

電気エネルギー  
導入事例  
ダイジェスト

これからの時代 ものづくりに電気

ビール工場

## キリンビール株式会社 神戸工場さま



蒸気再圧縮 (VRC) システム

# 蒸気再圧縮システムの導入により 麦汁煮沸工程での廃熱利用を実現

キリンビール株式会社 神戸工場では、仕込みの麦汁煮沸工程で発生する低温の水蒸気を圧縮機にて昇圧・昇温し、同工程に回収利用する「蒸気再圧縮システム」(VRC=Vapor Re-Compression) を設立当初から運用しており、多くのエネルギーを要する煮沸工程での廃熱利用を実現させている。



神戸工場から出荷される各種商品

### 導入の決め手

#### 蒸気を蒸気のまま再生エネルギーとして活用

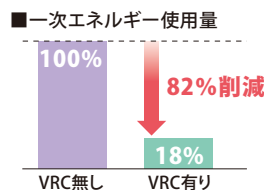
神戸工場の前身である尼崎工場では、麦汁煮沸時に発生する水蒸気が有する多量のエネルギー(潜熱)を、巨大な温水タンクに一旦蓄熱し、次のバッチに投入する麦汁の予熱として再利用するという取り組みを既に行っていた。しかし、麦汁の予熱負荷に比べ、発生する水蒸気の潜熱は大きいことから、温水タンクに貯めた熱量が余ってしまうことがあった。そこで神戸工場の新設に当たって検討・採用されたのがVRCシステムである。同システムは「蒸気を蒸気のまま再生エネルギーとして活用する方法」である。煮沸時に麦汁から発生する水蒸気を、余すことなく同一プロセスに時差無く回収利用できることが決め手となり、1997年に導入された。なお、2016年10月にはVRCの心臓部とも言えるスクリュウ式圧縮機が新たに更新された。

### メリット

#### エネルギー使用量削減

蒸気再圧縮 (VRC) システムを導入することで、単純に同システムが無い場合と比較し、一次エネルギー使用量を**82%** [745kL/年(原油換算)] 削減できる見込み。

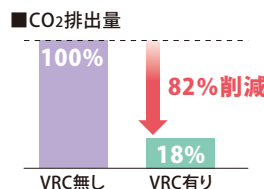
- 一次エネルギー使用量 算出条件  
◎電力・・・9.68MJ/kWh (\*1) ◎都市ガス・・・45.0MJ/m<sup>3</sup>
- \*1: エネルギーの使用の合理化等に関する法律



#### CO<sub>2</sub>削減

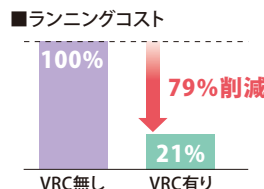
同上により、CO<sub>2</sub>排出量を**82%** (1,476t-CO<sub>2</sub>/年) 削減できる見込み。

- CO<sub>2</sub>排出量 算出条件  
◎電力・・・0.493kg-CO<sub>2</sub>/kWh (\*2) ◎都市ガス・・・2.29kg-CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>
- \*2: 関西電力㈱2016年度実績値(調整後)



#### ランニングコストの削減

同上により、ランニングコストを**79%** (3,700万円/年) 削減できる見込み。



※グラフ数値は㈱前川製作所提供資料より

神戸工場では「キリンラガービール」や「キリン一番搾り」「本麒麟」「のどごし(生)」「淡麗」など、キリンビールの主力商品を製造し、関西圏に出荷している。以前、尼崎市にあった旧工場の老朽化に伴い、1997年に設立された。緑豊かな丘陵地帯の一角に溶け込む神戸工場は、構想段階から「地域との共生」を掲げ、環境に優しい工場づくりにこだわって取り組みを進めている。2009年には「緑化優良工場等経済産業大臣賞」を、さらに今年には「平成30年 緑化推進運動功労者 内閣総理大臣賞」を受賞している。



#### Company Profile

企業名 キリンビール株式会社  
所在地 神戸工場  
電話番号 兵庫県神戸市北区赤松台2-1-1  
078-986-8001  
<https://www.kirin.co.jp/>

## 廃熱の発生とその利用先の 時間的タイミングのズレが課題

ビールは製麦、仕込み、醗酵、熟成、ろ過、缶・びん・樽詰めといった一連の工程を経て製造される。この中で最も多くのエネルギーを必要とするのが、仕込み工程である。同工程では、粉碎した麦芽や米、コーンスターチなどの副原料を温水と混ぜてもろみを作り、このもろみをろ過してホップを加え煮沸する。ガス焚蒸気ボイラから供給された120℃の蒸気は、多管式熱交換器を介し、麦汁を自然対流にて加熱・煮沸する。沸騰した麦汁から発生する水蒸気は、ボイラから煮沸釜に供給されるスチームとほぼ同程度の熱量を有すことから、この水蒸気の熱の有効利用が課題であった。「尼崎工場の時代から、水蒸気の熱の一部は活用していました。水蒸気が有する多量のエネルギー（潜熱）を、巨大な温水タンクに一旦蓄熱し、次のバッチで煮沸釜に投入する麦汁予熱として再利用するものです。しかし、麦汁の予熱負荷に比べ、発生する水蒸気の潜熱は大きく、温水タンクに貯めた熱量が余ってしまうことが課題でした。」



神戸工場  
エンジニアリング・環境安全担当  
齊藤 駿氏

## VRCシステムの導入により 水蒸気熱の100%有効利用を実現

神戸工場の新設に伴い、水蒸気の熱の一部は尼崎工場同様に、次バッチの麦汁予熱に活用されることとなった。同熱の100%有効活用を目指し、たどり着いた答えが「蒸気を蒸気のまま、時差無く再生エネルギーとして活用できる方法」、つまりVRCシステムの採用である。

「麦汁から発生する水蒸気はボイラから供給されるスチームと同程度の熱量を持っていますが、100℃しかないため、煮沸用のスチームに再利用できません。また、煮沸工程はバッチ式であるため、100℃の水蒸気で次バッチの麦汁を予熱できません。水蒸気が発生するタイミングと、麦汁を予熱するタイミングに時間差があるためです。」

「エンジニアリング・環境安全担当 齊藤氏  
VRCシステムでは、麦汁から発生した100℃の水蒸気は、スクリュウ式蒸気圧縮機により昇圧・昇温されることで、120℃の蒸気に生まれ変わる。圧縮蒸気はボイラで作られるスチームと混合され、煮沸釜での加熱に再利用される。ボイラからのスチームと同温度となったことで、廃熱を同一プロセスに時差無く回収利用できるようになった。」

水を加熱して蒸気にするには、潜熱といった多くのエネルギーが必要であるが、既に多量の潜熱を有する低温水蒸気を20℃分の

み昇圧・昇温するためのエネルギーはごくわずかである。メーカーである(株)前川製作所の仕様では、「1」の投入電力量に対して、取り出せる圧縮蒸気の熱量は「12」（COP=12）にもなるという。

「圧縮機を稼働させるための電力がわずかながら増えたものの、スチームを作るための天然ガスの削減に貢献できた結果、大幅な省エネが実現できました。また、燃焼プロセスを減らせたことで、脱炭素化にもつながりました。」エンジニアリング・環境安全担当 齊藤氏

## 稼働後19年が経過したVRCは 2016年10月に圧縮機を更新

採用された蒸気圧縮機は、耐食性ローターの採用などにより、ミストや小さな異物などを含んだ蒸気に対しても強く、エロージョン（機械的な浸食）が起きにくいよう設計されており、実に21年間もの間、稼働を続けたきた。2016年10月には、VRCの心臓部とも言える圧縮機が更新され、引き続き同工場での生産に貢献していくこととなった。

「神戸工場では更なる省エネ・脱炭素化を進めてまいります。特に加熱プロセスでは、熱源となるガスを燃焼している限り、温室効果ガス(GHG)を削減することはできません。そこで、加熱プロセスの電化を進めつつ、並行して再生可能で低炭素な電気を調達することにより、GHG削減に努めてまいります。」齊藤氏

### ■ 設備概要

- 蒸気再圧縮 (VRC) システム  
〔(株)前川製作所〕
- ・型式: STM370XL
  - ・圧縮蒸気量: 5t/h
  - ・消費電力: 330kW
  - ・COP※: 12
  - ・稼働時間: 2,000h/年

※低温水蒸気を100→120℃  
まで断熱圧縮・昇温した時

設計施工: (株)前川製作所



麦汁予熱器 (プレート式熱交換器)

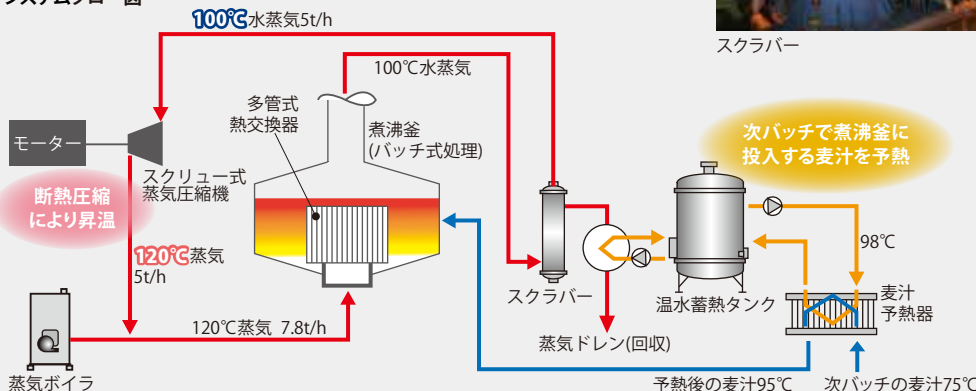


スクラパー



巨大な煮沸釜で消費するエネルギーは、工場全体のエネルギー消費量の約35%を占める

### ■ システムフロー図



【取材:2018年8月】