

「ヒートポンプ」導入は今はチャンス！ 検討ポイント・事例・コスト分析・補助金

深澤 篤志（ふかさわ あつし）ほっとコンサルティング株式会社 代表取締役社長

要約 2023年改正省エネ法において、日本政府は再エネ導入拡大と併せて電化・水素化を推奨。ヒートポンプでの電化は、熱の脱炭素化の切り札的な対策であるが、導入にはポイントを押さえた検討が必要である。また、昨今のエネルギー費の高騰はヒートポンプ導入効果を一層高めており、各種補助金の充実により導入ハードルは低下している。検討のポイントや最新の導入事例も含めて解説する。

1. はじめに

世界的な脱炭素への波は、大企業のTCFDやSBT参加で大きさ・速度を増し続けている。

エネルギーの脱炭素は、電力と熱に分けて考える必要がある。電力については太陽光発電等の再生可能エネルギー（再エネ）を導入し、グリーン電力を購入すれば対応が可能であるが、熱に関しては課題が多い。熱、すなわち燃料（ガスや油）は燃焼に伴いCO₂を排出する。燃焼におけるCO₂を削減することは非常に困難であるが、熱を電力で作ることができれば、電力の脱炭素化を進めることで熱も脱炭素化が可能である。

100℃以下の熱を電力で効率よく製造するヒートポンプ。ヒートポンプの導入がカーボンニュートラルな世界実現のカギを握っていると言っても過言ではないのである。

2. 改正省エネ法でのヒートポンプ役割

2023年4月に施行予定の改正省エネ法は、エネルギーの捉え方を大きく改正するものであり、対象とするエネルギー範囲が化石燃料のみから再エネ等も含む全てのエネルギーへの変更となる。まさに2050年カーボンニュートラルを強く意識した改正であり、その中でもヒートポンプ（電化）への大きな期待が感じられる。

2.1 改正省エネ法が示す脱炭素の方向性

改正省エネ法は、非化石エネルギーへの転換の促進が改正の趣旨である。需要側の改正内容としては、①太陽光発電等の再エネの導入と蓄電池での電力需要の最適化、②製造プロセスの電化・水素化であり、電化推進の施策として電力の原油換算係数が9.76から8.64に変更される。係数の変更分だけで、電化の省エネ効果が12%アップするため、電化がさらに推進されていくであろう。

現在技術が確立されている太陽光発電やヒートポンプを最大限導入することで、電力・熱の脱炭素化を最大限促進し、それでも削減することのできない部分については、電力であればCO₂クレジット等の環境価値を購入し、熱であれば将来的に再エネ由来の水素を使用することが、日本の脱炭素の方向性であろう。

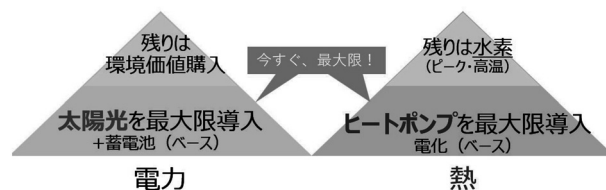


図1 改正省エネ法が示す日本の脱炭素化

2.2 脱炭素の正しい取組

環境省の「長期低炭素ビジョン」にもあるように、日本のCO₂削減の方向性は以下の3つの行動である。

1つは「エネルギー消費量の削減」すなわち省エネであり、徹底した省エネが前提となる。

2つは「エネルギーの低炭素化」であり、電力では太陽光発電等の再エネ導入、熱では燃料転換や水素化である。

3つは「利用エネルギーの転換」であり、自動車で

あればガソリン車から電気自動車にシフト、熱であればボイラーからヒートポンプにシフトである。ガスや油等の化石燃料は脱炭素の手段がほぼ無い。ヒートポンプで熱を製造すれば、ボイラーで使用する化石燃料は削減され、さらにヒートポンプで使用する電力を再生エネ等のCO₂ゼロ電力にすれば、ヒートポンプが作る熱もCO₂ゼロとなる。

3. ヒートポンプ導入検討の3つのポイント

ヒートポンプは大きなCO₂削減効果が見込める設備だが、最適なシステム設計を行わないと性能を発揮することができない。ヒートポンプ導入検討に必要な3つのポイントについて説明する。

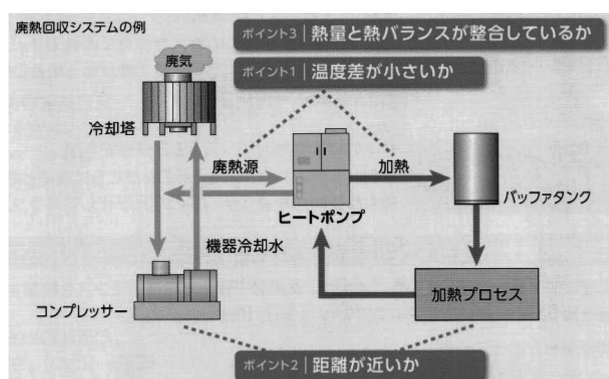


図2 ヒートポンプ検討3つのポイント

3.1 温度差が小さいか

ヒートポンプは廃熱源から熱を奪い加熱する。この廃熱源と加熱の温度差が小さいほど効率が高くなる。以下、例を記載する。

例①廃熱源：冷水7℃ 加熱：殺菌温水90℃

温度差：83℃ ⇒ 大きな温度差 効率×

例②廃熱源：冷却水30℃ 加熱：洗浄温水60℃

温度差：30℃ ⇒ 小さい温度差 効率○

3.2 距離が近い

廃熱源から熱回収し加熱をおこなうため、廃熱源と加熱先を配管で接続する。単純に距離が近いほうが工事費を小さくすることができるため、極力コンパクトな配置設計を心がけたい。距離の目安としては100m以内が一つの基準となろう。

3.3 熱量と熱バランスが整合しているか

ヒートポンプは廃熱源からの熱回収と加熱を同時におこなう。よって、時間帯や季節等で廃熱源と加熱の

タイミングが一致しないとヒートポンプの運転ができない。また、「廃熱回収量+ヒートポンプ消費電力=加熱量」の関係となるため、加熱量のほうが若干大きい程度でほぼ同量の廃熱量・加熱量が好ましい。

タイミングや熱量バランスについてはヒートポンプに適さない既存設備状況であることも多い。その場合は、複数の廃熱源や加熱先を組み合わせバッファータンクを設置するなどして、ヒートポンプを安定稼働させるシステム構築も可能である。

3.4 ハイブリッド化

ヒートポンプは強み（高い環境性）と弱み（熱バランス・高価）があるため、既存設備の代替として導入するよりも既存設備とのハイブリッド設置したほうが費用対効果が良くなる場合がある。

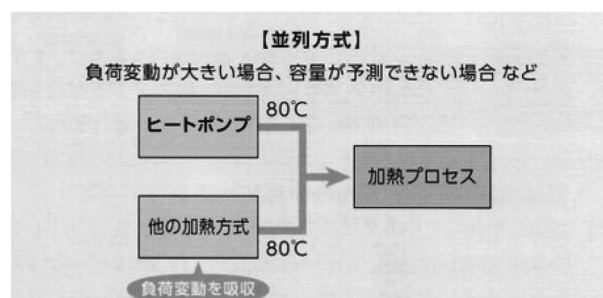


図3 ハイブリッド「並列方式」

「並列方式」は既存設備とヒートポンプを並列設置する。ベース負荷をヒートポンプが担当し、ピーク負荷をボイラー等の既存設備が処理する。これにより、ヒートポンプの能力を小さく抑え、運転時間を長くすることが可能となり、投資回収年数を短くすることができる。

例としては、定常負荷（ベース負荷）分の能力でヒートポンプを選定し、立ち上げ負荷（ピーク負荷）を既存の蒸気ボイラーで処理するものである。

さらに、冷温同時ヒートポンプをベース機として、冷水製造とボイラー給水予熱をおこない、汎用チラーでピーク負荷を処理するのも並列方式である。

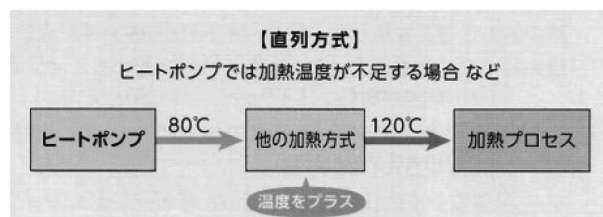


図4 ハイブリッド「直列方式」

「直列方式」は、得意とする100℃以下の温度域の

みをヒートポンプが加熱（予熱）し、不足分の温度をボイラー等の既存設備が追い焚きするものである。ヒートポンプが得意な温度域のみを担当するので、高い効率での運用が可能となる。

4. ヒートポンプ導入コスト分析

省エネ設備の導入可否判断について、従来は投資回収年数で判断する企業が大半であり、企業により違いはあるものの概ね3～7年を下回れば導入するというものであった。2年前のエネルギー価格が安定していたころのヒートポンプの投資回収年数は5～8年程度であり、企業の投資判断基準をクリアできない場合も多かった。

表1 ヒートポンプ導入コストの変化

	2020/11	2022.9	備考
電力単価[円/kWh]	13.6	24.19	高騰率178%
ガス単価[円/m ³]	44.16	113.07	高騰率256%
導入前ガス代[百万円]	14.9	38.2	
導入後電気代[百万円]	8.1	15.2	
削減コスト[百万円]	6.3	22.9	
エネルギー削減量[kl]	233.2	233.2	変化なし
CO ₂ 削減量[ton]	495.2	495.2	変化なし
参考投資回収年[年]	7.9	2.2	

試算条件（温水55～65℃、熱源水温度30～25℃）

ヒートポンプ能力	564.5kW	運転時間	18h/日	原油換算係数（都市ガス）	1.161kl/千Nm ³
加熱能力	453.8kW	運転時間	300日/年	原油換算係数（電力）	0.254kl/千kW
冷却能力	110.7kW	都市ガス熱量	40.6MJ/Nm ³	CO ₂ 換算係数（都市ガス）	2.277TON/千Nm ³
HFC消費電力	6.3kW/台	熱効率	80%	CO ₂ 換算係数（電力）	0.434TON/千kwh
運転消費電力	1				

エネルギー高騰の影響で、ヒートポンプの投資回収は大幅に改善！

しかし、昨今のエネルギー価格高騰はヒートポンプ導入に追い風となっている。電力は増えるものの化石燃料を大きく削減するヒートポンプは、投資回収年数が2年前と比べて減少している。2年前と現在を比較すると、ヒートポンプの投資回収年数は7.9年から2.2年に改善している。（都市ガスおよび高圧電力の場合）

化石燃料は2028年からの炭素税導入も決定しているため、今後もこの傾向は続いていくと見込まれる。

5. 導入事例

最新のヒートポンプ導入提案事例を6件ご紹介する。

5.1 温水・冷水の同時製造

麺や豆腐製造のように「茹で」と「冷却」を連続でおこなう工程はヒートポンプの導入が可能である。

温水と冷水の同時製造をおこなう場合、廃熱源（冷水）と加熱先（温水）の温度差が大きくなり、3.1の記載と反することになる。しかし、既存冷水チラーの省エネ効果も発生するため、CO₂削減やコストメリットが大きくなる場合もある。

食品のように製品の汚染防止が必要な場合や製品破損での水質悪化が予想される場合は、熱交換器を挿入し、間接加熱・冷却をおこなう。

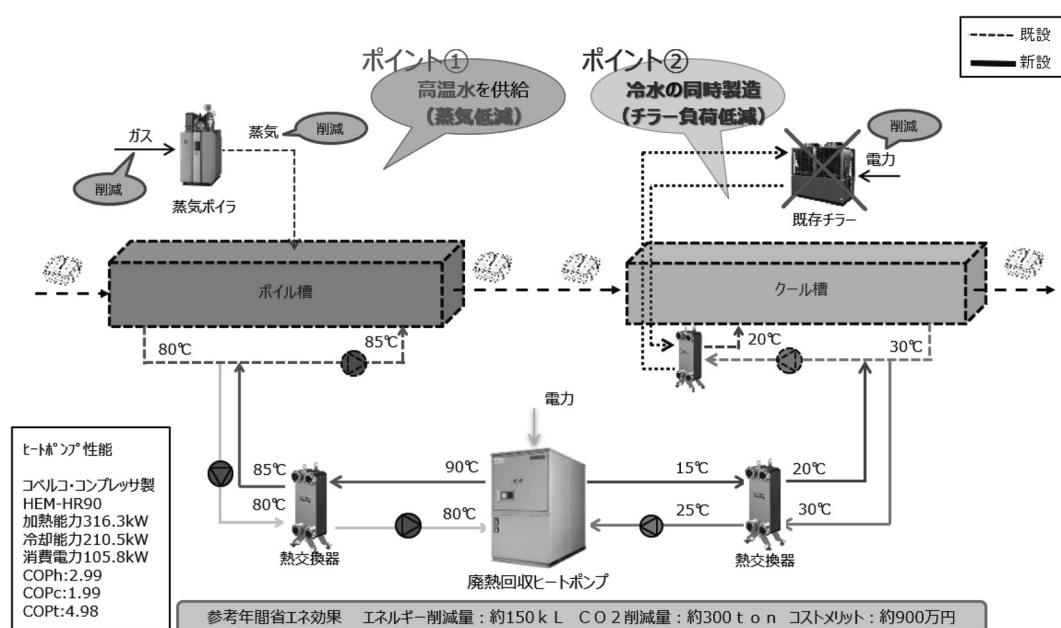


図5 導入事例 温水・冷水の同時製造

5.2 乾燥（水熱源式）

印刷機、ラミネーター・コーター、スプレードライヤー等の乾燥機は、熱風で製品を乾燥させている。ヒートポンプで120℃までの熱風を製造することができ、特に吸気外気予熱への導入が有効である。

水熱源式の場合、2種類の熱源が使用できる。一つはチラー冷水からの熱回収であり冷温同時製造となり、省エネメリットを大きくすることが可能である。もう一つは水冷コンプレッサー等の冷却水からの熱回収であり、加熱側の効率を高く運用することができる。

ヒートポンプで製造した熱風は既存の蒸気ヒーターの上流に供給することで不足する温度を既存設備で追い焚きする。万が一のヒートポンプ故障時は既存蒸気ヒーターによる即時バックアップが可能で、安心なシステム構成となる。

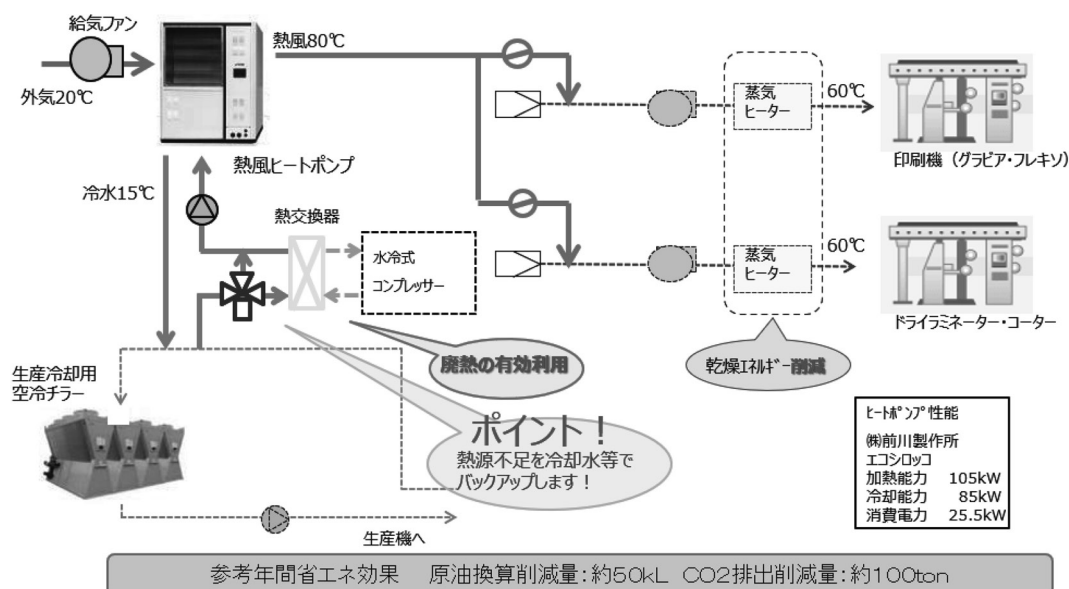


図6 導入事例 乾燥（水熱源式）

5.3 乾燥（空気熱源式）

空気熱源式は周辺空気から熱を回収するヒートポンプで、シンプルな構成のため比較的計画が容易である。

室外機で熱回収、室内機で60～90℃の熱風を供給し、乾燥プロセスの省エネが可能である。既存外気ダクトにバイパスする形で設置をおこなうため、万が一の故障の場合でも生産に影響を与えにくい安心なシステム構成である。

室外機での周辺空気熱回収という特徴を生かし、年間暑い生産室やコンプレッサー室に設置すれば、室外機が周辺空気熱回収すなわち冷房機として使用することができる。室内の冷房と乾燥加熱の冷温同時使用も可能なのである。その冷房効果は一般的なスポットエアコン10台程度に相当する。

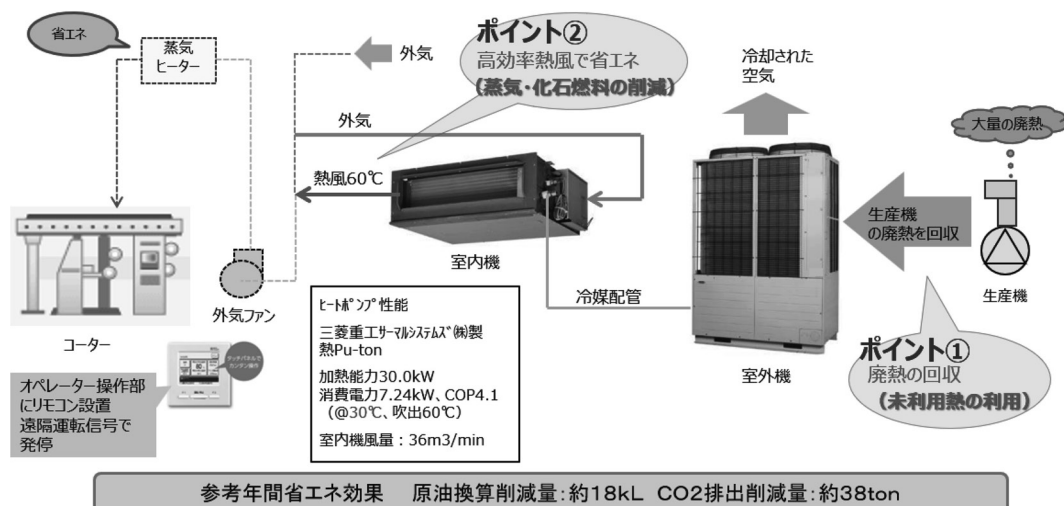


図7 導入事例 乾燥（空気熱源式）

5.4 クリーンルーム

クリーンルームは一定の温湿度を維持するために、冷水で除湿、温水で加熱をおこない、常時冷水温水を同時使用し大量のエネルギーを消費している。

ヒートポンプは、冷水の還り水から熱回収するためチラーの負荷が低下しエネルギー使用量が減少する。回収熱を利用し、温水の還り水に必要なだけ温度を加えることで、ボイラーのエネルギー使用量も減少させる。

某医薬品製造企業では、ヒートポンプ導入後の優れた省エネ効果を認めて頂き2台目の導入も実施頂いた。現在、3台目導入の検討中である。

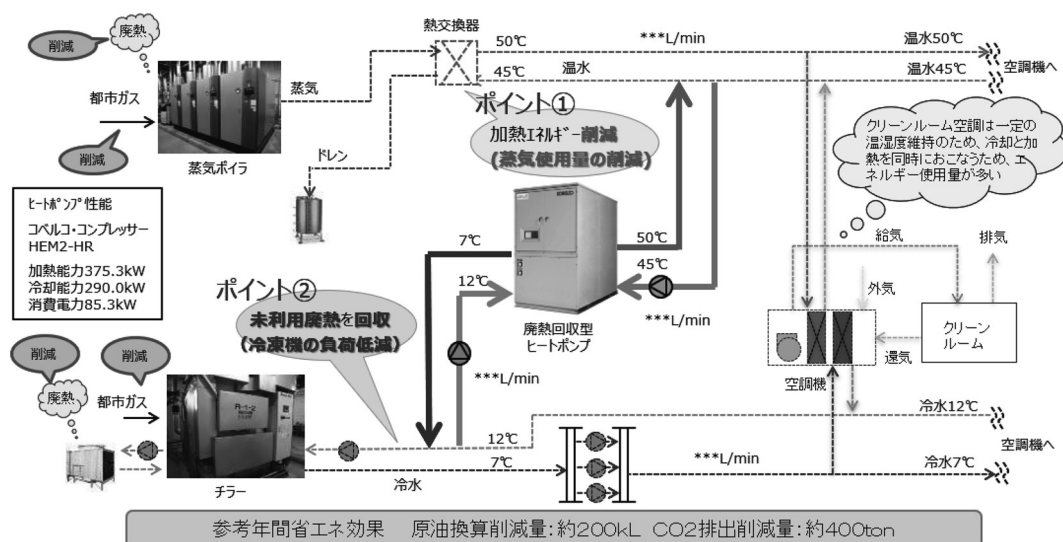


図8 導入事例 クリーンルーム

5.5 給湯

宿泊施設、温浴施設、老健施設、工場等の給湯をおこなう施設は、ガス・油等の化石燃料をボイラーで燃焼して湯を製造している。

昨今のエネルギー価格高騰や脱炭素の対策に、給湯のヒートポンプ化は有効である。

エコキュート式のヒートポンプで65℃貯湯・供給する。給湯還り管は放熱ロスにより温度低下するため、循環式のヒートポンプで保温をおこなう。2つの方式のヒートポンプを活用することで、効率の高いシステム構築が可能である。

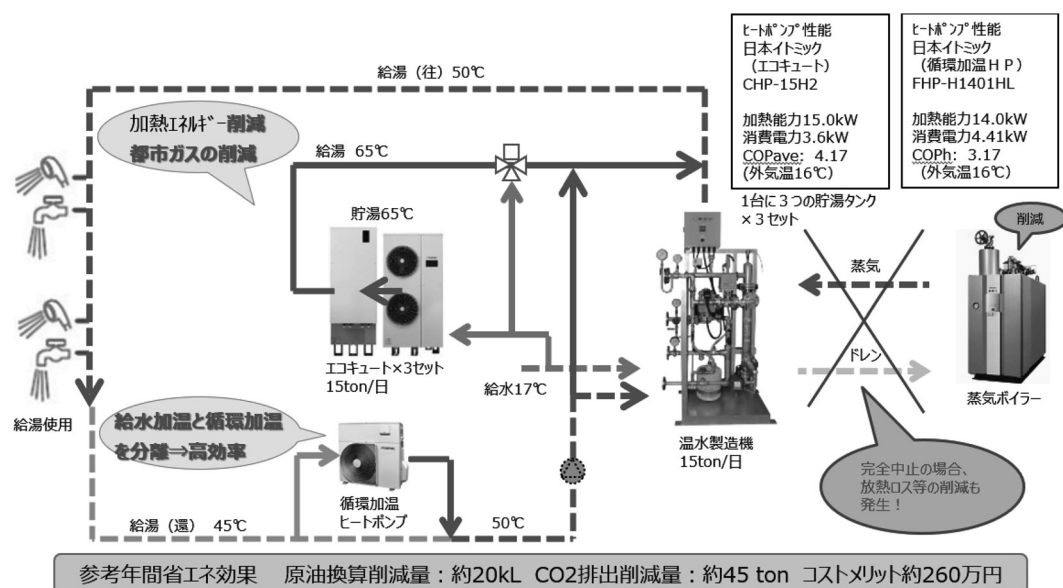


図9 導入事例 給湯のヒートポンプ化

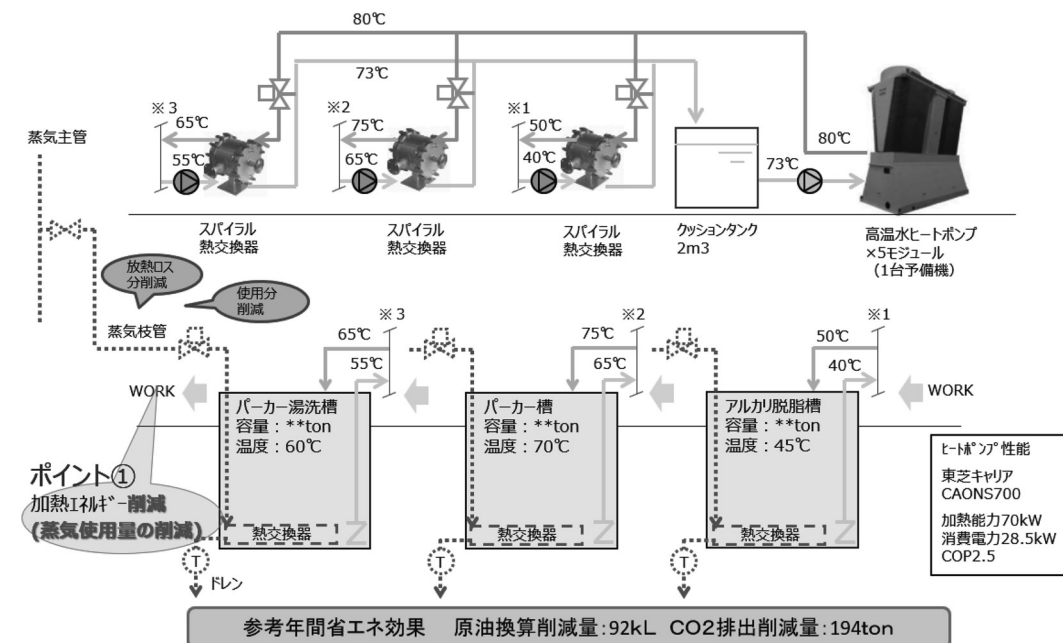


図 10 導入事例 塗装前処理

5.6 塗装前処理

金属製品は塗装前に表面処理をおこない、塗装品質を向上させている。表面処理は複数の水槽にて洗浄・脱脂・化成処理等を液温 50～70℃ 程度でおこなう。液の加熱は蒸気でおこなうが、この温度域の場合ヒートポンプで十分加熱が可能である。

循環式ヒートポンプで温水を製造し、水槽ごとの熱交換器と温調設備で加熱をおこなう。

ヒートポンプで蒸気使用を完全に中止できると、蒸気配管からの放熱ロスやドレンロスを無くすることが可能なため、大きな CO₂ 削減効果が見込める。

6. 補助金の活用

ヒートポンプ導入には各種省エネ補助金の活用が可能である。主な補助金をご紹介します。

「先進的省エネルギー投資促進支援事業」経産省
概要：省エネ設備導入費用への補助、多様な申請枠組みがあり、企業・設備に応じた申請が可能。2023 年春より予算規模拡大で活用が容易になった。
補助率：1/2～1/3（企業規模や枠組みによる）

「SHIFT 事業（工場・事業場における先導的な脱炭素化取組推進事業）」環境省
概要：CO₂ 削減のための設備導入費用への補助
補助率：1/3（設備更新補助）

7. ほっとコンサルティングの取組

CO₂ 削減計画策定、ヒートポンプ等の設備導入、CO₂ 算定等の脱炭素経営導入を支援。脱炭素エンジニア・経営コンサルとして、実現可能な伴走支援をモットーとしている。



図 11 ほっとコンサルティング事業案内

8. おわりに

熱の脱炭素で注目のヒートポンプ。エネルギー価格高騰や法改正などを追い風に、本格的な導入フェーズに入った。導入検討の一助になれば幸いである。

参考文献

一般社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活用ガイド／2022 年 3 月