

## 対策概要

■ コージェネレーション設備として、工場内蒸気最適運用システムを導入する。

## 導入可能性のある業種・工程

■ 複数の異なった蒸気圧を使用する全業種

## 原理・仕組み

■ 工場内蒸気最適運用システムとは、複数の蒸気圧を持ち、蒸気の低圧化に対して背圧タービンによる電気回収及び動力回収、全体の蒸気バランスをとるために蒸気を使い切る復水タービンで電力回収するように全体の蒸気バランスをコントロールするシステムである。

### 対策実施イメージ<sup>[1]</sup>

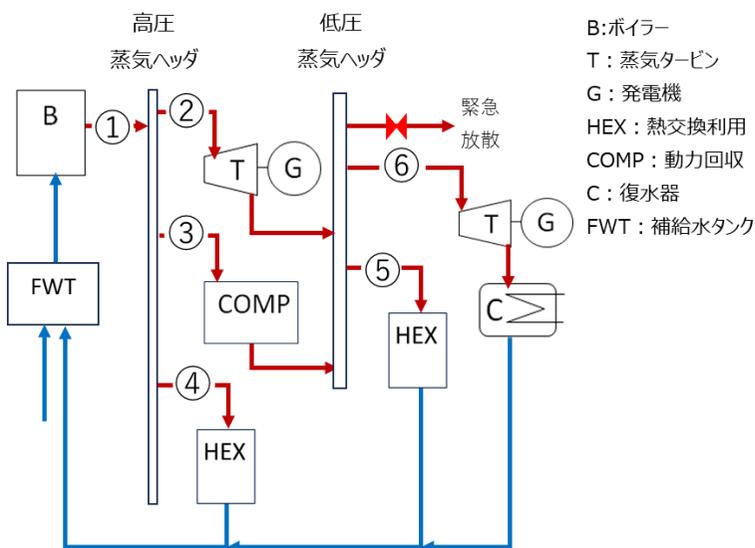


図1 蒸気フロー

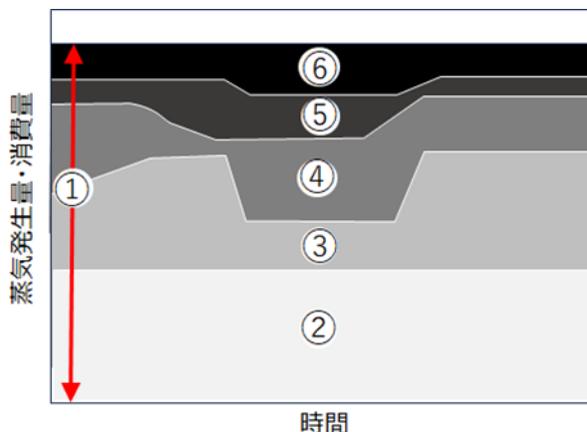


図2 蒸気バランス

- 図1の例では、ボイラーから供給される高圧蒸気①から、背圧タービンによる発電②、動力回収利用③、熱回収利用④を行う。
- ②③の出側の低圧蒸気から、熱回収利用⑤を行い、さらに余剰となった蒸気は、放散せず、復水タービンによる発電⑥を行って使い切る。
- ドレンは補給水タンクを経てボイラーに戻る。
- 図2に示すように、蒸気発生量①、蒸気需要（②、③、④、⑤）の変化や、設備の応答性等を加味しつつ、蒸気バランスを制御し、復水タービンによる発電⑥を行うことで、蒸気を無駄なく使い切ることができる。

出所) [1]JFEスチール株式会社「川崎製鉄技術vol.15 (1983) no.1千葉第2 CDQ発生蒸気の電力転換システム」  
[https://www.jfe-steel.co.jp/archives/ksc\\_giho/15-1/j15-088-092.pdf](https://www.jfe-steel.co.jp/archives/ksc_giho/15-1/j15-088-092.pdf)  
(閲覧日: 2023年12月1日)を参考に作成

## 効率・導入コストの水準

- 効率水準: -
- 導入コスト水準: -

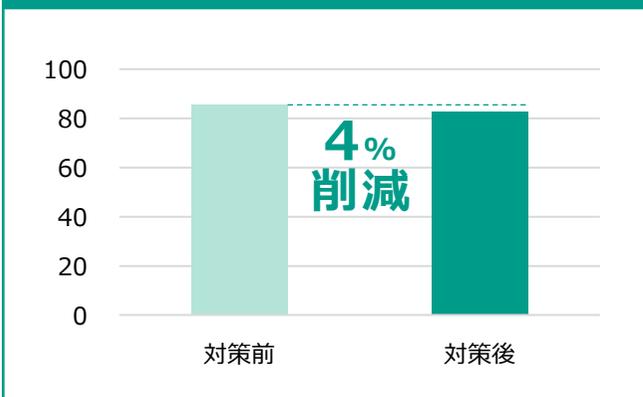
## 導入効果

- 5.4MPaの過熱蒸気100t/hを製造するボイラーを有する工場において、工場内蒸気最適運用システムを導入し、発生蒸気の5%に相当する熱量を復水タービンを用いた発電機（発電効率30%）で回収したケースにおける試算例は以下のとおり。

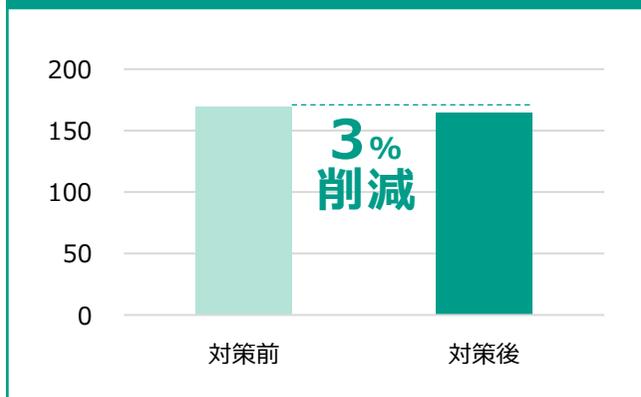
### 導入効果の試算例

- エネルギー消費量で4%、CO<sub>2</sub>排出量とエネルギーコストで3%削減できる試算結果。

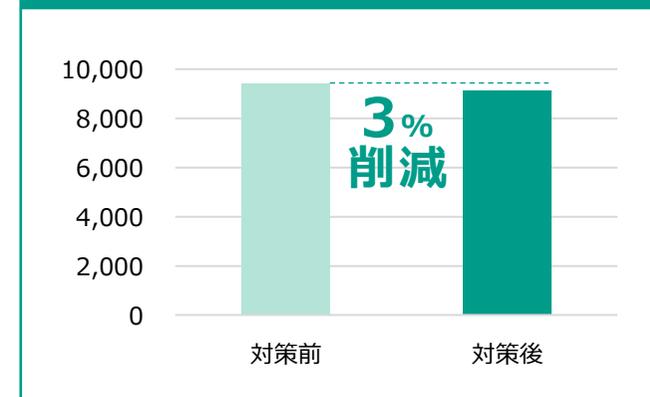
#### エネルギー消費量 (千kL/年)



#### CO<sub>2</sub>排出量 (千t-CO<sub>2</sub>/年)



#### エネルギーコスト (百万円/年)



# 工場内蒸気最適運用システムの導入

高効率設備  
への更新



## 計算条件

- 5.4MPaの過熱蒸気100t/hを製造するボイラーを有する工場において、工場内蒸気最適運用システムを導入し、発生蒸気の5%に相当する熱量を復水タービンを用いた発電機（発電効率30%）で回収したケースを想定した。

| 項目                        | 記号 | Before | After  | 単位                                  | 数値の出所、計算式  |
|---------------------------|----|--------|--------|-------------------------------------|--|
| 都市ガスの単価                   | ①  | 128    | 128    | 円/Nm <sup>3</sup>                   | 【参考①】  |
| 都市ガスの単位発熱量                | ②  | 45.0   | 45.0   | GJ/千Nm <sup>3</sup>                 | 【参考①】  |
| 都市ガスの低位発熱量                | ③  | 40.6   | 40.6   | GJ/千Nm <sup>3</sup>                 | 【参考①】  |
| 都市ガスのCO <sub>2</sub> 排出係数 | ④  | 2.31   | 2.31   | t-CO <sub>2</sub> /千Nm <sup>3</sup> | 【参考①】  |
| 電気の単価                     | ⑤  | 22.76  | 22.76  | 円/kWh                               | 【参考①】  |
| 電気の一次エネルギー換算係数            | ⑥  | 8.64   | 8.64   | GJ/千kWh                             | 【参考①】  |
| 電気のCO <sub>2</sub> 排出係数   | ⑦  | 0.434  | 0.434  | tCO <sub>2</sub> /千kWh              | 【参考①】  |
| ボイラーの蒸気生産量                | ⑧  | 100    | 100    | t/h                                 | 想定値  |
| 蒸気の比エンタルピー                | ⑨  | 3,310  | 3,310  | kJ/kg                               | 5.4MPa（ゲージ圧）、450℃の過熱蒸気を想定 <sup>[2]</sup>                                 |
| 給水の比エンタルピー                | ⑩  | 335    | 335    | kJ/kg                               | 給水温度80℃を想定 <sup>[3]</sup>  |
| ボイラー効率                    | ⑪  | 90     | 90     | %                                   | 想定値  |
| ボイラーの運転時間                 | ⑫  | 8,760  | 8,760  | h/年                                 | 24h/日×365日/年と想定  |
| タービンによる熱回収率               | ⑬  | 0      | 5      | %                                   | 想定値  |
| 発電効率                      | ⑭  | 30     | 30     | %                                   | 想定値  |
| ボイラーの都市ガス消費量              | ⑮  | 71,322 | 71,322 | 千Nm <sup>3</sup> /年                 | $(⑨ - ⑩) \times ⑧ \div (⑪ \div 100) \times ⑫ \div ③ \div 1,000$          |
| 発電量                       | ⑯  | 0      | 12,065 | 千kWh/年                              | $⑮ \times ③ \times ⑬ \div 100 \times ⑭ \div 100 \div 3.6 \text{GJ/千kWh}$ |
| 電気購入量                     | ⑰  | 12,065 | 0      | 千kWh/年                              | Before : ⑯a After : ⑰b-⑯a  |
| エネルギーの原油換算係数              | ⑱  | 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。出所 [2]株式会社ティエルブイ「過熱蒸気表」<https://toolbox.tlv.com/ja/calculator/superheated-steam-table.php>（閲覧日：2023年12月1日）、[3]一般財団法人省エネルギーセンター「2018省エネルギー手帳」（2017年11月27日）

## 計算結果

| 項目                  | 記号 | Before | After | 単位                    | 計算式   |
|---------------------|----|--------|-------|-----------------------|---|
| エネルギー消費量            | ⑲  | 85.5   | 82.8  | 千kL/年                 | $(⑮ \times ② + ⑰ \times ⑥) \times ⑱ \div 1,000$ |
| CO <sub>2</sub> 排出量 | ⑳  | 170.0  | 164.8 | 千t-CO <sub>2</sub> /年 | $(⑮ \times ④ + ⑰ \times ⑦) \div 1,000$          |
| エネルギーコスト            | ㉑  | 9,404  | 9,129 | 百万円/年                 | $(⑮ \times ① + ⑰ \times ⑤) \div 1,000$          |

## 備考

- タービンを利用可能な圧力の蒸気を減圧して利用している場合に導入を検討する。