

feature article

吸収ヒートポンプを利用した アルコール蒸留プラントの省エネルギー

Energy Conservation of Alcohol Distillery Plant by Use of Absorption Heat-pump

町田 泰斗 Yasuto Machida

武田 伸之 Nobuyuki Takeda

杉山 充弘 Mitsuhiro Sugiyama

折井 孝久 Takahisa Orii

地球温暖化問題が深刻化する中で、製造業にはさらなる省エネルギーの推進が求められている。製造業のうち、特に化学・薬品・紙・ゴム・食品などの工場では未利用の廃熱が存在する場合が多い。オエノグループのアルコール事業の基幹工場である合同酒精株式会社苦小牧工場では、アルコール蒸気の廃熱が存在し、従来は冷却水などで放熱させていた。今回、その廃熱が活用できる第二種吸収ヒートポンプを導入し、熱の有効利用を図ることでボイラ燃料の使用量を大幅に削減した。このように日立グループは、廃熱の有効活用に着目した吸収ヒートポンプをはじめとした省エネルギー機器・システムを通じて、企業の責務である省エネルギー推進に貢献している。

1. はじめに

合同酒精株式会社をはじめとするオエノグループは、焼酎（ちゅう）を中心に、清酒・チューハイ・カクテル・ワイン・リキュールなどの酒類事業、食品事業、酵素医薬品事業、不動産事業などを展開しており、持ち株会社のオエノホールディングス株式会社を中心に13社で構成されている。

このうち、北海道にある合同酒精苦小牧工場は、オエノグループのアルコール事業の基幹工場であり、酒類・工業用アルコールを製造している。生産能力は年間約4万5,000 kLであり、日本国内最大規模のアルコール生産プラントである。

このアルコールの製造工程で使われる蒸留操作は、多成

分混合液を成分間の相対揮発度を利用して分離精製するものである。蒸留塔と呼ばれる塔の底で、加熱操作により混合液の蒸気を発生し、塔頂から取り出した低沸点成分の蒸気を冷却操作により凝縮させ、分離を進める操作であり、加熱と冷却に多量のエネルギーを消費する。これまで十分に利用されてこなかった100℃未満の蒸気の熱（この事例では2tボイラ2基に相当）を回収して利用することができれば、省エネルギーにつながる。

ここでは、合同酒精苦小牧工場における、廃熱を利用した吸収ヒートポンプの導入事例について述べる〔[図1](#) (a), (b) 参照〕。

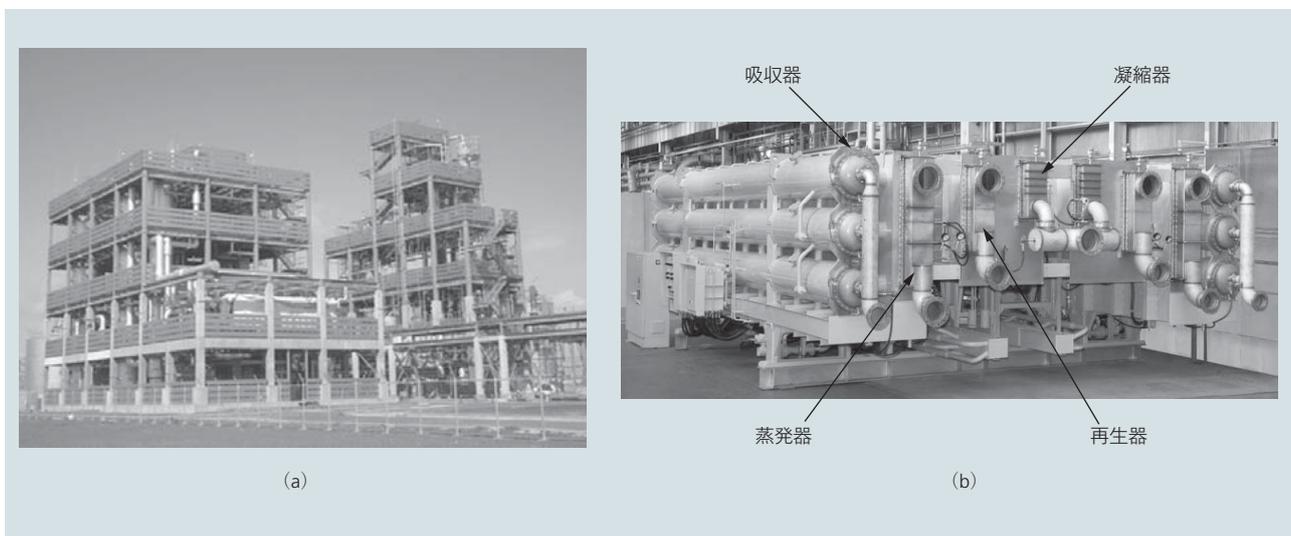


図1 合同酒精株式会社苦小牧工場プラント (a) と、吸収ヒートポンプ (b) の外観
吸収ヒートポンプの導入により、省エネルギー、エネルギーコスト削減の両立を実現している。

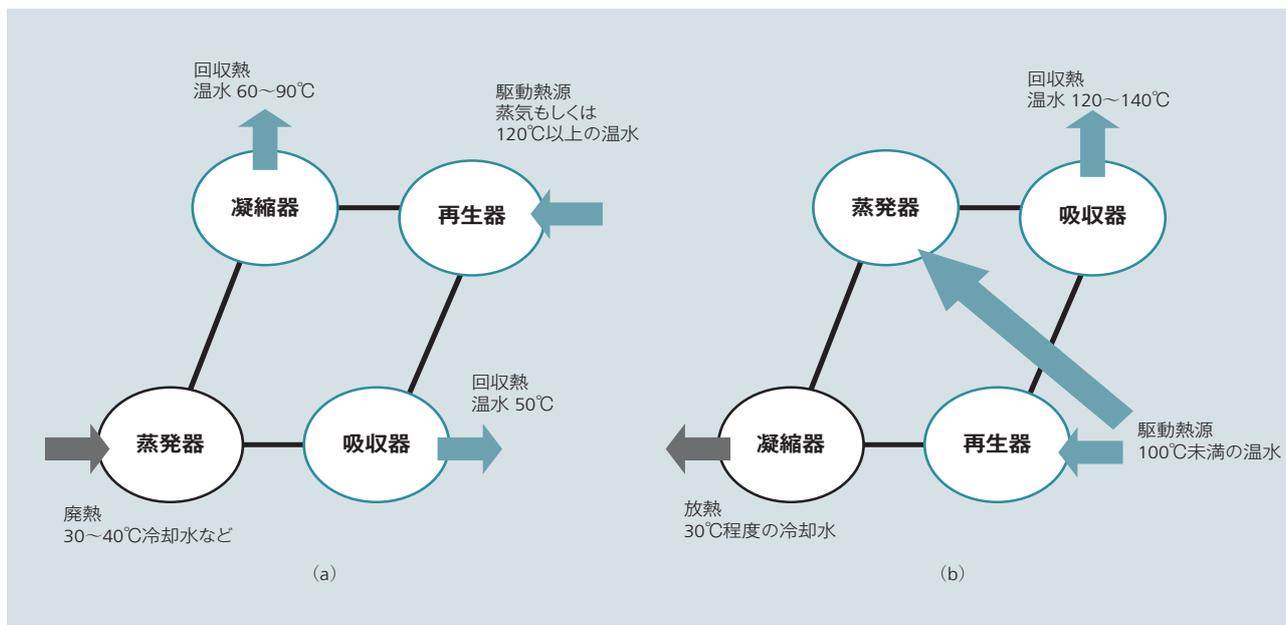


図2 吸収ヒートポンプサイクル

第一種吸収ヒートポンプサイクルを(a)に、第二種吸収ヒートポンプサイクルを(b)に示す。廃熱活用により省エネルギーを図ることが可能となる。

2. 吸収ヒートポンプ

「ヒートポンプ」とは、「ヒート＝熱」、「ポンプ＝汲(く)み上げる」の合成で「熱を汲み上げる」仕組みのことである。吸収ヒートポンプは、第一種の増熱型と第二種の昇温型に大別される。この2種類の違いを踏まえながらヒートポンプの仕組みについて述べる。

吸収ヒートポンプサイクルを図2に示す。まず第一種吸収ヒートポンプでは、廃熱に30～40℃レベルの冷却水や地下水を活用し、駆動熱源として蒸気や120℃以上の温水を用いるが、蒸気は0.3 MPa程度の低圧蒸気でも駆動熱源として使用可能な点が特長である。吸収ヒートポンプは蒸発器、再生器、吸収器、凝縮器の主に四つの器で構成される。蒸発器で廃熱の持つエネルギーを冷媒を通じて吸熱し、再生器で駆動熱源を用いて熱を汲み上げる。熱を汲み上げたことにより、吸収器で50℃レベルの温水、また、凝縮器で60～90℃レベルの温水を取り出すことが可能となる。効率の高さを示す成績係数(COP: Coefficient of Performance)は約1.7であり、駆動熱源のエネルギー1に対して、1.7倍の熱エネルギーが取り出せることから増熱型と呼ばれる。なお、再生器を低温再生器と高温再生器の2段にした二重効用タイプの場合は、成績係数を日立現行製品では約2.3まで高めることが可能となり、一重効用よりさらに高効率なシステムとなる。その一例を図3に示す。

一方、第二種吸収ヒートポンプでは、駆動熱源としてプロセス廃熱や廃温など100℃未満の温水を用いる。

蒸発器および再生器で駆動熱源から熱を汲み上げ、汲み上げた熱は吸収器において冷媒を通じて吸熱し、120～140℃レベルでの温水を取り出すことが可能となる。取り

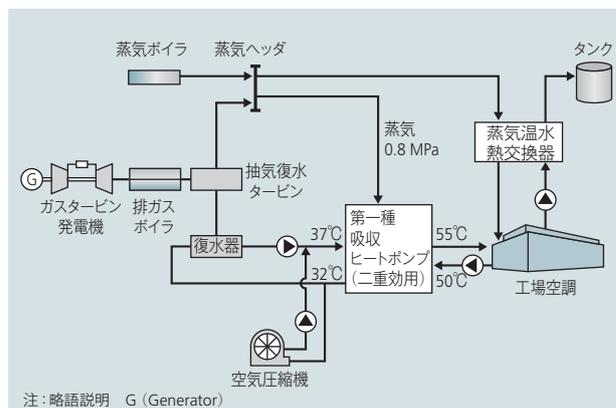


図3 第一種吸収ヒートポンプ(二重効用)の導入例

抽気復水タービンや空気圧縮機からの熱を回収して、空調用の温水を供給した例を示す。

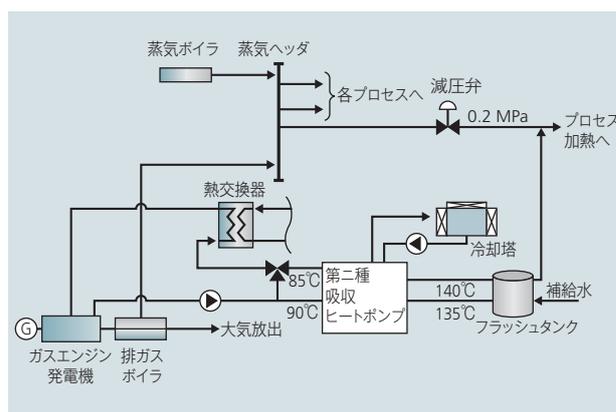


図4 第二種吸収ヒートポンプの導入例

ガスエンジンからの熱を回収して製造プロセスへ蒸気を供給した例を示す。

出した温水は、フラッシュタンクを通じて蒸気として取り出すこともできる。このように、駆動熱源の温度(100℃未満)よりも高い温度(120～140℃)で熱を回収できることが最大の利点であり、昇温型と呼ばれる。その一例を図4に示す。

3. 合同酒精苦小牧工場

吸収ヒートポンプの導入事例を述べるにあたり、合同酒精苦小牧工場の工場概要を表1に、全体イメージを図5に示す。

苦小牧工場はその立地から、原料である粗留アルコールをタンカーからパイプラインを通じて直接工場内へ受け入れられるバース（船の停泊場所）を備えており、製品をすぐに船積みできる効率的な工場となっている。この工場生産されているアルコールを使用した商品を含むオエノングループの代表商品を図6に示す。

4. 吸収ヒートポンプ導入事例

4.1 アルコール蒸留プラント

合同酒精苦小牧工場では、原料である粗留アルコールを

表1 合同酒精苦小牧工場の概要

設備内容、生産規模など苦小牧工場の概要を示す。

名称	合同酒精株式会社 苦小牧工場
設備内容	酒類・工業用アルコール工場
所在地	北海道苦小牧市字弁天1番11
敷地面積	約8万7,000 m ² *
稼働日	2009年4月1日
生産規模	約4万5,000 kL/年
施工会社	日本化学機械製造株式会社（プラント設計・建設）

* 敷地面積はバイオエタノール技術実証プラントとの合計値



図5 苦小牧工場全体イメージ

港から直接工場内へ原料を受け入れることが可能である。



図6 オエノングループの代表商品

「グランブルー」、「鍛高譚（たんたかたん）」などの人気商品を製造している。

蒸留して高純度のアルコールを生産している。生産工程は、粗留アルコールをボイラから供給される蒸気により加熱してアルコール成分を蒸発させ、蒸発したアルコール蒸気を再び凝縮させる操作の中で濃縮された低沸点成分とフーゼル分（いずれも不純物）を抜き出し、高純度のアルコールが精製される。

この蒸留過程で生成されるアルコール蒸気は液化させる必要があるが、その蒸気温度は約78℃と、一般的に使用する100℃以上の蒸気温度と比較して有効利用するには低温であり、従来は、冷却水などで凝縮し廃熱として放熱していた。しかし、生産設備全体の省エネルギー化を図るためには、この廃熱の活用が有効な手段であることから、アルコール蒸留プラントに第二種吸収ヒートポンプを導入した。

4.2 廃熱回収システム

システムフローの概略を図7に示す。

粗留アルコールを蒸留させる主加熱源はボイラからの蒸気を使用し、吸収ヒートポンプは蒸留塔の下流側に配した。加熱源として使用した水蒸気ドレンの一部（107℃の温水）と、蒸留過程で生成される78℃のアルコール蒸気とを吸収ヒートポンプへ導く。吸収ヒートポンプでは、アルコール蒸気を駆動熱源として、加熱源となる温水を112℃まで昇温させ再び蒸留塔へ戻す。昇温させた温水は蒸留の加熱源として再利用されるので、主加熱源である蒸気（ボイラ燃料）の削減につながる。

今回導入した吸収ヒートポンプの仕様を表2に示す。2,475 kWの加熱容量は2 tボイラ2基分に相当し、吸収ヒートポンプの導入により、約40%のボイラ蒸気の削減となり、原油換算で年間約2,000 kLの省エネルギーに、また、年間約5,000 t[※]のCO₂排出量抑制に貢献する。

4.3 吸収ヒートポンプの制御

このアルコール蒸留プラントにおける吸収ヒートポンプの位置づけは、廃熱回収だけではなく、蒸留の一部を担っている。蒸留精度を損なわずに適切な廃熱回収を行うためには、吸収ヒートポンプおよびプラント全体の制御に高い精度が求められる。今回の導入にあたり、吸収ヒートポンプとして特に以下の制御調整を施した。

(1) 加熱制御の安定化

蒸留工程において、蒸留塔から低沸点成分の安定した抜き出しが重要であるため、吸収ヒートポンプから蒸留塔へ送る加熱量を安定させる必要がある。一方、吸収ヒートポンプは温水、アルコール蒸気、冷却水と各種パラメータの

※) 比較対象はA重油焚（だ）きボイラ、年間8,000時間稼働。CO₂排出原単位はA重油2.71 t/kL、北海道電力0.588 t/MWhにて算出。

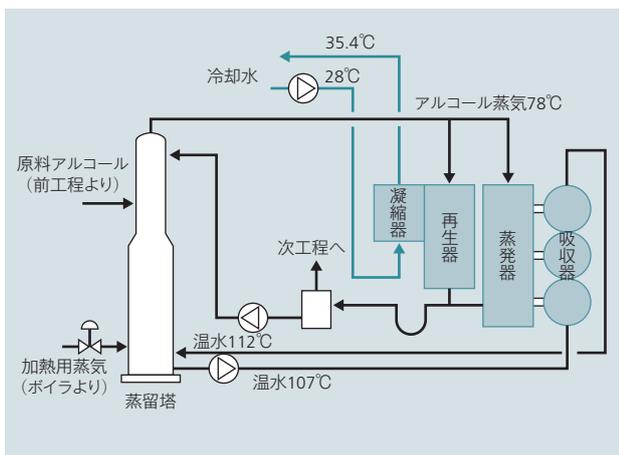


図7 システムフローの概略
100℃未満のアルコール蒸気を有効活用することでボイラ燃料削減に貢献する。

表2 吸収ヒートポンプの仕様

加熱容量、消費電力など吸収ヒートポンプの仕様を示す。

項目	仕様
加熱容量	2,475 kW
温水温度	入口107℃, 出口112℃
冷却水温度	入口28℃, 出口35.4℃
駆動熱源	アルコール蒸気78℃
消費電力	24 kW
COP	0.45

注：略語説明 COP (Coefficient of Performance)

影響を受けやすい。そこで、蒸留塔の加熱量の変化が緩やかとなる吸収ヒートポンプの制御設定を見だし、加熱制御の安定化を実現した。

(2) 生産要求に対応した廃熱回収量制御

このアルコール蒸留プラントは、1日当たりのアルコール生産量を可変できる生産設備で、アルコールの蒸留過程において、アルコール蒸気を複数段で凝縮させている。最初の凝縮過程に位置する吸収ヒートポンプは、前述のように低沸点成分を安定的に抜き出す必要がある。よって、要求されるアルコール生産量に見合った廃熱回収量（アルコール蒸気の凝縮量）とすることが求められる。そこで、生産要求に対応した廃熱回収量制御を実施した。

5. おわりに

ここでは、アルコール蒸留プラントにおける、廃熱利用の事例として、合同酒精株式会社苦小牧工場における吸収

ヒートポンプ導入について述べた。

化学・薬品・紙・ゴム・食品などの工場では廃熱が存在した場合、利用されずに廃棄されることが多い。特に今回のように蒸留プロセスへ活用することができれば、大きな省エネルギー効果をもたらすことができる。

今後も、さまざまな施設に適したシステム・機器・運用を導入し、企業としての責務である省エネルギー推進に貢献していく考えである。

本論文の執筆にあたり、合同酒精株式会社（オエノングループ）、日本化学機械製造株式会社、および関係各位に深く感謝する次第である。

参考文献など

- 1) オエノングループ, <http://www.oenon.jp/>
- 2) 日本化学機械製造株式会社, <http://www.nikkaki.co.jp/>

執筆者紹介



町田 泰斗

1998年株式会社日立システムテクノロジー(現 株式会社日立情報制御ソリューションズ) 入社, 日立製作所 都市開発システム社 エネルギーソリューション本部 エネルギーエンジニアリング部 所属
現在, 省エネルギー事業全般に従事



武田 伸之

1994年日立製作所入社, 日立アプライアンス株式会社 空調事業部 土浦空調本部 所属
現在, 吸収式熱源機的设计に従事



杉山 充弘

1982年合同酒精株式会社入社, 苦小牧工場 工場長
現在, アルコール製造全般に従事



折井 孝久

1999年日本化学機械製造株式会社入社, 技術部 技術1課 所属
現在, 化学装置(主に蒸留プラント)における基本設計に従事