

6. エネルギーの有効利用

(6. 22 大気開放でドレンとフラッシュ蒸気の一括回収)

古賀 智行

(株)ティエルビー

1. はじめに

産業界における加熱プロセスでは、熱源の多くに蒸気が用いられている。蒸気加熱は、凝縮潜熱を用いた加熱方式のため、均一に、かつ素早い加熱が可能で、加熱後の復水（以下、ドレンと呼ぶ）は回収・再利用できることが最大の特徴である。特に、ドレン回収は既に多くの工場で採用されているが、回収可能な全てのドレンを回収できている工場は少ない。回収対象となり得るドレンを少しでも多く、高効率で回収することで大きな省エネを達成できる。

今回、弊社は新たなドレン回収機器である「ドレン・ユゲ回収ユニットCS1000」を開発したため、本稿にて紹介する。

2. ドレン回収方法の種類

ドレン回収方法は、大別すると「オープン回収方式」と「クローズド回収方式」の二種類がある。双方の回収方式に関する特徴や違いを以下に記載する。

2. 1 オープン回収方式

オープン回収方式とは、大気開放の回収先にドレンを直接回収する方法である。図58.1にオープン回収方式の例を示す。

スチームトラップの排出口から回収先の給水タンクに配管を接続することで、当該箇所に供給されている蒸気圧力が大気圧よりも十分に高ければ自圧でドレンを押し出して回収ができる。この場合、ポンプなどの設備は必要が無いため、低コストでの設置が可能である。一方、蒸気圧力が大気圧と比べてあまり高くなく、かつ給水タンクの設置高さが高い場合、自圧での回収は困難となる。そのような場合には、オープン回収方式であって

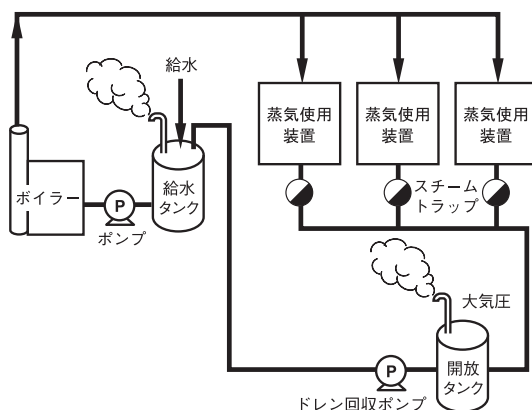


図58.1 オープン回収方式の例

もポンプの設置が必要となる。

本方式の特徴としては、システム構成が簡単であるため、インシヤルコストやランニングコストは比較的低い。ただし、回収可能な上限温度は100℃であることから、回収メリットもその分少なくなってくる。また、大気開放での回収方式のため、必ず空気に接触することから配管腐食を進行させやすくなる。

本方式では、基本的にスチームトラップの選定すべき型式制限はなく、既設のものがあればそのまま使用することもできる。ただし、新たに設置した回収先までの配管の圧力損失が背圧として加わるため、スチームトラップの排出能力に余裕がない場合には、ドレン排出不良が発生することがある。スチームトラップの前後差圧が小さくなることで、排出能力が低下したとしても許容できる範囲であるか確認が必要である。

また、本方式で回収率がある程度高くなると、給水タンク内の温度が100℃に達し沸騰状態になる。沸騰で発生した蒸気は、大気に放出されるの

で、その分は有効利用ができない。また、大気放出される蒸気は騒音や振動を発生させるため、環境面でも望ましくない。本方式を検討する場合は、それらの懸念点を考慮し、必要であれば対策を講じたうえで、導入することが重要となる。

2. 2 クローズド回収方式

クローズド回収方式とは、オープン回収方式のように大気に開放することなく、圧力を有したドレンを、そのままボイラーに直接回収する方法である。図58.2にクローズド回収方式の例を示す。

蒸気使用装置から発生したドレンは、スチームトラップを介してドレンヘッダーに流入する。ドレンヘッダーには、設置された一次圧力調整弁により回収圧力が設定される。ドレンヘッダーにて集約されたドレンは、専用のドレン回収ポンプによってボイラー給水として直接回収される。

本方式の特徴としては、システム構成が複雑であり、ドレンヘッダーやドレン回収ポンプなどの設備が必要となることから、イニシャルコストとランニングコストが高くなる。回収上限温度は機器仕様によって異なるが、基本的には高压ドレンの回収が可能となるため、省エネ効果は大きくなる。

本方式を検討する際は、いくつか注意点が存在する。まず、スチームトラップに関しては背圧をかける方式となるので、ディスク式などの背圧影響により作動に異常をきたすものは使用できない。選定としては、背圧許容度の高い連続排出型のスチームトラップが望ましい。また、既設ボイラーへ導入する場合、機種によってはボイラー本体の改造が必要となる。さらに、ドレン回収ポンプに関しては、特に高温ドレンの回収時に起こり得るキャビテーションの発生を防ぐ必要がある。必要な押込水頭を確保できれば良いが、低NPSH(押込水頭)のポンプであればより望ましくなる。

3. ドレン回収の検討における課題

ドレン回収を検討する際、省エネメリットがあるとわかっていても導入が進まないケースがある。例えば、「選定すべき方式・機種がわからない」、「回収機器の設置スペースを大きく確保できな

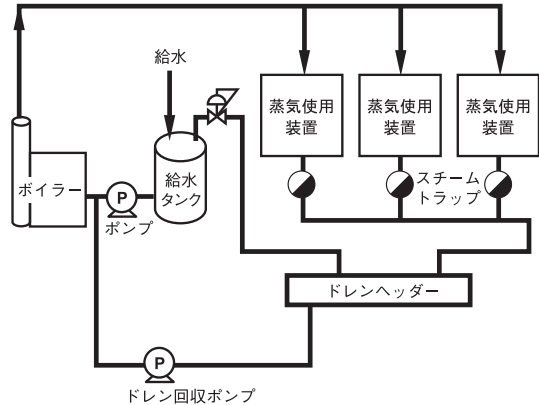


図58.2 クローズド回収方式の例

い」、「回収しても実際の投資対効果が不明瞭」などの理由が挙げられる。

また、システム構成が簡単なオープン回収方式の検討においても、給水タンクからの湯気(フラッシュ蒸気)が発生することや、スチームトラップへの背圧増加による生産設備への影響を懸念されることもある。

これらの課題から、オープン回収方式においてドレンとフラッシュ蒸気を回収できる大気開放型のユニットが市場には必要であると考えた。

4. HeatSaver™ドレン・ユゲ回収ユニットの特徴

今回開発したHeatSaver™はドレンとユゲ(フラッシュ蒸気)を回収できるユニットで型式は「CS1000」。注意点として、本ユニットの呼称である「ドレン・ユゲ回収ユニット」の「ユゲ」は、厳密な「湯気」とは異なり、フラッシュ蒸気のことを指している。実際のユーザーは、給水タンクから発生するフラッシュ蒸気を「ユゲ」と呼ぶことが多いため、一般的な呼称としている。

本ユニットの仕様一覧を表58.1に示す。本ユニット1台で、ドレン量は最大1,000kg/hでフラッシュ蒸気量は最大200kg/hまで回収が可能。その他、本ユニットが持つ特徴を以下に記載する。

4. 1 大気開放型のドレン回収システムユニット

本ユニット内のイメージフロー図を図58.3に示す。

本ユニットでは、独自の水封構造を用いた大気

キ
リ
ト
リ
線

表58.1 TLV ドレン・ユゲ回収ユニットの仕様

型式名	CS1000
使用可能流体	蒸気、ドレン
操作気体	飽和蒸気
熱交換器最大回収熱量	450MJ/h
最大回収ドレン量	1,000kg/h
最大回収蒸気量	200kg/h
最大供給可能冷水量	6.5t/h



写真58.1 TLV ドレン・ユゲ回収ユニットCS1000

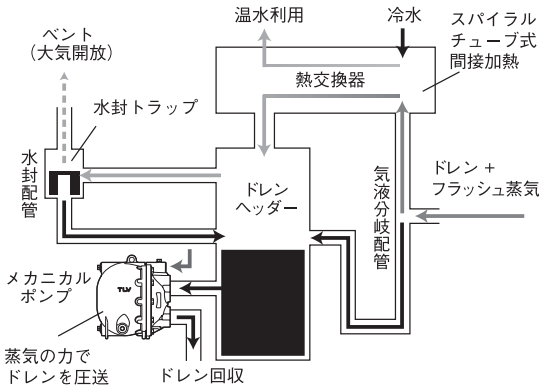


図58.3 ユニット内イメージフロー図

開放型のフラッシュ蒸気回収用熱交換器とドレン回収用メカニカルポンプ（PowerTrap®）を採用している。蒸気使用装置の近傍に設置することも可能なため、スチームトラップに背圧を掛けにくく、生産設備への運転にほとんど影響をきたさずに回収が可能となる。压力容器対象外のため、保守費用も経済的。ただし、少なくとも2年に一度

のメーカー定期メンテナンスは推奨している。

システムに必要な機器がユニット化されており、各系統を配管接続すれば回収システムが完成する容易性も特徴の一つである。

4. 2 コンパクト仕様で必要スペースを最小化

本体サイズは、700mm×800mm×1450mmであり必要面積は約0.6m²以下とコンパクト設計。全ての機能が収められたオールインパッケージ構造のため、設置ならびに配管工事が容易である。また、外装は錆に強いステンレス製のため、食品工場や医薬品工場等における衛生面にも配慮している。

廃蒸気熱回収用熱交換器は小さなサイズながらも、伝熱性能の高い機器を採用しており、熱交換後の温水はボイラー給水の昇温や工場内の温水生成などで利用が可能である。

4. 3 タッチパネルによる回収熱量と異常・メンテナンスアラームの見える化

標準搭載の液晶タッチパネルで、各種センサーの現在値、回収熱量の積算値、ドレン回収量、異常警報などを表示する。データログ機能もあり、各種のトレンドデータが閲覧可能となる。また、外部出力機能もあり、中央制御に接続すれば離れた場所での遠隔監視ができる。表示画面を図58.4および図58.5に示す。

パワートラップの作動回数および稼働日数計測も行っており、メンテナンス推奨時期にアラームを表示するため、故障前に対策を実施する予防保全が可能となる。

4. 4 ユゲ回収による温水の製造

本ユニットでは、ユゲ回収のためにフラッシュ蒸気回収用熱交換器へ冷水を供給するが、その際に副産物的に温水を製造することができる。蒸気式温水製造ユニットのように、温水温度をコントロールし使用側へ供給するわけではなく、成り行きの温水製造ではあるが、給水タンクの予熱昇温などに用いることで、効果的な省エネを行うことが可能である。

各冷水流量において冷水入口温度の違いによる

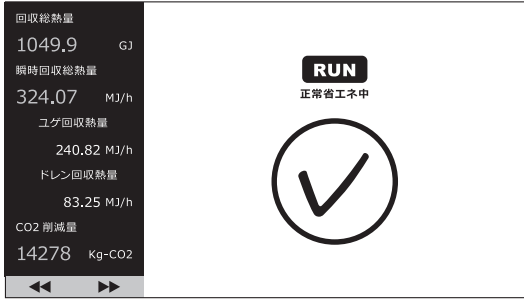


図58.4 タッチパネル表示画面例

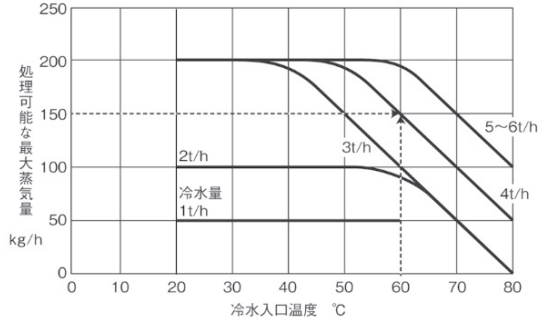


図58.6 処理可能な最大蒸気流量

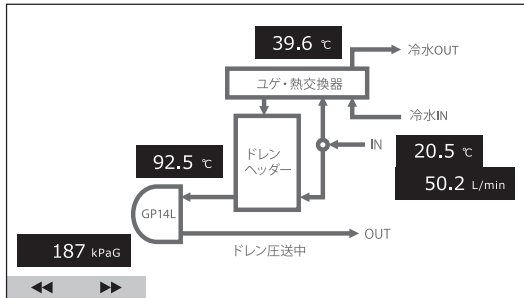


図58.5 タッチパネル表示画面例

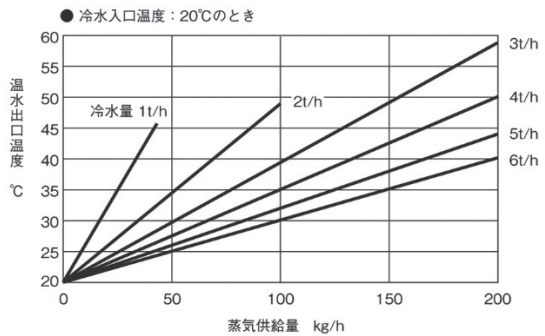


図58.7 供給される温水出口温度例

処理可能な最大蒸気流量（フラッシュ蒸気などのユゲの量）を図58.6に示す。

供給される冷水温度が高くなると、同じ冷水流量でも処理可能な蒸気量は変化する。例えば、処理すべき蒸気流量が150kg/hの条件において冷水入口温度が60°Cの場合、4t/h以上の冷水が供給されれば、全量が処理可能となる。

また、本ユニットにて供給される温水出口温度の一例を図58.7に示す。

冷水入口温度が20°Cで処理すべき蒸気流量が150kg/hの場合、3t/hの冷水流量で給水すると47°Cの温水として供給される。条件ごとに温水温度は異なってくるため、冷水温度および蒸気流量に対し、冷水流量を検討する必要がある。

4. 5 省エネメリットと費用対効果の検討

ドレン回収量が300kg/hの場合の、各圧力帯における熱回収メリットを、参考値として表58.2に示す。計算条件としては、熱量単価：2.00円/MJ、稼働時間：24時間/日、稼働日数：330日/年、安全率0.8（放熱による熱ロスなども考慮）にて

表58.2 CS1000熱回収メリットの参考値

ドレン圧力 (MPaG)	ドレン量 (kg/h)	フラッシュ蒸気量 (kg/h)	回収メリット (円/年)
0.1	300	11.5	1,601,000
0.2		19.0	1,816,000
0.3		24.8	1,981,000
0.4		29.5	2,115,000
0.5		33.5	2,230,000
0.6		37.0	2,330,000
0.7		40.2	2,421,000
0.8		43.1	2,504,000
0.9		45.7	2,578,000
1.0		48.2	2,650,000

算出している。なお、ドレンを回収した際には、水資源の回収メリットも付随してくるが、水単価は変動しやすいため、熱のみの回収メリットとして記載している。

一般的に費用対効果は単純償却3年以内で検討されることが多い。仮に、発生するドレン圧力が0.3MPaGで水の回収メリットを含めて、全回収メリットが年間3,000,000円/年だとすれば、投資額は3年で9,000,000円まで考慮できることにな

る。本体費用に加えて、その他に必要な工事費や諸経費の合計額が9,000,000円以内に収められれば、本システムの導入を検討されることが推奨される。

また、ドレン圧力が高ければ高い程、フラッシュ蒸気の発生量が多くなるため、回収メリットも大きくなる。特に、高圧蒸気を供給している設備で、ドレンを回収せず排水してしまっている箇所には、最も有効的な回収機器であると考ええる。

4. 6 生産設備近傍でのユゲ解消

衛生面に気をつかう食品・製菓などの工場では、工場内の生産設備近傍でユゲが発生するのを嫌うためにドレンのエネルギーを十分回収できていないケースがあった。

ユゲは単に見た目が悪いだけではなく、器具や製品に結露することで、品質や二次的な衛生障害を引き起こす可能性がある。省エネルギーの大切さはわかっているが、品質のほうが優先されるため、省エネルギーが進まない面もあった。

本ユニットを用いることにより、工場内でのユゲ発生を抑えながら、廃エネルギーを安全に最大限回収することが可能となる。

5. HeatSaver™の狙いどころ

特に本システムにおける狙いどころとしては、食品工場や化学品工場、飲料工場など、一般的にオープン回収方式を多く採用しているユーザーには適応性が高い。さらに、以前の検討でドレン回収システムを構築するも、生産設備側へ背圧を掛ける影響でドレン滞留が発生し、生産に悪影響を与えた結果、ドレン回収を諦めているユーザーに対しても、検討の余地が大いにあると考ええる。

また、「ユゲが天井に付着し結露によるカビ発生など、衛生的に改善が必要な製造現場」や、特に都市圏に多く存在する「敷地面積が狭く、階数を多く取っている縦長な工場」など、設置場所が限られており、製造現場近傍のエリアも候補となり得るユーザーに対して、本機器の持つコンパクト性・衛生面への配慮は、魅力の一つであると考ええる。

6. おわりに

本稿では、ドレン回収の検討における課題から、それらを解消するための新製品「ドレン・ユゲ回収ユニット」の特徴について述べた。本稿が、各工場・施設で検討されるドレン回収システムの見直しや改善に寄与できれば幸いである。