションについては、当初計画以上に進展しており、達成度は当初計画以上であると言える。

②進捗上の問題点と今後の対策

実証実験を実施する中でひとつ問題となっていることは、下水を汲み上げるポンプが夾雑物に耐え切れず、予定していた処理水量を達成できないトラブルが起きていることである。その対策について、郡山市上下水道局と協議した結果、郡山市上下水道局が使用しているマンホール用ポンプを貸与していただけることとなった。ポンプを交換するには、使用電圧を100ボルトから200ボルトに変換する等の工事が必要であり、平成30年度予算により、できるだけ早急に工事を実施し、問題を解決する予定である。

実施研究所名：工学部工学研究所

氏名：中野 和典

7 学会発表等

当該年度における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
中野和典	日本大学工学部 市民公開シンポジウム 第7回ロハスの工学シンポジウム「ロハスの工学によるグリーンインフラの推進」	ロハスの花壇による下水処理のグリーン化の推進	2018年2月
中野和典	社会実装研究による実証試験のプレス発表	郡山市と日本大学工学部との下水道事業における連携協力に基づく「下水処理をグリーン化する「ロハスの花壇」実証実験」開始式について	2017年8月

8 著書・雑誌論文

当該年度における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
中野和典、大附遼太郎、橋本 純	再生と利用／花壇型人工湿地の開発 ～汚水処理施設のグリーンインフラ化を目指して～	42巻 157号	2018年 3月	公益社団法人 日本下水道協会
中野和典、大附遼太郎、中村和徳、橋本 純	環境技術／花壇型人工湿地による学生食堂排水の処理	46巻 11号	2017年 11月	環境技術学会
中野和典	財界ふくしま／ロハスの花壇が拓く下水処理のグリーン化	46巻 9号	2017年 9月	(株)財界 21

9 本研究課題に関するその他の発表（新聞、一般雑誌掲載等）

新聞報道4件、郡山市広報誌1件

- ・水道産業新聞、自然の浄化機能で排水処理、平成29年9月21日
- ・日本大学新聞、花壇で浄水、実験始まる、平成29年9月20日
- ・福島民友、汚水ろ過し再生目指す、平成29年8月11日
- ・福島民報、湖南で実証試験開始、平成29年8月11日
- ・こちら郡山じょうげすいどう局（郡山市上下水道局広報誌）、平成30年3月1日

10 その他の成果

11 本研究課題による知的財産権の出願・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：工学部工学研究所

氏名：中野 和典

1.2 今後の計画

実用化までの今後の計画について、当初計画からの変更点をふまえて記載してください。

平成29年度より開始した実証試験は、平成30年度も引き続き、継続して行う。また、モデルケース(4)下水汚泥の肥料化に特化するケースを検証するための温室を備えたロハスの花壇を設置し、下水処理場で副次的に生成する廃棄物である下水汚泥の直接利用を行う実証実験を実施する。これらについては、当初計画の通りである。

本社会実装研究の成果を踏まえたロハスの花壇の社会実装先については、郡山市上下水道局と協議を継続している。猪苗代湖が見下ろせる高原に30基の風力発電が並び、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)に汲み取り式トイレを設置する予算が、平成30年度郡山市予算に計上された。この汲み取り式トイレの汚水をロハスの花壇で処理する施設が実現できれば、ロハスの花壇の実用化として理想的な社会実装となる。そのため、平成30年度は、郡山市上下水道局や湖南町関係者と連携し、地元住民にロハスの花壇の魅力と有用性を理解してもらうための報告会と視察会を開催し、布引高原に設置される汲み取り式トイレの汚水を処理するロハスの花壇の設置要望書が地元から発せられるように、サポート活動を実施することを計画している。

本社会実装研究が行っている下水処理場での実証実験について紹介する論文が、福島県の行政関係者および財界関係者が購読している政治経済誌(財界ふくしま)に掲載されたことがきっかけとなって、福島県企画部関係者によるロハスの花壇の視察会(平成29年10月24日)の実現につながった。さらに、公益社団法人下水道協会が発行する専門誌(再生と利用)に、本社会実装研究が目指すロハスの花壇による汚水処理施設のグリーンインフラ化を図る戦略について紹介する論文が掲載されて以来、都市緑化機構のような公益社団法人や公園施設等の外構を施工する業者から、ロハスの花壇について問い合わせが来ている。このように、論文による社会発信のデモンストレーション効果が現れており、問い合わせを通して、当初計画のような自治体の行政関係者に向けての現地見学会はもとより、外構施工業者や花卉を扱う業者等の産業関係者に向けての現地見学会の機会を作り、社会実装につながる関係を構築することを試みる予定である。

注：課題番号を記入してください。

平成29年度 学術研究助成金〔社会実装研究〕実績報告書

平成 30 年 4 月 18 日

日 本 大 学 学 長 殿

氏 名 柿 崎 隆 夫



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 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	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	システム設計, 試験系設計, 試験評価, 実用化開発
連携組織		役割分担
組織名 株式会社サンポット 株式会社ワールド設計 JSR 株式会社		ヒートポンプ制御 暖地システム運用 潜熱蓄熱材開発

※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：工学部工学研究所

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なり、**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。

(期待される効果)

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。これを社会実装することで、**日本大学大発地中熱利用システムの普及拡大**を狙うことができる。

5 現在までの達成度

当初の研究目的に対する達成度について、以下の区分より自己評価を行ってください。

<区分> ①当初の計画以上に進展している。②概ね順調に進展している。③やや遅れている。

(区分 ①) ・ (達成度 60 %)

※研究期間全体（2年計画の場合は2年間）を100%としてください。

6 当該年度の実施状況の概要

次の点について、具体的かつ明確に記述してください。

①当初の研究計画、具体的なマイルストーンに対する進捗状況

②進捗上の問題点と今後の対策

平成 29 年度

温度成層型および潜熱蓄熱システム導入によるヒートポンプシステムの高効率化の検証実験

(研究計画・実施状況)

1) ヒートポンプと蓄熱タンクを直列に連結させたシステムに人為的な部分負荷を与え、ヒートポンプシステムの効率を計測することで、効率の向上ポイントを明らかにする。

(1) ヒートポンプと模擬負荷を配管上に直列に配したブラインループ設備に、温度成層型蓄熱装置ならびに潜熱蓄熱装置を並列に設置する (6 月まで)。ここで模擬負荷はヒートポンプに部分的負荷を与えることとし、加えて連続負荷やタイマを用いた間欠負荷を与えられる装置である。

➤ **実施状況**

6 月にブラインループ設備の構築並びにそれぞれの蓄熱装置を並列に設置することを完了した。この設備はヒートポンプに連続、間欠部分的負荷を与えることができる。

(2) 蓄熱装置を実装した場合及び実装しない場合を比較することによりエネルギー消費効率の違い (蓄熱装置実装の効果) を明らかにする (9 月まで)。

➤ **実施状況 1**

11 月に図 1 に示すように蓄熱装置を HP の上流または下流に実装した場合と実装しない場合のエネルギー消費効率の比較試験を実施した。蓄熱装置は内部で循環液が混合する構造である。表 1 に試験結果を示す。20 分毎に 5kW の間欠負荷を与える条件とした。蓄熱装置を HP の上流に実装した場合、実装しない又は HP 下流に設置した場合に比例して、エネルギー消費効率は 0.5(13%)向上するという結果を得た。

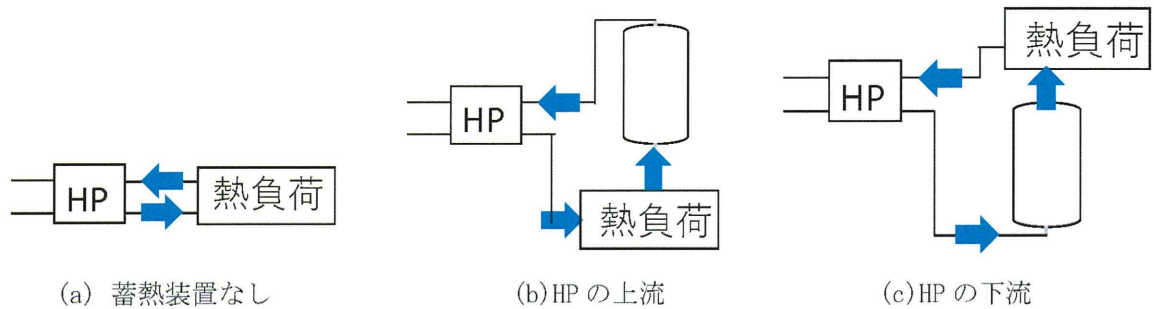


図 1 蓄熱装置実装 比較試験

表 1 蓄熱装置実装 比較試験結果

No.	蓄熱タンクの位置	運転	HP平均熱出力 (kW)	HP積算熱量 (kWh)	HP積算消費電力 (kWh)	COP _{HP}
1	タンクなし	間欠運転	2.5	5.04	1.32	3.8
2	HPの上流	連続運転	2.6	5.18	1.21	4.3
3	HPの下流	間欠運転	2.6	5.11	1.34	3.8

➤ **実施状況 2**

潜熱蓄熱装置の予備試験として平成 30 年 3 月に潜熱蓄熱装置を HP の上流に実装した場合と実装しない場合のエネルギー消費効率を比較した。20 分毎に 2kW の間欠負荷を与える条件とした。蓄熱装置を用いた上記試験と異なる間欠負荷の条件を与えた理由は設置可能な潜熱蓄熱材の量の上限が装置の都合上 10kg に限られていたためである。潜熱蓄熱装置を HP の上流に実装した場合と実装しないを比較し、エネルギー消費効率は 0.15(5%)高いという結果を得た。

- (3) 放熱と蓄熱時ごとに蓄熱タンクのブライン流入と流出方向をヒートポンプ稼働とリンクさせて自動的に逆転させる実機適用型技術の共同開発。

➤ **実施状況**

実施していない。理由は以下の通り。上記(2)の結果を実機に導入するにあたって、計画当初は温度成層型の蓄熱装置を用いることを想定していたが、この場合は(3)の開発が必要である。しかし、上記(2)において温度成層型ではない蓄熱装置によってもエネルギー消費効率の低下を防止することが実現できたため開発は不要となった。

- (4) 潜熱蓄熱装置では、暖房ならびに冷房時を想定し、各運用時の融解温度と蓄熱剤コストとの関係から最も有効な蓄熱剤を決定する。

➤ **実施状況**

潜熱蓄熱装置を設置した場合の性能の検証に時間をかけたため、「融点温度とコストの関係」及び「有効な蓄熱材の決定」は進捗していない。また、蓄熱材を覆うカプセルが欠損することで蓄熱材が漏れ出し、カプセルに覆われた蓄熱材が配管内へ流れ出すことを防止する網に付着する現象が発生した。これは蓄熱材の形状に問題があるとして、今後、融点ごとのコスト及び形状について開発元のJSRと協議を行い、有効な蓄熱材を模索する。

- 2) ヒートポンプと蓄熱タンクを並列に連結させたシステムに人為的な部分負荷を与え、ヒートポンプシステムの効率を計測することで、効率の向上ポイントを明らかにする。

- (1) ヒートポンプと模擬負荷を配管上に直列に配したブラインループ設備において、ヒートポンプと並列に温度成層型蓄熱装置を設置する(12月まで)。ここで模擬負荷は加熱を可能とし、ヒートポンプに最大冷房負荷を超える過剰負荷を与えられる装置である。

➤ **実施状況**

平成29年9月に市販品の蓄熱装置(300L)を改良して温度成層化を達成した。装置内に分散版を取り付けることによって図2に示すタンク内の温度分布を実現した。平成30年1月に1)の(1)で作成したブラインループ設備を改良してヒートポンプと模擬負荷を配管上に直列に配し、ヒートポンプと並列に温度成層型蓄熱装置を設置した。この設備はヒートポンプに最大冷房負荷を与えることができる装置である。

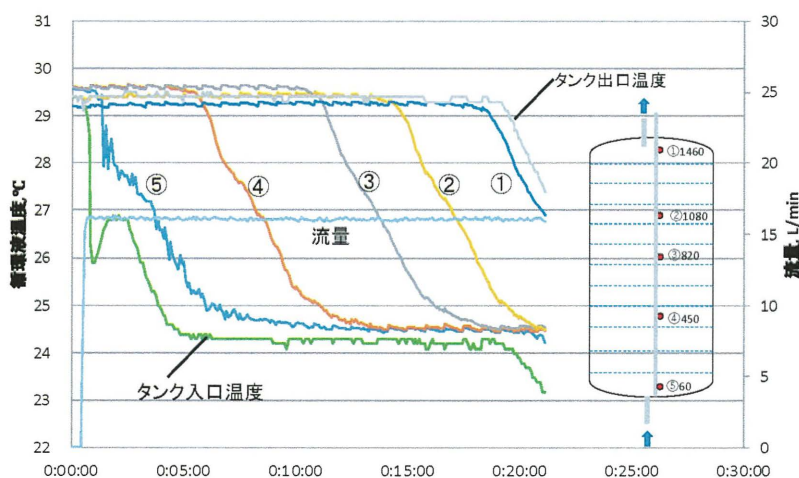


図2 蓄熱装置 温度成層試験

- (2) 設定した温度の冷熱を蓄熱タンクに蓄熱させ、最大冷房負荷を与えるという条件で、ヒートポンプと蓄熱タンクから同時に冷水を供給し冷熱供給時間ならびに冷熱供給量を計測する。

➤ **実施状況1**

図3(b)に示すように室内側戻り循環液を蓄熱装置上部に送水して運用すると、ヒートポンプ出力5kWに対して、見かけ7kWの冷却能力(7°C供給)を約80分間維持することができた。

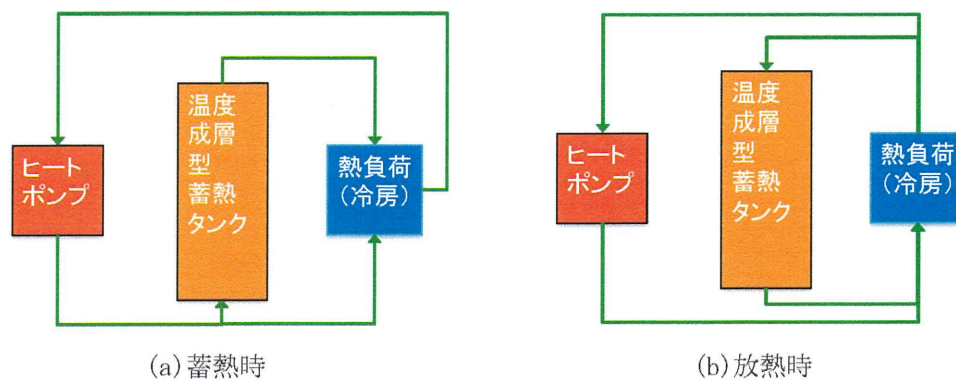


図3 蓄熱利用によるピーク負荷対応運用

➤ **実施状況2**

潜熱蓄熱装置の予備試験として平成30年3月に潜熱蓄熱装置を用いて上記と同条件の試験を行った。潜熱蓄熱材は融点10°Cの製品を10kg(容器容積28L)使用したところ、ヒートポンプ出力5kWに対して、見かけ7kWの冷却能力(10°C以下の供給)を約15分間維持した。冷熱用の潜熱蓄熱装置の運用は量的な効果を考える場合、体積として顕熱蓄熱タンクの半分程度を要することがわかった。

- (3) ヒートポンプからの信号を受け、最大冷房負荷が一定時間を超えたら蓄熱タンクからの冷熱供給を開始できる機能を実現する。

➤ **実施状況**

実施できていない。平成30年度の沖縄における実機試験で実施予定。

実施研究所名：工学部工学研究所

氏名：柿崎 隆夫

7 学会発表等

当該年度における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
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	平成 30 年 4 月
小熊 正人	ASME 2018 Power and Energy Conference	ENHANCED GROUND SOURCE HEAT PUMP SYSTEM WITH THERMAL STORAGE SYSTEM	平成 30 年 6 月

8 著書・雑誌論文

当該年度における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

9 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

10 その他の成果

なし

11 本研究課題による知的財産権の出願・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：工学部工学研究所

氏名：柿崎 隆夫

1.2 今後の計画

実用化までの今後の計画について、当初計画からの変更点をふまえて記載してください。

温度成層型および潜熱蓄熱システムの実住宅実装による検証実験

1) 山形県内の個人住宅に設置する浅部地中熱利用システムに蓄熱装置を実装する。ここでの実験結果を平成 29 年度試験データと比較しながら、暖房ならびに冷房時の部分負荷時におけるシステムの向上レベルを明らかにするとともに、事業化に向けて修正すべき点を明らかにする。

▶ **計画変更点**

- 山形県内の個人住宅に設置する蓄熱装置は温度成層型ではない形式とする。その理由は平成 29 年度の実験結果より蓄熱装置は温度成層型ではなく、装置内で循環液が混合する条件下で効率の改善が見られたため。また、蓄熱及び放熱に伴う循環液の流れの逆転が不要となったため、そのための制御は導入しない。
- 郡山市の住宅に設置してある同システムには潜熱蓄熱装置を実装しないこととする。これは主に住人の意向があったためである。また、蓄熱材を覆うカプセルが割れやすいため実機導入には形状の改善が必要と判断した。

(1) 山形県の実住宅においては、図 2 のシステム図に示すように 2 次側（室内側）ブラインループでのヒートポンプ上流に蓄熱装置を設置する（6 月まで）。図 3 の (a) に実住宅の外観を (b) に蓄熱装置設置予定箇所の配管部の写真を示す。

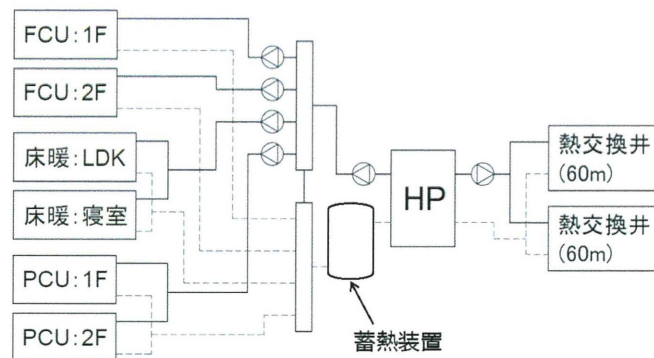


図 2 山形県 個人住宅 地中熱システム



(a) 住宅外観 (b) 蓄熱装置設置予定箇所
図 3 山形県 個人住宅 外観及び蓄熱装置設置予定箇所 写真

(2) 平成 29 年度で得られていた実験データの比較から、効率向上のレベル（ポイント数）を評価する（3 月まで）。図 4 は平成 29 年度の蓄熱装置の設置前に HP が間欠運転を行った際の二次側ブライン温度及び流量のグラフである。熱負荷が小さい状況になるとヒートポンプの連続運転が困難となり、間欠運転モードになる。この状況ではヒートポンプの性能が低下してしまうため、蓄熱装置設置による効率改善を実証し、蓄熱装置の設置前のデータと比較を行う。

温度成層型および潜熱蓄熱システムの実住宅実装による検証実験

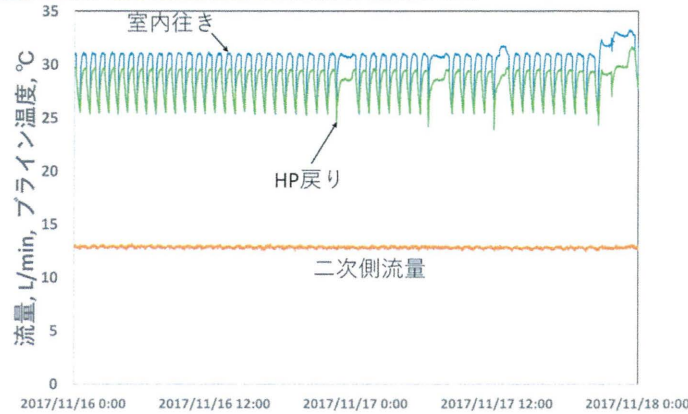


図4 蓄熱装置導入前 HP 間欠運転

- 2) 沖縄県内に新築予定の個人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。ここでの実験結果から、夏期冷房ピーク時において当該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。

▶ 計画変更点

- ・ 実機試験の場所を沖縄県内のモデルハウスから住人が住む実住宅に変更した。住人の理解が得られ、実際の生活環境における試験データの採集が可能となったため。
- (1) 沖縄県内に新築予定の個人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(7月まで)。図5に浅部地中熱利用のシステム図を示す。図5の左下にある蓄熱装置と図中央のHPが夏季冷房ピーク時に同時に室内へ冷水供給を行う。

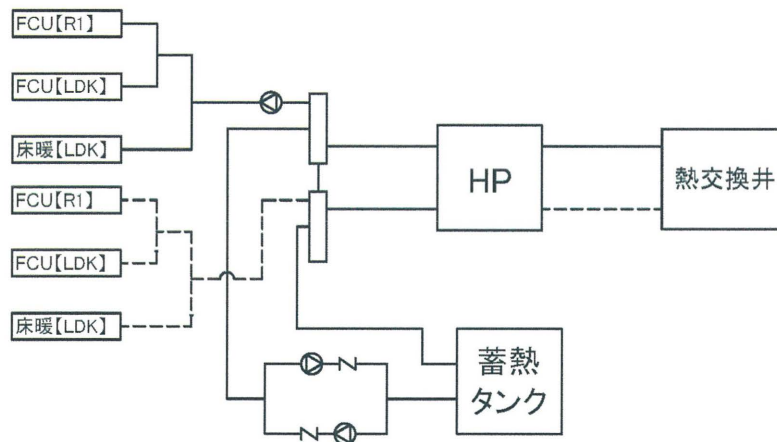


図5 沖縄県 個人住宅 地中熱システム

- (2) 冷房需要が少ない時間帯に冷蓄熱運転を実施し、設置ヒートポンプの最大冷熱供給能力を超えた場合に出力される信号を受けて、蓄熱装置からも冷熱供給を行うシーケンスを現地システムに実装する(6月まで)。
- (3) その時刻別冷房負荷と使用電力の評価から、システムとしてのエネルギー消費効率を評価するとともに、蓄熱装置設置コストと新規ヒートポンプ設置コストならびに契約電力を含めた運用コストについての削減率を評価する(12月まで)。