

●（一財）省エネルギーセンター最優秀賞 ● 改修設備部門

ヒートポンプを用いた 焼入洗浄槽のCO₂排出量低減

設備施工者：三菱重工冷熱(株)

設備所有者：トヨタ自動車北海道(株)

設備の概要

名 称 トヨタ自動車北海道株式会社 第4工場

所在地 北海道苫小牧市字勇払145-1

概 要 建屋：地上 延床面積：89,000m²

構造：S造 用途：工場



建物外観

1. 技術開発の目的と経過

目的：焼入洗浄槽の蒸気レス化を目的とし、焼入炉から工場内の空気中へ放熱される排熱を空気熱源式ヒートポンプ「キュート

ンサーキュレーション」で回収して温水製造し、焼入洗浄槽の加温用熱源として利用する。これにより省エネルギー化とCO₂排出量削減を狙う。

経過：2021年4月～（設計、検討等）：工場全体の省エネ・CO₂削減を検討する中で、化石燃料を多く使用する生産設備の熱源をターゲットの1つとして抽出。洗浄槽の熱負荷を定量的に把握し、ヒートポンプ機器の容量選定、動作回路、および効果的な設置場所の検討を行った。また、想定されるCO₂削減効果について試算を実施した。

2022年2月～（試運転、引き渡し等）：2月上旬に試運転を実施し、2月末にお引き渡しを完了した。一方、CO₂削減効果を確認するためシーケンサーに取り込んでいる各計測データの分析を実施した。

2. 設備・システムの概要

1) 既設設備の概要

自動車部品の製造で使用する焼入洗浄槽ラインの前洗浄槽と後洗浄槽の加熱熱源として、エネルギーセンター（集中熱源）に設置されている重油ボイラとガスボイラにより製造された蒸気を使用している。また、エネルギーセンターと当該設備は離れた位置関係にあるため、エネルギー損失が発生している。

2) 改修設備の概要

図1に設備フローを示す。今回の改修では実線部を増設した（熱交換器の高温側にて取り合い）。なお、同様のラインが南北に2つあるが、紙面の都合上北側系統図のみ示す。

三菱重工サーマルシステムズ製空気熱源式循環加温ヒートポンプ「キュートンサーキュレーション（以下、Q-ton CC）」を排熱源である焼入炉の近くに設置した。これにより、焼入炉から工場内の空気中へ放熱される排熱を効率的に回収することが可能となる。また、年間を通して周囲温度を25℃程度に保つことができるため高効率で運転できる他、デフロスト運転を最小限として稼働時間を稼ぐこともできる。

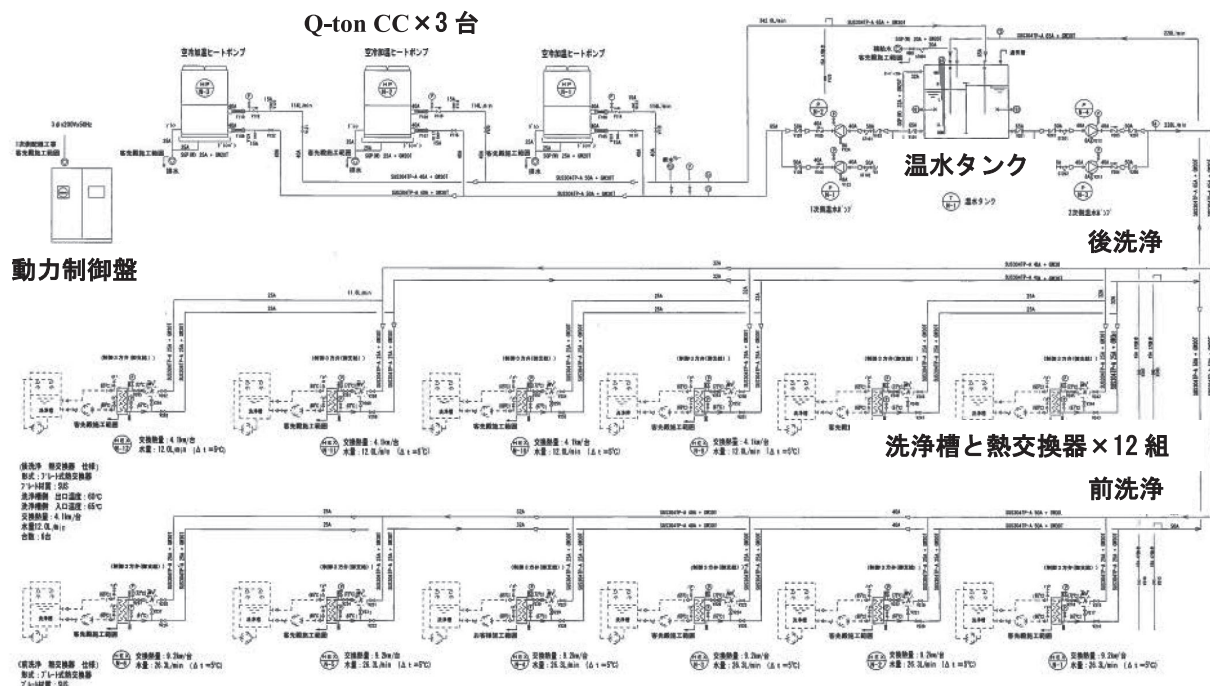


図1 設備フロー（北側系統図）

回収した排熱を利用し、Q-ton CCで温水タンクを循環加温する。約70℃に加温された温水は、送水ポンプにより各洗浄槽の熱交換器へ供給される。洗浄槽の洗浄液は、熱交換器を介して加温される。

Q-ton CCの台数は、各洗浄槽の定常時における蒸気使用量に基づき選定し、南北の各ラインに3台ずつ（計6台）設置した。

3. 着想

当該生産設備は年間を通して温水供給する必要がある、常に蒸気を使用している。そこで、熱需要量と循環加温の用途からQ-ton CCで検討を行った。

温水を供給する洗浄槽は焼入炉近傍にあるため、Q-ton CCもこの近くに設置すれば焼入炉からの排熱を高効率で回収できることが期待された。

各条件に基づいた試算の結果、十分な効果が見込まれたため導入に至った。

4. 効果

本件はCO₂削減効果を狙った計画のため、重油ボイラとガスボイラの各稼働割合（各化石燃料の使用量割合）など、省エネルギー効果については整理されていない。そこで、ここでは約1ヶ月間における既設の蒸気使用量の実績値に基づくCO₂排出量と、Q-ton CC導入によって見込まれるCO₂排出量の計画値、および実際に得られた実績値を比較する。

下記の1)と2)における稼働時間は、624時間とした（24時間/日×26日/月）。3)における稼働時間は、2022年3月1日～31日の624時間（24時間/日×26日/月）とした。

それぞれのCO₂排出係数は、当該事業所の指定値とする。

1) 既設の蒸気使用量

- ・既設の蒸気使用量実績：567ton
- ・CO₂排出量：165ton [567ton×290.61kg-CO₂/ton]

2) Q-ton CC導入によって見込まれるCO₂削減効果（計画値）

- ・ Q-ton CC消費電力 : 36,759kWh [9.82kW×6台×24時間×26日]
- ・ CO₂排出量 : 13.6ton [36,759kWh×0.3707kg-CO₂/kWh]
- ・ CO₂削減効果 : 151.4ton [165ton-13.6ton]
- ・ CO₂削減率 : ▲91.8%

3) Q-ton CC導入によって得られたCO₂削減効果（実績値）

- ・ Q-ton CC消費電力 : 43,840kWh
- ・ CO₂排出量 : 16.3ton [43,840kWh×0.3707kg-CO₂/kWh]
- ・ CO₂削減効果 : 148.7ton [165ton-16.3ton]
- ・ CO₂削減率 : ▲90.1%

以上のとおり、今回の改修によって26日間の実績ベースで148.7tonのCO₂削減効果が得られた。また、実績値が計画値を下回った（図2）。

この理由としては、工場内にある他の生産機械から発生するオイルミストがQ-ton CCの熱交換器フィンに付着し、熱交換量が低下したことが考えられる。

しかしながら、計画値と実績値は約1.8%の差であり、当初期待した効果とほぼ等しい結果となった。

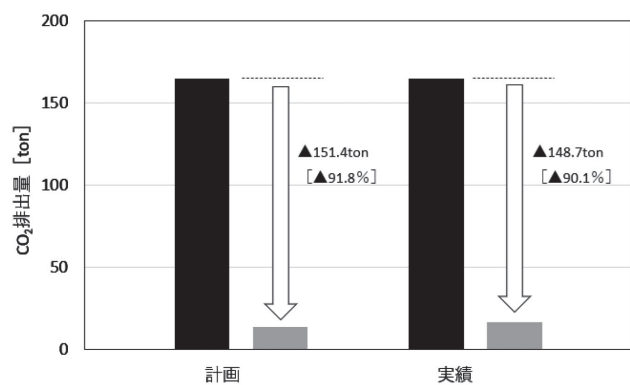


図2 CO₂削減効果

5. 投資回収（省マネー）

前述のとおり、実績値として26日間のデータしかないため、これを1シーズンの代表値としてよいものか推測の域を出ないが、参考までに設置工事などケースバイケースの要素を除いた場合におけるQ-ton CCの機器単体に対する投資回収年数を試算すると、実績ベースで約1年となった。

6. 他の建物への応用性・便利性

出湯温度で40℃から最大75℃の温水を用いる循環加温の需要があれば、適用の検討が可能である。

今回のように熱の需要と供給の場所が近いほど配管長が短くなるため工事費が安くなり、インシヤルコストを抑えることができる。また、配管長が短いほど熱損失も小さくなるため、より大きなメリットが見込まれる。

Q-ton CCは空気熱源式ヒートポンプのため、水熱源式ヒートポンプで必要となる熱源水側の配管やポンプが不要となり、レイアウトの自由度が高い。このことも応用性を高める要因の1つとなる。

7. 仕様又は開発製品、システム、部品等の仕様

Q-ton CCの主な仕様を表1にまとめる。

定格加熱能力は40kWで、40℃～75℃の温水を製造できる（入口温度制御の場合は最大出湯温度70℃）。

外気温－20℃でも75℃出湯が可能である。

冷媒には低GWP冷媒のR454Cを採用している（GWP＝146）。

表1 Q-ton CCの主な仕様

形 式		熱源機 EQA401,	
電 源	—	三相 200V 50/60Hz	
定格加熱能力	kW	40.0 (最大 50)	
定格消費電力	kW	12.1	
エネルギー消費効率	—	3.3	
運 転 電 流	A	37.2	
力 率	%	94	
設定温度範囲	℃	出口温度制御時: 40 ~ 75 (1℃刻み) 入口温度制御時: 40 ~ 70 (1℃刻み)	
使用温度範囲	温水出口温度	℃	40~75
	入口温度	℃	30~70
	外気温度	℃	-20~43
最大電流〔始動電流〕	A	77[5]	
外形寸法(高さ×巾×奥行)	mm	2,048×1,350×720	
パネル色(マンセル)	—	スタックホワイト(4.2Y7.5/1.1 近似)	
製品質量	kg	400	
運 転 質 量	kg	405	
圧 縮 機	形式 × 個数	—	全密閉インバータ圧縮機×2 台
	定 格 出 力	kW	8.24 (高段 4.49+低段 3.75)
	始 動 方 式	—	直入始動
クランクケースヒータ	W	40×2	
凍結防止ヒータ	中間ドレンパン用	W	40×2
	ドレン配管用	W	16×3
	合計	W	128
空 気 熱 交 換 器	—	銅パイプ アルミフィン方式	
水 熱 交 換 器	—	プレート式 (SUS)	
冷 媒	種 類	—	R454C [地球温暖化係数 GWP=146]
	封 入 量	—	10.8kg
冷凍機油	種類・封入量	—	M-MA32R, 4700cc
送風装置	形式・台数	—	軸流式×2
	風量範囲	m³/min	270(最大)※4
	モータ出力	W	386×2
	機 外 静 圧	Pa	0(最大 50)
除 霜	—	逆サイクル方式	
防振・防音装置	—	圧縮機:防振ゴム,吸音材付	
保 護 装 置	—	高圧圧力開閉器,過電流保護, パワートランジスタ過熱保護,異常高圧保護 循環ポンプインターロック	
温水管仕様	入口配管/出口配管		Rc 1 1/2 (40A SUS) / Rc 1 1/2 (40A SUS)
	耐水圧	MPa	1.0
	定格流量	m³/h	6.88
	水圧損失	kPa	27
	流量範囲	m³/h	1.72~9.00
	ストレーナ	—	#20 メッシュ 現地手配
	使用流体	—	水
	水質	—	日本冷凍空調工業会水質ガイドライン JRA GL-02 1994

8. 環境保全、便利性等

「4. 効果」に記載のとおり、実績ベースでの26日間におけるCO₂削減効果は148.7tonとなった。年間を通して負荷変動が小さいため、これが12ヶ月続くと仮定すれば年間のCO₂削減効果は約1,784tonが見込まれる。

9. 工夫した点、発想した点、創作した点、新しい点等、設備の特徴

「2. 設備・システムの概要」でも記載のとおり、本来は屋外に設置するQ-ton CCを屋内に設置することで、焼入炉からの排熱を効率よく回収できるようにした。年間を通して周囲温度が25℃程度に保たれるため高効率で運転できる他、デフロスト運転を最小限として稼働時間を稼ぐことも可能となった。

本設備は稼働時間が長く、日曜日以外は稼働状態となる。具体的には、土曜日の夕方に設備が停止し、月

曜日の朝に再稼働する。設備停止中に温度が低下した温水タンクのお湯は月曜日の朝に再加温されるが、このとき蒸気であれば短時間での加温が可能であるため問題は無い。ところがヒートポンプは立ち上がり時間に要するため、蒸気のような急速な加温ができない。そこで、改修設備では日曜日の夕方にQ-ton CCをタイマー起動させる仕様とした。これにより月曜日の朝から問題なく生産を再開させることを可能とした。

- ・省エネルギー設備では投資回収効果が重視される場合が多いため、本件に限らず産業用途でのヒートポンプの導入では可能な限り高稼働率かつ長時間でのベースロード運用を目指す工夫が肝要である。

10. 市場性、販売状況、適応市場の大きさ、競合品又はシステムとの比較、販売実績（国内、外）等

- ・プロセスや空調などの比較的小規模な循環加温用途において、Q-ton CCの市場性が見込まれる。さらに、冷媒問題を鑑みたとき、GWP150以下の低GWP冷媒を採用しているQ-ton CCのニーズは今後ますます増えていくものと推察される。
- ・当社ではユーザー事情に合わせたフレキシブルな省エネシステムの企画・提案を行うため、本件で採用したQ-ton CCに加え、業務用エコキュート「Q-ton」、空冷ヒートポンプチラー「MSV, MSV2」、排熱回収型ヒートポンプ「エコウォーム」、高効率ヒートポンプ式熱風発生装置「熱Pu-ton」、排熱回収型ターボヒートポンプなど、特長の異なるヒートポンプを複数ラインアップしている。今後もこれらのヒートポンプ機器を用いた提案活動を行い、お客様のニーズに沿った課題解決に取り組んでいく。

11. 外観・構造図



キュートンサーキュレーション

講評

自動車部品の製造工場において、重油ボイラーとガスボイラーによる蒸気供給を、排熱利用の空冷ヒートポンプによる温水供給に置き換えて省エネ化を図ったものである。

ヒートポンプの活用による省エネルギーは、省エネ化の手法として大きなテーマであるがここでは焼入炉からの放熱により温まった室内空気を空気熱源ヒートポンプの屋外機で利用することにより高効率化して温水製造するという、単純なシステムではあるが単純さゆえにコストを抑えて省エネ化、CO₂排出量削減を実現した。

ヒートポンプシステムの効率的利用に関する基本的手法を実際の工場の中で効果的に応用した点が高く評価された。低GWP冷媒機器を採用した点も良い。