

銀めっき設備の電化によるCO₂排出量削減

竹内健太郎* 横山政彦*
山口博**
藤田正道*

Reduction of CO₂ Emissions by Electrification of Silver-plating Equipment

Kentaro Takeuchi, Hiroshi Yamaguchi, Takamichi Fujita, Masahiko Yokoyama

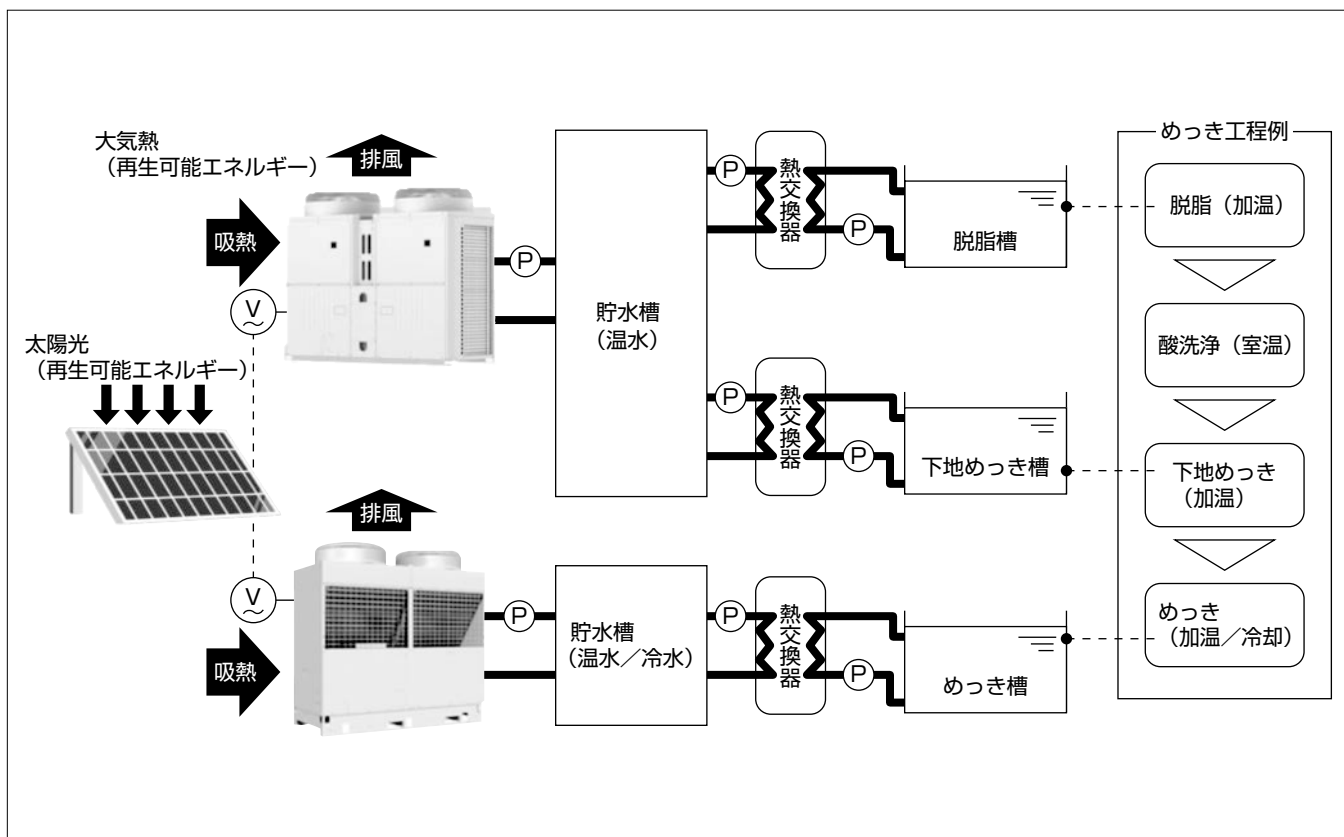
要旨

三菱電機グループでは、環境経営の長期ビジョン“環境ビジョン2021”を掲げ、2020年度までに1990年度を基準として生産時のCO₂排出量を30%削減することを目標に活動している。

従来、CO₂排出量削減の基本施策は生産ラインの改善とユーティリティ機器の高効率機器への更新であり、生産ラインを構成する機器の省エネルギーはモータのインバータ化などが主流であった。しかし今般、三菱電機の系統変電システム製作所で、太陽光発電システムを備えたスマートグリッド実証実験に連動した活動として、エネルギーロスの大きいガスボイラによる蒸気加温から電気加温による改善といった新たなアプローチを計画した。

当所ではめっき工場を持ち、めっき工程中の処理液の加温に多くの蒸気を使用している。めっき工場では老朽化に伴う設備更新を計画していたため、これに合わせてエネルギー効率の良いヒートポンプを導入し、処理液の加温に適用することにした。試験槽を用いた事前検証によってノウハウを蓄積し、更新設備をオール電化としたことで生産時におけるCO₂排出量を大きく削減することができた。

本稿では、まず従来の蒸気加温方式の問題点とヒートポンプの概要について述べ、次に電気加温(冷却)システム構築までの取組み、最後に電化したことによるCO₂排出量削減やランニングコスト削減等の効果について述べる。



ヒートポンプによる電気加温(冷却)システム

電力源に太陽光発電システムを利用し、処理槽の使用温度域や容量に応じた仕様のヒートポンプを分散配置して、処理液を加温(冷却)するシステムの事例である。

1. ま え が き

当社系統変電システム製作所(尼崎地区)では、電気安定供給を支えるガス絶縁開閉装置を始めとした電力送変電機器の製造を行っている。これらの部品には電気伝導性向上を目的とした銀めっき処理を行っているため、所内にめっき工場を持っている。また、当地区では太陽光発電システムを備えたスマートグリッド実証実験設備を構築しており(図1)、これに連動した活動として蒸気使用設備の電化を検討していた。めっき工場では多くの処理液を蒸気で加温している。今般、設備の老朽化に伴う3つの生産ラインの更新を計画していた。そのため設備更新に合わせてヒートポンプ導入による蒸気使用設備の電化を行い、エネルギーロスを低減することでCO₂排出量削減を図ることとした。本稿では、まず従来の蒸気加温方式の問題点とヒートポンプの概要について述べ、次に電気加温(冷却)システム構築に向けた取組み、最後に電化後の効果について述べる。

2. 従来の蒸気加温方式の問題点

従来の蒸気による処理液の加温方法は図2に示すとおり、ボイラ室から蒸気配管内に蒸気を送り、高温になった蒸気配管によって処理液を加温していた。蒸気加温のメリットとして、次が挙げられる。

- (1) 加温能力が高く、短時間で処理液の昇温が可能
 - (2) 2次側の設備がシンプルで省スペース
- 一方、デメリットとして、
- (1) 配管からの放熱ロス(配管距離が長い)(図2の①)
 - (2) スチームトラップから排出されるドレン水の廃熱(図2の②)
 - (3) 蒸気漏れによるロス(図2の③)
- などが挙げられ、エネルギーロスが大きい。

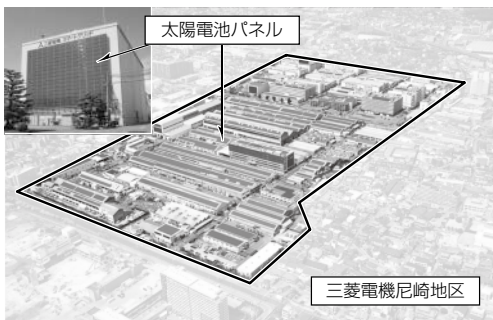


図1. スマートグリッド実証実験設備

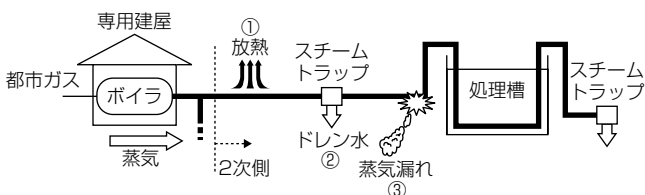


図2. 蒸気加温方式(従来法)

3. ヒートポンプの概要

ヒートポンプは大気熱を利用する技術で、投入したエネルギーよりも大きな熱エネルギーを得ることができるため、エネルギー効率が良い(図3)。一般的にはエアコンや冷蔵庫、給湯器等に利用されている。めっき設備では次のプロセスで作られた温水の熱を利用してめっき処理液を加温する。

- ①大気熱を集め、低温の冷媒に熱を伝える。
- ②熱を持った冷媒は圧縮機によって更に高温になる。
- ③高温になった冷媒の熱を水に伝え、温水を作る。
- ④熱を失った冷媒は膨張弁を通り更に低温となり、再び大気から熱を奪える状態になる。

4. 電気加温(冷却)システム構築に向けた取組み

4.1 事前検証

ヒートポンプによる電気加温システムの構築に向けて、まずは試験槽で事前検証を実施した。温水を作り出すヒートポンプには、一過型と循環型の2種類があり、一過型はエコキュート(注1)に代表されるヒートポンプで、高温出湯が可能だが、追い炊き運転には適していない。一方、循環型は大容量の追い炊き、保温に適している。めっき処理液は液量が多く、また常に一定の範囲内の液温を保ち続ける必要があるため、この活動では循環加温型ヒートポンプ(当社冷熱システム製作所製)を選定した。選定後、試験槽で加温を行い、能力的に問題がないことを確認した。

次に既存ラインを改造し、循環加温型ヒートポンプを設置して検証を開始した。一部の処理液はヒートポンプだけでは要求温度まで昇温できないため、電気ヒーターを併用し、55℃以上はヒーター加温とした。また、処理液の加温にはヒートポンプだけでなく、温水を貯(た)めておく貯水槽の容量、温水の熱を処理液に伝える熱交換器の仕様、処理液を一定の範囲内で保温する温度制御方法の検討も併わせて必要となる。そのため当社の生産技術センターと協同で熱量計算を行い、貯水槽容量、目標昇温時間に応じた熱交換面積、液流量等を決定した。そして新ラインへの適用に向けて電気加温システムのノウハウを蓄積していった。

(注1) エコキュートは、関西電力㈱の登録商標である。

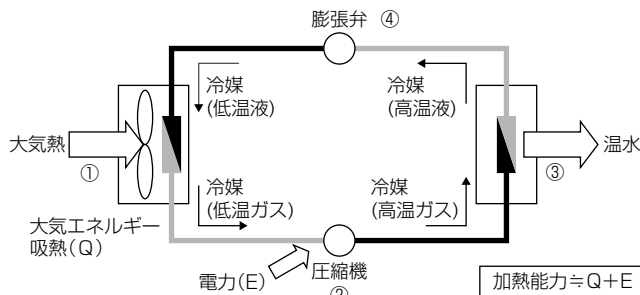


図3. ヒートポンプの原理(温水)

4.2 システム概要

更新前の蒸気主体の加温(冷却)システムは図4(a)となり、めっき工場とは別建屋のボイラ室から供給している蒸気の入り切りによって、処理液を加温する。一方で、事前検証を基に適用したヒートポンプによる電気加温(冷却)システムの構成は図4(b)のとおりとなる。ヒートポンプで温水(冷水)を作り、次の手順で処理液の加温(冷却)と保温を行う。

- ①ヒートポンプによって、貯水槽の水を加温(冷却)する(図4(b)のポンプ①が駆動し、設定温度になれば停止)。
- ②貯水槽で加温(冷却)した温水(冷水)の熱を熱交換器で処理液に伝え、加温(冷却)する(ポンプ②③が駆動)。
- ③処理液の保温はポンプ②のON, OFFで調節する(めっき液ろ過のため、ポンプ③は常時駆動)。

当所めっき設備における電気加温(冷却)システムの付帯設備は次のとおりである。

- (1) ヒートポンプ
 - ①循環加温型ヒートポンプ
 - ②循環加温/冷却型ヒートポンプ
- (2) 貯水槽
 - ①加温用貯水槽(65℃)
 - ②加温/冷却用貯水槽(40℃/10℃)
- (3) 熱交換器
 - ①ルート式熱交換器(各処理槽)
 - ②循環ポンプ

ヒートポンプと処理槽を直接配管で連結すると、万が一配管に穴が空いた場合に処理液がヒートポンプを故障させたり、屋外へ流出したりするリスクがあるため、中間に貯水槽と熱交換器を設置して加温(冷却)する構成としている。

4.3 処理液の温度に応じたヒートポンプの選定

めっき設備で、温度調節が必要な処理液は3種類あり、

それぞれ70℃、30℃、20℃で管理する必要がある。したがって、各温度域に応じた温調方式を決定しなければならなかった。導入した循環加温型ヒートポンプの能力は65℃までの温水を作ることができるが、処理液の加温は温水の熱を熱交換器を介して間接的に伝えるため、温水と同じ温度までは加温できず、最高加温温度は約55℃となる。よって30℃設定の処理液はヒートポンプだけで加温し、70℃設定の処理液については電気ヒーターを併用し、55℃以上はヒーター加温とすることで対応した。また20℃の処理液は、冬場は加温を行うが、夏場では逆に冷却が必要となる。そこで20℃設定の処理液については専用に加温運転と冷却運転の両方が行える循環加温/冷却型ヒートポンプを導入し、各季節の外気温に応じて対応できるようにした。

4.4 設置スペースの確保

ヒートポンプを導入するに当たり、新たにヒートポンプ本体、貯水槽、熱交換器等の設備を設置する必要があり、1つのめっき設備で約18m²の設置スペースを新たに確保する必要があった。特にヒートポンプ本体は周辺空間も含めてスペースが必要なため、同時に設置する排気装置の架台をかき上げる形で設置スペースを捻出した。また、ヒートポンプ、貯水槽、熱交換器はできる限りめっき処理槽に近い位置に設置し、配管は全て保温材を巻くことで配管からの放熱による熱ロスを抑えた(図5)。

4.5 熱交換器の選定

熱交換器は温度調節が必要な処理槽ごとに設置し、貯水槽の熱を処理液に伝える機器であるが、選定する際に次の点を考慮した。

- (1) 熱交換器内を流れる処理液はめっき液等の薬液のため、薬液の性状に応じた材質の選定が必要である。
- (2) 薬液は結晶化しやすいので、液が流れる部分は単純構

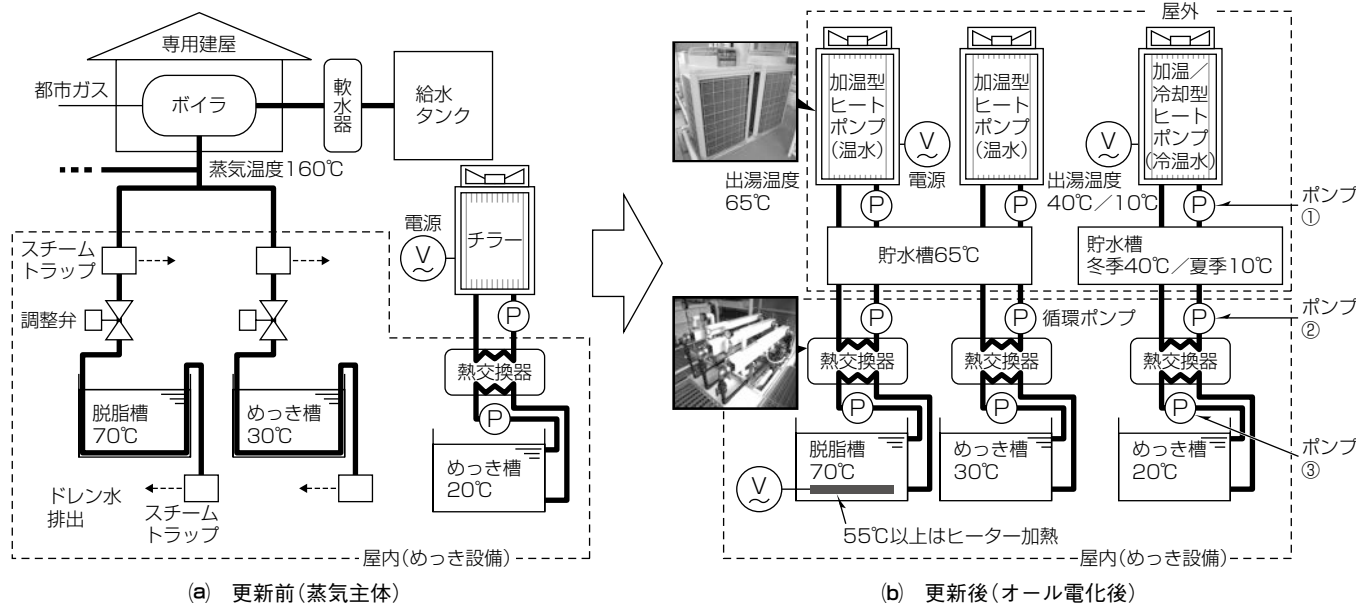


図4. 加温(冷却)システム



図5. ヒートポンプの設置場所

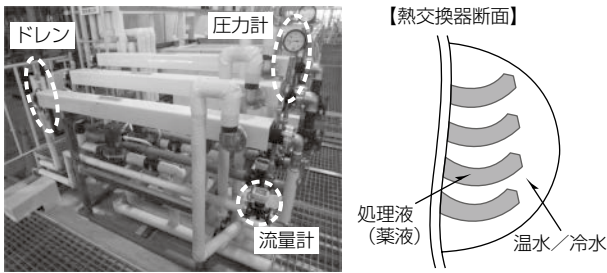


図6. ルート式熱交換器

造が適している。

- (3) 設置場所はめっき設備の防液堤内のため、できるだけコンパクトな方が良い。
- (4) 結晶化による目詰まりを防ぐため、メンテナンス性を考慮した構造とする必要がある。

一般的に広く使用されているプレート式熱交換器は、伝熱面積が広く、サイズもコンパクトであるが、内部が複雑で細く、(4)の結晶による目詰まりリスクが高いことから適用を見送った。この設備で適用したのは材質のバリエーションが豊富なルート式熱交換器で、図6の断面図のように単純で結晶が詰まりにくい構造となっている。また、液が流れる部分を湾曲させることで伝熱面積を広く確保し、サイズのコンパクト化を図っている。さらに薬液の結晶の詰まり具合が把握できるように圧力計と流量計を設置し、定期的に熱交換器内の液抜きと洗浄ができるように専用ドレンも備えることで、メンテナンス性を考慮した設計とした。

4.6 立上時間の改善

ヒートポンプによる電気加温(冷却)は一度貯水槽の水を加温(冷却)してから処理槽へ熱交換を行うため、始業時の立上に時間を要する。そこでウィークリタイマを設置し、事前に貯水槽の水を加温(冷却)し、始業時には熱交換を開始できる運用方法とすることで立上時間を1時間短縮した。これによって冬場、週明けの負荷最大時(図7)で立上時間1.5時間、それ以外の日常の立上時であれば0.5時間程度で昇温が可能となった。また、自動で電源ON、OFFを可能にしたことによって、必要加温(冷却)時間を最適化し、更なる省エネルギーを図った。

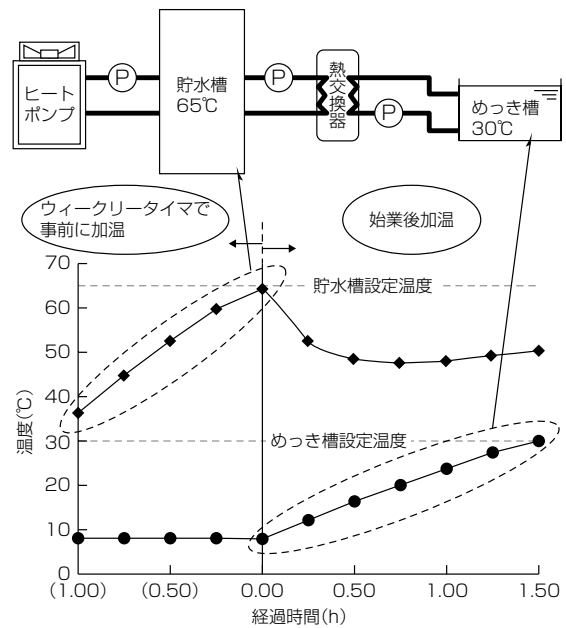


図7. 立上時間と温度の関係(冬場週明け)

表1. 電化によるCO₂排出量削減効果

項目	更新前【蒸気加温方式】	更新後【ヒートポンプ加温方式】
加温方式	・ボイラ室から送る蒸気の熱で処理液を加温 ・蒸気加熱は配管からの放熱や蒸気漏れによる熱ロスが大きい	・エネルギー効率の高い最新のヒートポンプ技術を用いた電気加温システムに変更 ・ウィークリタイマによる自動運転で無駄な電力の削減と昇温時間の短縮を実施
トータルCOP ^(注2)	0.51	2.02
CO ₂ 排出量 ^(注3) (3ライン計)	122 t-CO ₂ /年	58 t-CO ₂ /年
ランニングコスト (3ライン合計)	3.9 百万円/年	1.7百万円/年

(注2) COP: Coefficient Of Performance 加熱能力(kW) ÷ 消費電力(kW)
 (注3) 太陽光発電システムによる効果は含まない

5. CO₂排出量削減効果

めっき設備3ラインの更新に合わせてヒートポンプを取り入れ、さらに処理液量の最適化(▲30%)を実施したことによるCO₂排出量削減効果は表1のとおりとなる。

エネルギー効率を示すトータルCOPは0.51→2.02に改善し、CO₂排出量は52%削減、ランニングコストも56%削減と大きな改善効果を得ることができた。

6. むすび

当社の中でヒートポンプを生産設備に適用し、蒸気使用設備の完全電化を初めて実現した工場として、熱ロスを抑えた高効率の処理液加温(冷却)が可能となり、CO₂排出量、及びランニングコストを大幅に削減することができた。またヒートポンプの一般産業用途に適用した事例として、新たな可能性を示すことができた。この活動は工場電化のモデルケースとして、電力会社にも注目されており、更なる発展・展開が期待できる。今後も新たな技術を随時適用しながら、生産時のCO₂排出量の削減を進めていく。