

密閉式冷却塔熱交換器のスケール除去

運用改善・
部分更新



対策概要

- 冷却塔の熱交換効率の改善と、それに伴う冷却塔ファンや冷却水ポンプの消費電力量の削減を図るため、定期的に熱交換器のスケール除去を行う。

導入可能性のある業種・工程

- 全業種

原理・仕組み

- 密閉式冷却塔等は、運転時間の経過とともに熱交換器の外表面や内面にスケールが付着して冷却能力が大幅に低下する。冷却塔ファンや冷却水ポンプの稼働増加、冷却水温度の上昇に伴う熱源機の効率低下を引き起こし、熱源システム全体のエネルギー消費量が増加する。スケール除去により冷却塔の冷凍能力の低下を抑制し、エネルギー消費量の増加を抑制する。

スケール除去の方法

- ・ スケール除去の一般的な方法として、機械洗浄、薬液洗浄、物理処理装置（磁気処理、電気分解装置等）がある。
- ・ スケールの材質や汚れの程度、熱交換器の形式（多管式、プレート式等）を考慮して適切な方法を選択する。
- ・ 劣化等により所要の効率が維持できない場合は、熱交換器のオーバーホールや部品交換を行う。

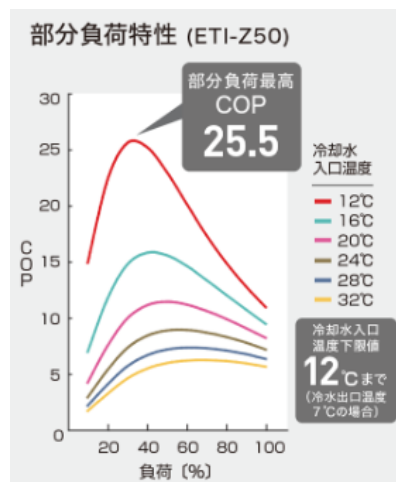


スケール除去前後の熱交換器内面^[1]

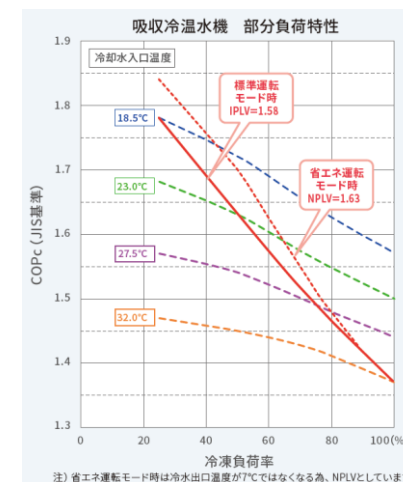
出所) [1]MDI株式会社「熱交換器の調子が悪いときによくある原因」
<https://www.mdirect.jp/post-5941/>
(閲覧日：2023年10月15日)

スケール付着の影響

- ・ 冷却塔の熱交換効率が低下すると、冷却塔ファンの風量増加、冷却水流量の増加（冷却水ポンプにインバーターが導入されている場合）、冷却水温上昇による冷凍機の効率低下等により、エネルギー消費量が増加する。



ターボ冷凍機^[2]



冷温水発生器^[3]

冷却水温度と冷凍機の効率の関係

効率・導入コストの水準

- 効率水準：－
- 導入コスト水準：－

出所) [2]三菱重工サーマルシステムズ株式会社「ターボ冷凍機カタログ ETI-Z」
<https://www.mhi-mth.co.jp/business/centrifugal-chiller/turbo-freezer/eti-z/> (閲覧日：2023年10月11日)

[3]東芝キャリア株式会社「吸収冷温水機／吸収冷凍機カタログ」
https://www.toshiba-carrier.co.jp/support/catalog/book/bm_absorb/book.pdf (閲覧日：2023年10月11日)

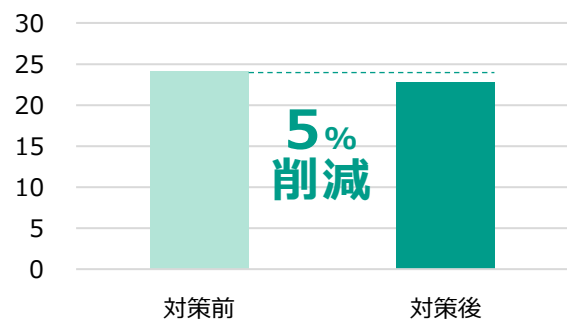
導入効果

- 密閉型冷却塔のスケール除去により、冷却水温度が1℃低下し、熱源機のCOPが7.3から7.7に向上した場合における試算例は以下のとおり。

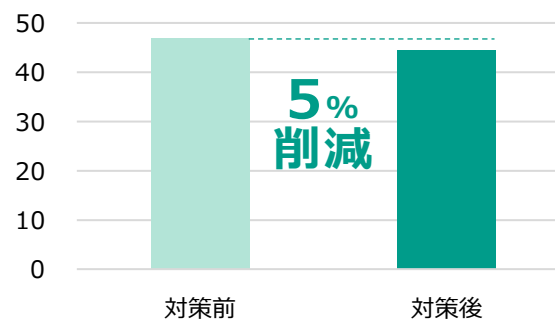
導入効果の試算例

- 各指標で5%削減できる試算結果。

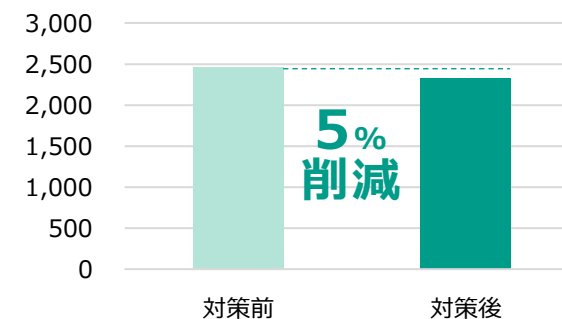
エネルギー消費量 (kL/年)



CO₂排出量 (t-CO₂/年)



エネルギーコスト (千円/年)



密閉式冷却塔熱交換器のスケール除去

運用改善・
部分更新



計算条件

- 冷密閉型冷却塔のスケール除去により、冷却水温度が1℃低下し、熱源機のCOPが7.3から7.7に向上した場合を想定した。

項目	記号	Before	After	単位	数値の出所、計算式
電気の単価	①	22.76	22.76	円/kWh	【参考①】
電気の一次エネルギー換算係数	②	8.64	8.64	GJ/千kWh	【参考①】
電気のCO ₂ 排出係数	③	0.434	0.434	t-CO ₂ /千kWh	【参考①】
冷凍機の電力消費量	④	108	—	千kWh	定格消費電力（200kW）×稼働時間（1,800h/年 冷房期間）×負荷率（0.3）と想定
冷凍機の効率（COP）	⑤	7.3	7.7	—	負荷率60%、冷却水温度Before28℃、After27℃としてp1のターボ冷凍機のグラフを基に想定
電力消費量	⑥	108	102	千kWh/年	Before：④、After：④b×⑤b÷⑤a
エネルギー消費量	⑦	933	885	GJ/年	⑥×②
エネルギーの原油換算係数	⑧	0.0258	0.0258	kL/GJ	【参考①】

計算式の添え字bはBefore、aはAfterを示す。

計算結果

項目	記号	Before	After	単位	計算式
エネルギー消費量	⑨	24.1	22.8	kL/年	⑦×⑧
CO ₂ 排出量	⑩	46.9	44.4	t-CO ₂ /年	⑥×③
エネルギーコスト	⑪	2,458	2,330	千円/年	⑥×①

備考

- スケール除去作業は熱源機を停止して行うので、事業所の運用に影響を与えないように計画を立てて実施する。
- 機械洗浄は、機械の分解、高圧洗浄、ガスケットの張替え作業、機械の再組立作業等を伴うため、比較的多くの労力・時間・費用が必要となる。
- 薬品洗浄は、塩酸、硝酸等の強酸使用による機器の材質の腐食のおそれや洗浄後の処理液、廃液の中和液が必要となる。機器の材質を腐食させない有機酸の薬品を使用して洗浄する方法もある。