
DXを活用したヒートポンプシステムの環境効果と経済性の確保

Environmental Impact and Economic Viability of a Heat Pump System Utilizing Digital Transformation

里舘 佑紀*	室伏 信彦*	太田 昌也*	児玉 憲明*	佐々野 和紗*
Yuuki SATODATE	Nobuhiko MUROFUSHI	Masaya OHTA	Noriaki KODAMA	Kazusa SASANO
宮川 将士*	植松 利文*			
Masashi MIYAKAWA	Toshifumi UEMATSU			

要 旨

エトリア株式会社を含むリコーグループでは「環境保全」と「利益創出」の同時実現を目指す「環境経営」を1998年に提唱しており、「脱炭素社会の実現」「循環型社会の実現」を目指す環境目標を設定し環境経営を進めている。エトリアのPxPトナープラントにおいても、エネルギーの3Rという独自の視点に基づき、環境目標達成のために様々な施策を展開してきた。その中でも、工場内の廃熱の可視化や理想的な熱バランスを取るために、データ解析、シミュレーションなどのDX技術を活用して水熱源および空気熱源廃熱回収ヒートポンプシステムを構築した。水熱源廃熱回収ヒートポンプシステムではGHG排出量を年間363t削減し、その投資回収期間は3.8年、空気熱源廃熱回収ヒートポンプシステムではGHG排出量を年間406t削減し、その投資回収期間は4.9年となり環境効果と経済性の両立を実現した。

ABSTRACT

The Ricoh Group, including ETRIA CO., LTD., proposed an environmental management strategy in 1998, aiming to simultaneously conserve the environment while generating profit. The group has set environmental goals aiming for achieving a decarbonized and circular society and is advancing its environmental management efforts accordingly. At Etoria's PxP toner plant, various initiatives have been implemented based on the 3Rs of energy, i.e., reduce, reuse, recycle, to achieve the environmental goals. Among these efforts, the plant has utilized digital transformation (DX) technologies, such as data analysis and simulation, to visualize waste heat within the factory and attain an ideal heat balance. This led to the development of a water-source and air-source waste heat recovery heat pump system. The water-source waste heat recovery heat pump system has reduced GHG emissions by 363 tons annually, with a payback period of 3.8 years. The air-source waste heat recovery heat pump system has reduced GHG emissions by 406 tons annually, with a payback period of 4.9 years, thus providing both environmental benefits and economic viability.

* エトリア株式会社 GPT本部
GPT Division, ETRIA CO., LTD.

1. 背景と目的

1-1 リコーグループの環境経営

リコーグループでは「環境保全」と「利益創出」の同時実現を目指す「環境経営」を1998年に提唱しており「脱炭素社会の実現」「循環型社会の実現」を目指す環境目標を設定し環境経営を進めている。

IPCCなどの科学的知見やパリ協定などの国際的な合意を尊重し、バックキャスティングで設定した目標の達成に向けGreen House Gas（温室効果ガス、以降GHGと略記）排出量の削減活動を実施している。

具体的には2030年、2040年のスコープ1、2および2050年のスコープ3 GHG排出量削減目標を設定し、スコープ1、2については自社拠点における省エネ活動と再エネ電力の利活用による削減、スコープ3についてはサプライチェーン全体におけるGHG排出量の可視化と削減活動にグループ一丸となって取り組んでいる。

1-2 PxPトナー生産におけるGX推進

エトリア沼津事業所、東北事業所はリコーグループのGHG排出量の24%を占め、脱炭素社会の実現において重要な役割を担っている。その中でも、上記事業所で生産するPxPトナーは生産量も多く、それに応じてGHG排出量も多いため、リコーグループ全体の目標よりさらに高い2036年スコープ1、2実質ゼロを目標に活動を行っている。

具体的にはスコープ1については未利用熱、再生可能、非化石等へのエネルギー転換による排出ゼロ、スコープ2については継続的な省エネ活動、創エネの拡大活動を行い、残余排出は国際的に認められている方法でオフセットすることにより実質的に排出ゼロを達成する。

特にスコープ1の省エネ活動はFig. 1に示すエネルギーの3R（Reduce, Reuse, Recycle）の視点で活動を行っており、未利用で排出されているエネルギーを最大限に有効活用することを目指している。

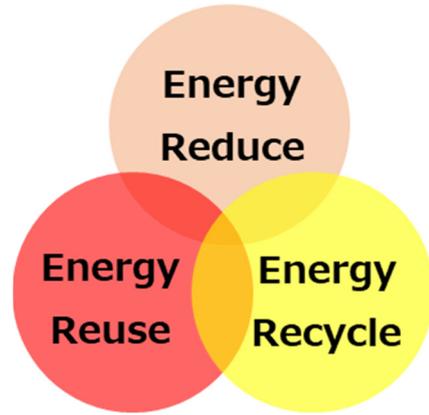


Fig. 1 3Rs of energy.

具体的なReduce事例としては排ガス処理方式の変更によるエネルギー使用量の低減、Reuse事例としてはMVR排水濃縮装置導入によるエネルギーの再使用、Recycle事例としては廃熱回収ヒートポンプによるエネルギーの再利用などがある。これらの事例を中心とした活動は社外より高い評価を頂き、経済産業省後援の2023年度省エネ大賞において省エネ事例部門産業分野で経済産業大臣賞を受賞した¹⁾。

1-3 PxPトナー生産における課題

PxPトナーはポリエステル重合を用いたケミカルトナーの一種であり、原材料投入から製品完成まで様々な加工工程を経て生産される。加工工程においては都市ガスや電力などのエネルギーにより加熱、冷却、加工等を行い多くのエネルギーを使用している。Fig. 2に示すようにエネルギー収支を見ると、インプットとして工場に投下されたエネルギーに対し、加工に使われているエネルギーは40%程度であり、残りの60%は水や空気の廃熱という形で外部に放出されていた。

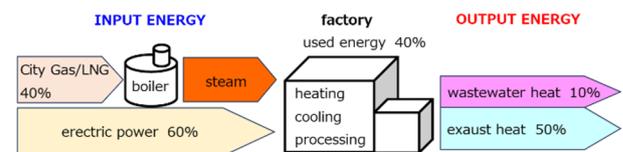


Fig. 2 Energy balance during PxP toner production.

そのため、廃熱の有効利用によるエネルギー利用効率の向上が課題であり、その解決手段として廃熱回収ヒートポンプが挙げられる。しかし、廃熱回収ヒートポンプの導入においても課題があり、それについては1-4節で述べる。

1-4 ヒートポンプの有用性と課題

ヒートポンプは、周囲から熱エネルギーを回収し、少ない電気エネルギーの投入で、大きな熱エネルギーを取り出す技術であり、GX戦略目標を達成する上で欠かすことができない省エネルギー技術である²⁻⁴⁾。

産業用ヒートポンプは高効率な電化技術であり、かつ、技術成熟度の高い技術であるため、産業部門の脱炭素化に向けて高い期待が寄せられている。

一方、産業用ヒートポンプの導入は期待されているほど進展していない。導入が進展しない課題として、①工場のニーズにマッチした製品仕様がないといった技術の適合性、②技術的に適合しても、経済合理性が満足できないといった経済性、③生産プロセスへの影響を懸念して導入に至らないといった信頼性、④技術、経済性の検証も含めて導入検討を担う人材の不足が挙げられている²⁻⁵⁾。

1-5 DX技術を活用した課題解決

本論文ではこれらの課題に対しDXを効果的に活用した。工場建屋内および製造プロセス内の数万点のセンサから得られる膨大な量のデータを活用し、高精度に分析、正確な予測を行えたことで、ヒートポンプに対する導入課題を払拭し、導入を実現した⁶⁾。

以下、第2章では沼津事業所PxPトナー製造プロセスに導入した水熱源廃熱回収ヒートポンプシステムについて、第3章では東北事業所トナー製造プロセスに導入した空気熱源廃熱回収ヒートポンプシステムについて説明する。第4章では活動の成果のまとめについて説明する。

2. 水熱源廃熱回収ヒートポンプシステムの展開

2-1 水熱源廃熱回収ヒートポンプの課題

水熱源廃熱回収ヒートポンプは熱源を水とする。Table 1に水と空気の熱伝導率を示す。水は空気と比較して20倍以上熱伝導率が高いため、水熱源廃熱回収ヒートポンプはより高いエネルギー消費効率Coefficient of Performance（以降COPと呼ぶ）が期待できるシステムであるが、この高いエネルギー消費効率を得られるようにするためには、廃熱回収に適した温度帯の水を確保し、かつ熱源となる水の近くにヒートポンプシステムを構築しなければならないという課題がある。

Table 1 Thermal conductivity of water and air.

物質	熱伝導率 [W/(m·k)]
水	0.561
空気	0.0241

2-2 環境効果と経済性を両立する対象プロセスの検討

廃熱回収ヒートポンプシステムの導入において、その最初のステップとして必要なのはターゲットプロセスの決定である。廃熱を回収し最大の環境効果を得るためには、廃熱が発生している工程と熱エネルギーを必要としている工程を見極め最適なターゲットプロセスを選定することが必要となる。選定する2つの工程の位置関係（相互の距離）は、配管の工事費用などの経済性の観点から非常に重要な要素である。そこでFig. 3に示すように工場内の廃熱の発生場所およびその発生量と、エネルギーを使用している工程の位置とその使用量を平面図に表したエネルギーマップを作成した。発生している廃熱と使用しているエネルギーの量を円の大きさとして表現し、平面図に配置することで、一目で熱の状況が分かる。

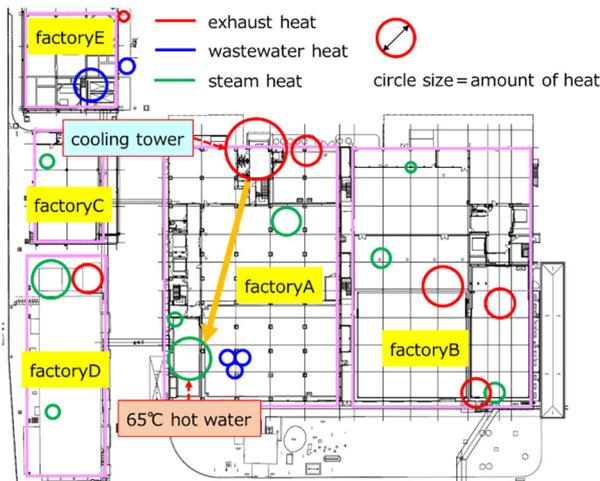


Fig. 3 Energy map showing the location and amount of waste heat.

効率的なヒートポンプシステムを構築するには、必要な熱量と廃熱量がなるべく同じであり、かつ、同一工場内での廃熱回収が効果的である。沼津事業所PxPトナー製造プロセスにおいては、このエネルギーマップにより、ターボ冷凍機で使用している冷却塔から発生している廃熱量と工程の加温のために蒸気を使用して65°C温水を作成しているプロセスの必要熱量が近く、同一工場内であることから、ヒートポンプを使用した廃熱回収の可能性があると構想を立てることが可能となった。

2-3 水熱源廃熱回収ヒートポンプシステム

Fig. 4は沼津事業所PxPトナー製造プロセスに導入したヒートポンプシステムである。従来プロセスでは、冷却塔と加温工程とは独立したプロセスとなっており、冷却塔で発生した廃熱は有効利用されることがなく、そのまま捨てられていた。今回導入したシステムではターボ冷凍機の冷却水の30°C程度の廃熱を水熱源としている。これをヒートポンプで回収し、熱交換器を通して65°Cの温水として加温工程に必要なエネルギーを供給している。また、蒸気投入による加熱ラインも併設している。蒸気による加熱とヒートポンプによる加熱をハイブリッド化することで、温度変動の激しいタイミングやヒートポンプの

みで熱量が足りない際にも対応可能なシステムとした。蒸気とヒートポンプのハイブリッド化については、2-4節で述べる。

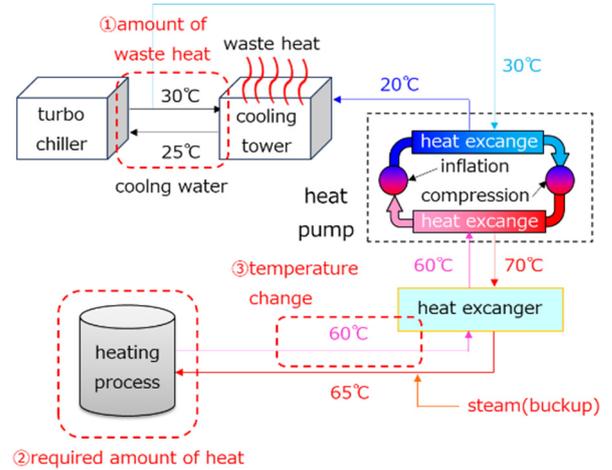


Fig. 4 Heat pump system for waste heat recovery of water resources.

2-4 ヒートポンプの適用可否の検討

2-4-1 技術の適合性

プラントユーティリティーの要求を満たしつつ、ヒートポンプを高効率で稼働するためにはFig. 4に示したように以下の①～③を満足する必要がある。

- ① 安定的に必要な量の廃熱が発生していること
- ② 安定的に熱を使用する工程があること
- ③ 熱変動に対する追従性が許容内であること

つまり、ヒートポンプにとって熱の供給と需要のバランスが取れ、かつ各熱の変動が装置の追従できる許容変化幅に収まっている時に理想的な効果を発揮することができる。これらを解決するためにDX技術を活用し計測、検証を行った。

Fig. 5はターボ冷凍機の冷却塔の循環流量と冷却塔入口、出口温度差をそれぞれ流量計、温度計より1秒間隔で取得したデータから算出した廃熱量で、5日間の連続データである。平均で1,436kW、最低で897kWの廃熱が常時発生していることが分かった。

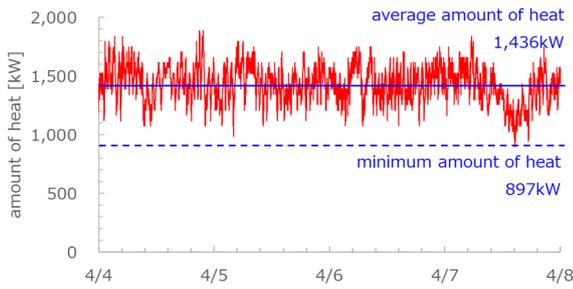


Fig. 5 Time series of waste heat from cooling towers.

Fig. 6は加温工程の循環流量と工程入口，出口温度差をそれぞれ流量計，温度計より1秒間隔で取得したデータから算出した必要熱量で，1ヶ月の連続データである．平均で419kW，最大で721kWの熱量が必要であることが分かった．

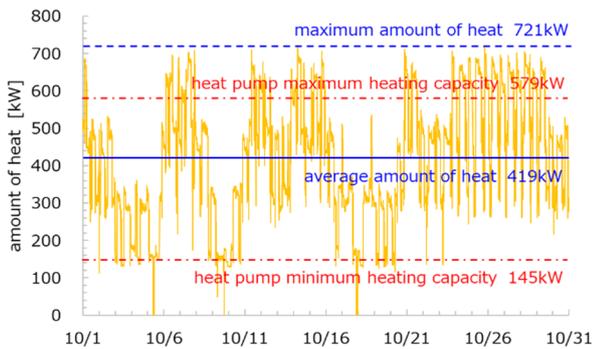


Fig. 6 Changes in heat demand for the heating process.

これらのデータより常時，必要熱量より廃熱量が多く，効果的に廃熱回収が可能であることが分かった．これによりヒートポンプとしては加温工程の加熱温度と加熱容量からコベルコ・コンプレッサ株式会社のHEM II-HRを選定した．HEM II-HRは温水出口温度70℃，冷水出口温度25℃で加熱能力は579kWであり，生産工程の必要熱量の大半をカバーできる一方でFig. 6のデータから一時的に熱量が不足するタイミングが発生することが判明したため，これを解決するためにヒートポンプによる加熱に加え蒸気による加熱のハイブリッド化システムを採用した．

また，HEM II-HRは温度追従性の制限として温水の温度変化を5.0℃/min以内にする必要がある．加温工程はタンクジャケットによる間接加熱を行っており，加温終了後，タンクジャケットに23℃の冷却水を流し冷却を行うとタンクジャケット内には23℃の冷却水が残る．そのため，再加温時に23℃の冷却水が65℃温水に混ざるため，温水の温度が急激に低下する．Fig. 7は65℃温水戻り温度を温度計で1秒間隔に取得したデータを示したもので最大で5.0℃/minの温度変化でありHEM II-HRの要求仕様を満足することが確認できた．

これらの解析の結果から廃熱量と必要熱量，および不足分を蒸気で補うハイブリッド構成にしたシステムで，想定通りの性能，結果を得られることが確認できた．

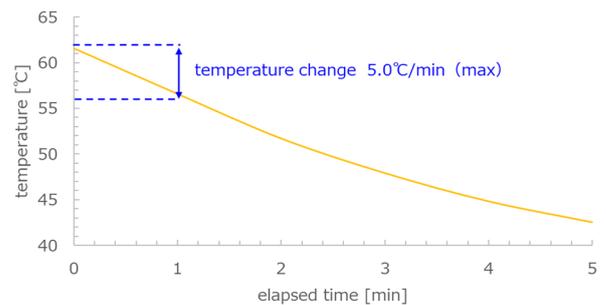


Fig. 7 Return temperature from 65℃ hot water supplied the heating water.

2-4-2 経済性

装置のCOPについては冷却塔の水温が外気温度により大きく変わるため，その影響を受ける．Table 2は冷却塔の水温による季節別の予測COPであり通年でのCOPは3.70と予測した．COPは加熱能力を消費電力で除したものであり，COPが高いほど消費エネルギー効率がよく，コストダウン金額も大きくなる．今回のヒートポンプシステムを構築する投資金額とCOP3.70におけるエネルギー削減によるコストダウン金額を算出した結果，投資回収期間予測は3.8年となった．一般財団法人ヒートポンプ・蓄熱センターおよび一般社団法人日本エレクトロヒートセン

ターの調査報告における温水ヒートポンプのモデル試算と比較しても十分投資回収期間は短く、十分な経済性を有することが分かった⁷⁾。

Table 2 Predicted COP.

季節/冷水温度	予測COP
冬 (20°C)	3.55
春, 秋 (25°C)	3.60
夏 (30°C)	4.00
通年	3.70

2-5 結果

2-5-1 信頼性

Fig. 8にヒートポンプ導入前後の加熱工程の65°C温水温度を1秒間隔で取得したデータを示す。ヒートポンプ導入前後で同等の温度プロフィールであり想定通りの熱の供給、追従性があることを確認した。

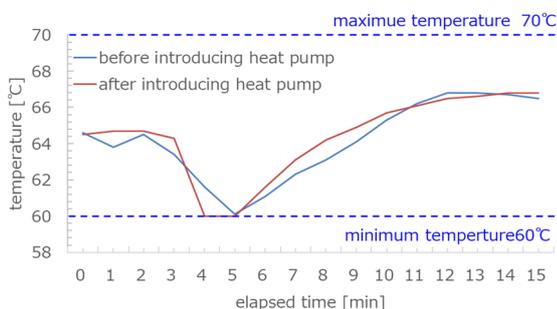


Fig. 8 65°C hot water profile before and after heat pump system installation.

Fig. 9には1秒間隔で取得したヒートポンプシステム導入前後の加熱工程内部の加熱温度を示す。製品品質を確保するためにヒートポンプ導入前後の温度プロフィールの差を±1°C以内にする必要があるが実際その差は最大で+0.2°C、-0.8°Cとなり要求を満たしていることが確認できた。

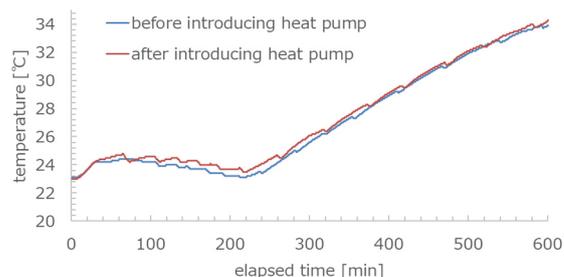


Fig. 9 Temperature profiles of the production process before and after the introduction of the heat pump system.

2-5-2 環境効果

ヒートポンプ導入による予測COPと実績COPをTable 3に示す。事前のデータ解析通り冷水温度によりCOPが変動することを確認した。通年のCOPについても事前の予測は3.70に対して実績は3.72となり高い精度で予測できていたことが確認できた。Fig. 10には環境効果を示す。結果として、対象工程の蒸気使用量は92%削減、CO₂を年間363t削減することに成功した。

Table 3 Forecasted COP vs. Actual COP.

冷水入温度	予測COP	実績COP
22.4°C	3.60	3.56
18.1°C	3.33	3.28
通年	3.70	3.72

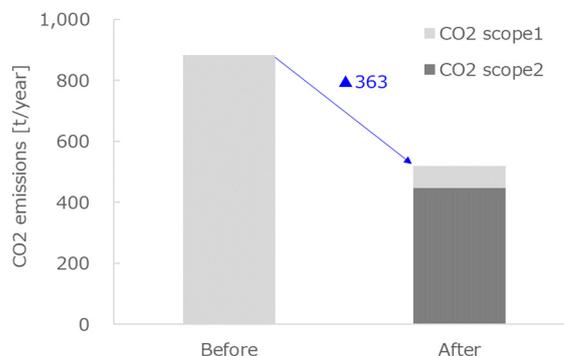


Fig. 10 CO₂ reduction.

3. 空気熱源廃熱回収ヒートポンプシステムの展開

3-1 空気熱源廃熱回収ヒートポンプの課題

空気熱源廃熱回収ヒートポンプは一般的に大気から熱を回収する。Fig. 11に空気温度と加熱COPの関係を示す。空気温度が、一般的な使用範囲である10～20℃前後であるとCOPは2.5～3.0前後となり、水熱源廃熱回収ヒートポンプと比較しCOPが低くなり効果が小さくなる。そのため、いかに高い温度の空気熱源から熱回収をし、COPを高くするかが重要となる。

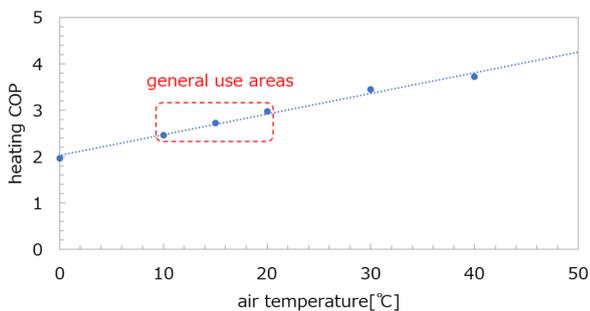


Fig. 11 Relationship between air temperature and heating COP.

また、空気熱源廃熱回収ヒートポンプは外気から熱源を取り込むため外気温度が低い場合、熱交換器で霜が発生し熱交換効率が低下する。一般的にはデフロスト（霜取り）運転を行うがデフロスト運転中は熱の供給ができなくなりCOPが低下する⁸⁾。よって、常に霜が発生しないように高い温度の外気を取り込み続けることが必要となる。これらの問題により国内では関東以北、国外では欧州等で空気熱源廃熱回収ヒートポンプの活用が進んでいない。

3-2 経済性と環境効果を両立する対象プロセスの検討

空気熱源廃熱回収ヒートポンプにおいても最初のステップとして必要なのはターゲットプロセスの決定である。今回はエトリア東北事業所のPxPトナー

製造プロセスにおいて2-1節と同じ考え方で検討を行った。Fig. 12に示すように、生産工程のブロワから発生している空気廃熱量と工程の加温のために蒸気を使用して65℃および85℃温水を作成しているプロセスの必要熱量が近く、工程の距離も近いことから、ヒートポンプを使用した工場内の廃熱活用の可能性があることが分かった。

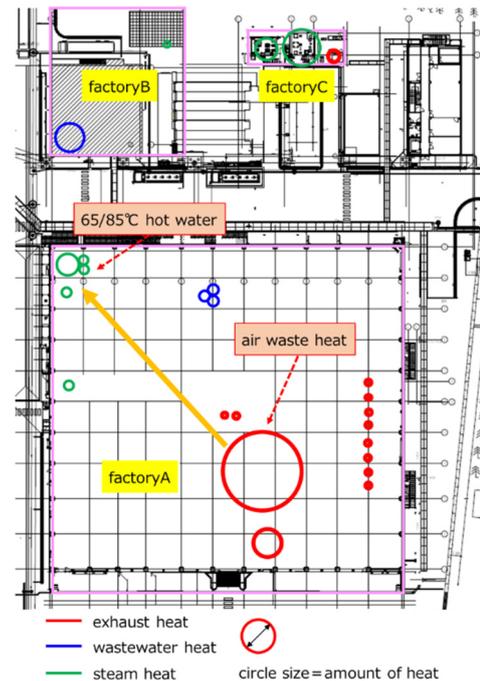


Fig. 12 Energy map showing the location and amount of waste heat.

3-3 空気熱源廃熱回収ヒートポンプシステム

Fig. 13は東北事業所PxPトナー製造プロセスに導入したヒートポンプシステムである。従来プロセスでは、生産工程から発生する排熱は有効利用されことなく、工場の屋上に設けられた小屋（建築用語ハト小屋）を経由して外部に捨てられていた。今回、生産工程から発生する45℃程度の廃熱と外気をハト小屋で混合し空気熱源としている。これをヒートポンプで回収し熱交換器を通して、65℃の水として、高温プロセスに必要なエネルギーを供給している。85℃温水作成プロセスに対しては70℃の水を直接補給することでエネルギー供給をしている。また、水

熱源廃熱回収ヒートポンプシステムと同様に蒸気投入による加熱ラインを併設している。蒸気による加熱とヒートポンプによる加熱をハイブリッド化することで、温度変動の激しいタイミングやヒートポンプのみで熱量が足りない際にも対応可能な設備とした。蒸気とヒートポンプのハイブリッド化については次節で説明する。

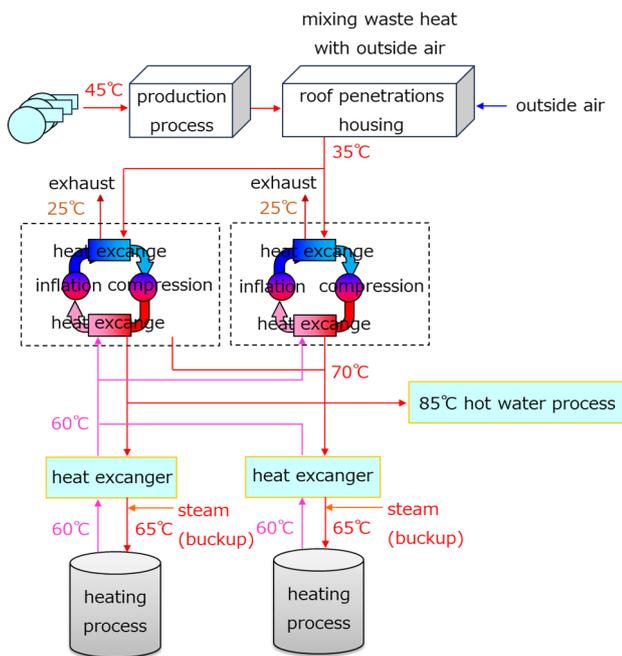


Fig. 13 Heat pump system for waste heat recovery of air resources.

3-4 ヒートポンプの適用可否の検討

3-4-1 技術の適合性

空気熱源廃熱回収ヒートポンプは前項のヒートポンプと同じく安定的な熱の供給と需要のバランスを取ることが必要となる。これらを解決するために水熱源廃熱回収ヒートポンプシステムと同様にDXを活用し計測、検証を行った。

Fig. 14は生産工程のブロウから発生している廃熱温度を1秒間隔で取得した1ヶ月の連続データで、平均45°Cの廃熱が発生している。また、最低でも37°Cであり常にヒートポンプへ温風を取り込むことが可

能となりデフロストの必要なく効率的な稼働が見込めることが分かった。

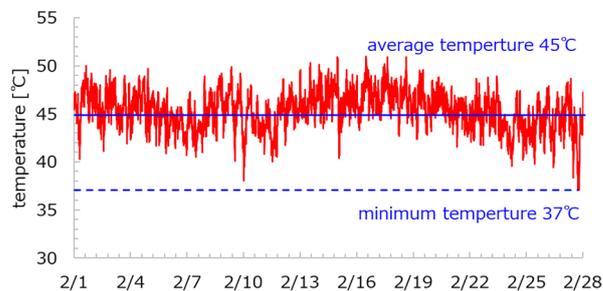


Fig. 14 Time series of waste heat temperature generated from the blower in the production processes.

Fig. 15は加温工程の循環流量と工程入口、出口温度差をそれぞれ流量計、温度計より1秒間隔で取得したデータから算出した必要熱量で、1ヶ月の連続データである。平均で384kWの熱量が必要であることが分かった。

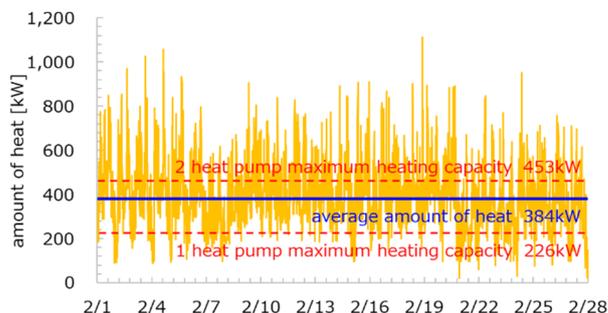


Fig. 15 Changes in heat demand for the heating process.

これらのデータより空気廃熱温度と加温工程の必要な加熱容量からコベルコ・コンプレッサ株式会社のHEM-3WAYを選定した。HEM-3WAYは市場に流通している最大級の加熱能力を有する空気熱源ヒートポンプであり、外気温度35°C、温水温度70°Cで226kWの加熱熱量となる。Fig. 15より、加温工程の必要熱量は平均で384kWであり装置1台では十分な熱量を供給できないため、2台の導入を検討した。ヒートポンプを2台導入する場合の要求仕様として外気温度は40°C以下、風量が86,000m³/h以上が必要

となる。Fig. 14の廃熱の風量は25,200m³/hであり要求仕様に対し不足しているため、ハト小屋で廃熱と同時に外気や建屋内の排気を取り込んで風量を確保する必要がある。ただし外気を取り込んだ場合、外気と廃熱が均一に混ざらずにデフロストが発生することによるCOP低下のリスクがある。ハト小屋の機能は建物屋根の雨仕舞であるため、廃熱と外気の混合機能はない。そのため、廃熱と外気が均一に混ざらない可能性が十分にあった。

それに対して設備導入前に熱流体シミュレーションによる検証を行った。Table 4には熱流体シミュレーションの条件を示す。最も廃熱と外気の温度差が大きい冬季を想定した条件となる。

Table 4 Conditions for thermal fluid simulation.

項目	温度 [°C]	風量 [m ³ /h]
ブロワ廃熱	45	25,200
建屋内排気	11	54,000
外気	5	6,800
合計 (理論値)	20	86,000

Fig. 16には改造前のハト小屋の構造図、Fig. 17に改造前の熱流体シミュレーション結果を示す。ヒートポンプ入口温度が13~15°Cで、理論値である20°Cよりも低くなる結果となった。ヒートポンプ入口と外気吸い込み口が近いため、温度の低い外気を優先的に吸い込んでしまい空気熱源を効率的に吸い込めないことが分かった。

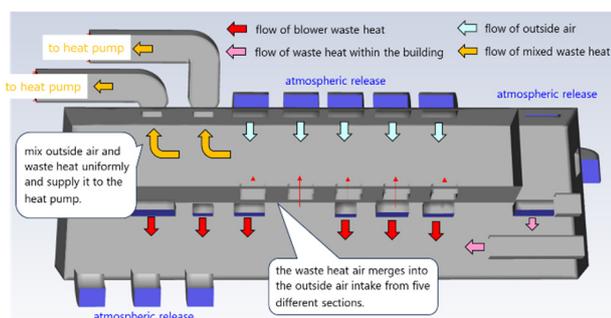


Fig. 16 Structural diagram of the roof penetrations housing before remodeling.

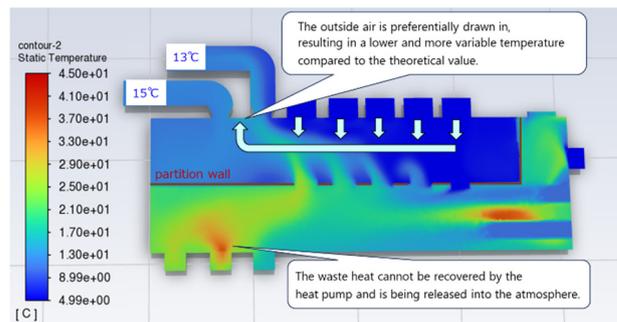


Fig. 17 Thermo fluid simulation results before remodeling.

これを解決するために対策として吸気ダクト位置の変更、邪魔板の追加等により空気熱源と外気を均一に混合する仕様を検討した。Fig. 18は改造後のハト小屋の構造図、Fig. 19は改造後の熱流体シミュレーション結果を示す。ヒートポンプ入口温度が20°Cとなり理論値と合致した。これにより、廃熱と外気を均一に混合し、安定的な廃熱を供給することが可能となった。

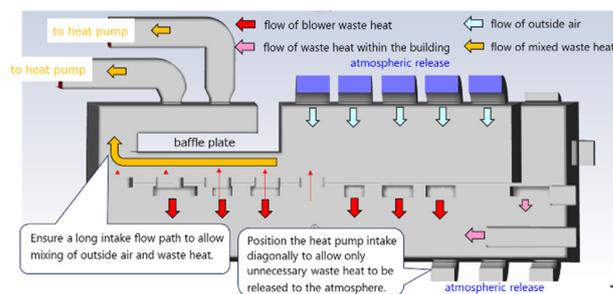


Fig. 18 Structural diagram of the remodeled roof penetrations housing.

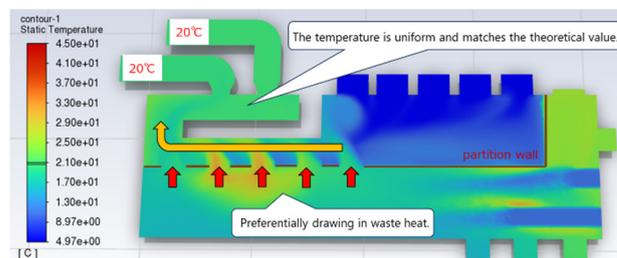


Fig. 19 Thermal fluid simulation results after remodeled.

3-4-2 経済性

装置のCOPについては外気温度により大きく変わるため、その影響を受ける。Table 5は外気温度別の予測COPであり通年でのCOPは3.23と予測した。この結果より投資金額とエネルギー削減によるコストダウン金額を算出した結果、投資回収期間予測は4.9年となった。2-4-2節で述べた通り、十分な経済性を有することが分かった。

Table 5 Predicted COP.

外気取込温度	予測COP
冬 (5℃)	2.98
夏 (30℃)	3.48
通年	3.23

3-5 結果

3-5-1 信頼性

Fig. 20にヒートポンプ導入前後の加温工程の65℃温水温度を1秒間隔で取得したデータを示す。ヒートポンプ導入後の温度ばらつきは導入前より改善し、熱の供給、追従性があることを確認した。

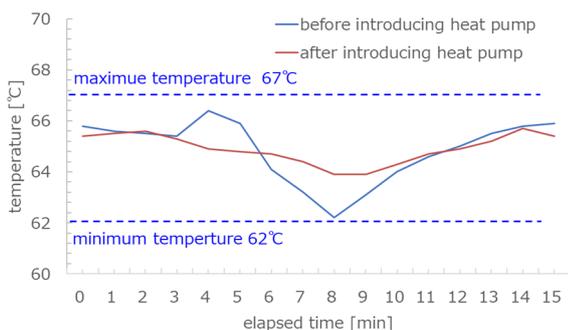


Fig. 20 65°C hot water profile before and after heat pump system installation.

Fig. 21には1秒間隔で取得したヒートポンプシステム導入前後の加温工程内部の加熱温度を示す。求められる仕様は前項と同じく温度プロフィールの差を導入前後で±1℃以内にする必要があるが、実際

その差は最大で+0.9℃、-0.5℃となり要求を満たしていた。

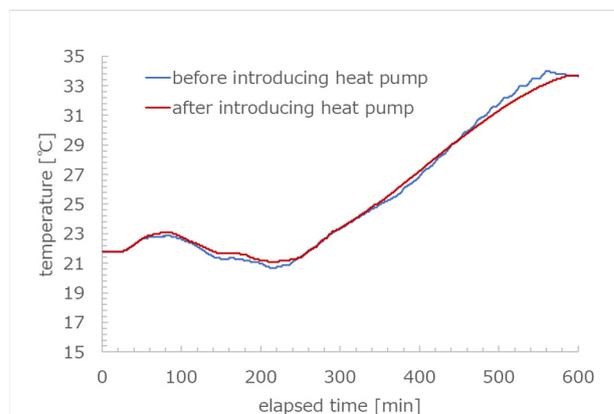


Fig. 21 Temperature profiles of the production process before and after the introduction of the heat pump system.

3-5-2 環境効果

ヒートポンプ導入による効果を示す。4月の外気温度で廃熱温度は32℃、COPは3.3となり、高いCOPで稼働することに成功した。冬季においても廃熱温度は25℃前後になる見込みであり年間を通してCOP3.0以上で稼働できる見込みである。

Fig. 22には環境効果を示す。結果として、対象工程の蒸気使用量は86%削減、CO2を年間406t削減することに成功した。

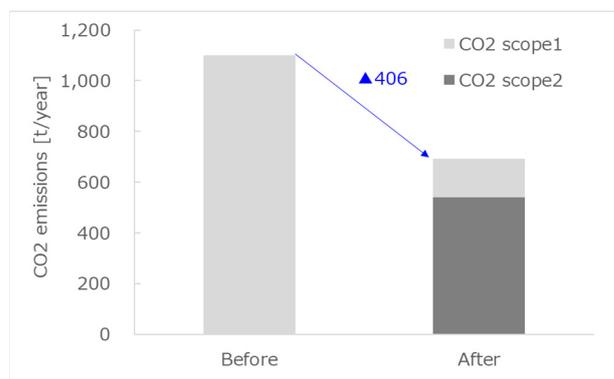


Fig. 22 CO2 reduction.

また、一般的に寒冷地において空気熱源廃熱回収ヒートポンプはデフロストの頻発により稼働が困難なことから普及が進んでいないが、本事例では寒冷地において年間を通して高いCOPを維持した空気熱源廃熱回収ヒートポンプの稼働を実現した。

4. 活動の成果とまとめ

上記のヒートポンプシステムの導入により得られた効果を以下Table 6, 7に示す。

Table 6 Effect of water source heat pump system.

項目	効果
CO2削減量	363t-CO2/年
蒸気使用量	92%削減
投資回収	3.8年

Table 7 Effect of air source heat pump system.

項目	効果
CO2削減量	406t-CO2/年
蒸気使用量	86%削減
投資回収	4.9年

DXを活用し、平均のデータだけでなく負荷変動による最大、最小データに時系列の要素も考慮した解析を行うことで最適なヒートポンプの選定と負荷変動にも対応したシステムの構築を可能とした。最適なヒートポンプシステムを確立することにより投資を抑制することも可能とし、投資回収期間は水熱源廃熱回収ヒートポンプシステムで3.8年、空気熱源廃熱回収ヒートポンプシステムで4.9年となり、経済性を確保することにも成功した。

今後は、2050年のスコープ1, 2のGHG排出量実質ゼロを目指しさらにより高度な廃熱回収技術などエネルギーの3Rを軸とした施策を進めていくとともに、スコープ3としてはGX技術の展開範囲を拡大しグループ内からお客様まで含めたサプライチェーン全体での革新を目指し活動を進める。そしてこれ

らを支える技術として、いっそうのDX活用を進めていく考えである。

謝辞

本技術開発を進めるに当たり、コベルコ・コンプレッサ株式会社様においては多くのご協力を賜りました。この場をお借りして深くお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 一般財団法人省エネルギーセンター: 2023年度(令和5年度)省エネ大賞受賞者の決定について, <https://www.eccj.or.jp/bigaward/winner23/index.html> (accessed 2024-09-19).
- 2) 甲斐田武延: 産業部門のヒートポンプの社会実装強化に向けた考察—技術開発から技術展開へ—, 電力経済研究, No. 69, pp. 130-137 (2023).
- 3) 浜屋敷毅: 産業用ヒートポンプ活用による省エネルギーの取り組みの現状, 月刊「省エネルギー」(2020).
- 4) 内山洋司, 中谷真幸: 産業電化が導くカーボンニュートラルの未来, 日本電磁波エネルギー応用学会機関誌, 7巻, 1号, pp. 1-9 (2022).
- 5) 向井登志広: 産業部門における電化バリアと課題—国内製造業を対象としたアンケート調査—, 電力経済研究, No. 69, pp. 118-129 (2023).
- 6) 武政奨ほか: ケミカルトナープラントにおけるデジタルトランスフォーメーション, *Ricoh Technical Report*, No. 45, pp. 57-64 (2023).
- 7) 一般財団法人ヒートポンプ・蓄熱センター/一般財団法人日本エレクトロヒートセンター: 産業用ヒートポンプ導入に関する調査報告, https://www.hptcj.or.jp/Portals/0/data0/press_topics/2024NewsRelease/20240605%20News%20Release%20GaiyouBan.pdf (accessed 2024-09-19).
- 8) 高倉直: 温室のヒートポンプ暖房を正しく理解するために, 農業および園芸, 84巻, 7号, pp. 692-696 (2009).