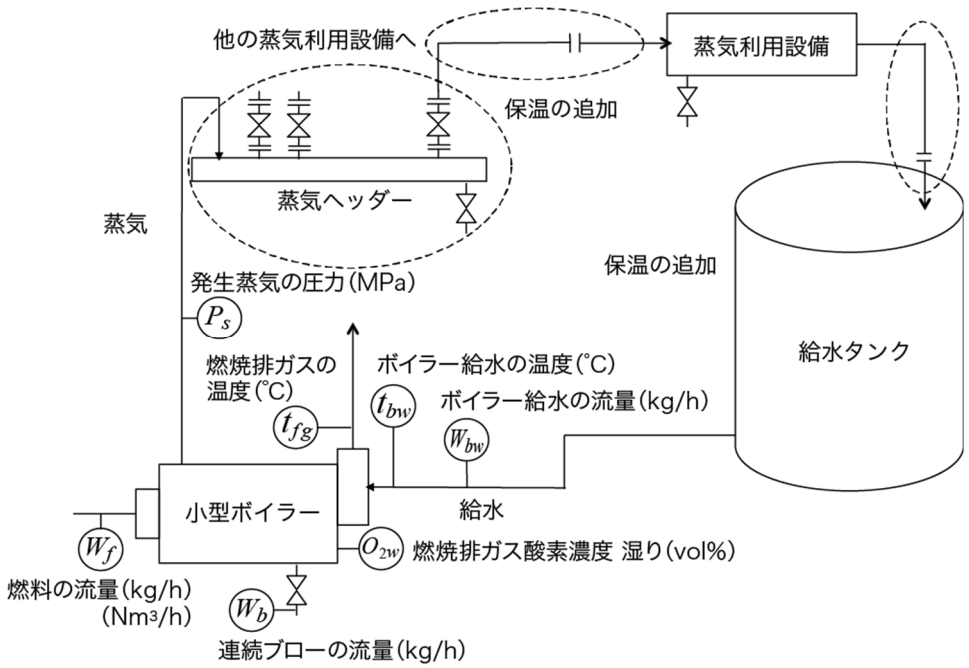
「省エネルギーセンター」ダウンロードファイル（無断転載、翻訳を禁ず）

概要シート

対策名	122221　蒸気配管・蒸気バルブ・フランジ等の断熱強化
対策タイプ	部分更新・機能付加
対象業種	産業用　業務用
分類	蒸気システム
内容・目的	蒸気用配管、弁およびフランジに保温カバー等を追加し放熱損失を低減させ、ボイラーで使用する燃料量を削減する。
対策技術の概要	蒸気システムの搬送設備を構成する蒸気バルブおよびフランジは、保守点検の容易さを確保するために保温されていない事例が認められる。圧力0.8MPa飽和蒸気の温度は170℃であり、蒸気バルブおよびフランジの外表面温度が170℃近くまで上昇し大きな放熱損失の原因となっている。 蒸気システムが屋内に設置されている場合、雰囲気温度の上昇により作業環境を悪化させ、空調設備の負荷上昇の原因となっている。 省エネルギー対策取組みの浸透による需要増加に対応するために、柔軟な保温材を利用した着脱の容易な保温カバーが各種提供されている。 一般財団法人機械振興協会技術研究所による接触による火傷防止の基準「一時的に接触する可能性がある場合、機械装置の表面温度を49℃以下にする」という観点から災害の防止にも貢献する対策である。
補足説明	フランジ部を保温する場合、フランジを締め付けるボルトの熱膨張により、フランジ部に隙間が生じて蒸気漏れの原因となるので、注意すること。
参考資料	

「省エネルギーセンター」ダウンロードファイル（無断転載、翻訳を禁ず）

計測シート

対策名	122221　蒸気配管・蒸気バルブ・フランジ等の断熱強化
対象タイプ	部分更新・機能付加
対象業種	産業用　業務用
分類	蒸気システム
内容・目的	蒸気用配管、弁およびフランジに保温カバー等を追加し放熱損失を低減させ、ボイラーで使用する燃料消費量を削減する。
フロー図と計測箇所	 図１．蒸気システムからの放熱損失の低減およびドレンの回収
計測装置	蒸気システムの搬送設備である蒸気用配管、バルブおよびフランジ等からの放熱損失の状況を把握するために、サーモカメラによる立体的な観察を行い、主要な放熱損失部位を確認し計測した概略温度を分析へ反映する。 ボイラーの運転効率および運転時間による影響を分析するために必要な下記データを計測記録および入手する。 出口燃焼排ガス温度（℃） 燃焼排ガスの酸素濃度（vol%） 燃料種類および単価 運転時間（h）
計測留意事項	
補足説明	
用語説明	

「省エネルギーセンター」ダウンロードファイル（無断転載、翻訳を禁ず）

算定シート

対策名	122221　蒸気配管・蒸気バルブ・フランジ等の断熱強化
対象タイプ	部分更新・機能付加
対象業種	産業用　業務用
分類	蒸気システム
内容・目的	蒸気用配管、弁およびフランジに保温カバー等を追加し放熱損失を低減させ、ボイラーで使用する燃料消費量を削減する。
計算条件	既設ボイラー *計測記録したデータ、他のデータは参考資料から求める（[1][2]・・は出典・参考資料の番号を示す）。 発生蒸気圧力　：0.8MPa 燃料　：都市ガス 13A* 低位発熱量　：40.6MJ/Nm^3＝40,600kJ/m^3＝40.6GJ/1,000m^3[2] 高位発熱量　：44.8MJ/Nm^3＝44,800kJ/Nm^3＝44.8GJ/1,000Nm^3[2] 湿り排ガスの酸素濃度　：3.2%* 出口燃焼排ガス温度　：263℃* 二酸化炭素排出係数　：2.23tCO_2/1,000m^3[3] 原油換算係数　：0.0258kL/GJ エネルギー単価　：76,000 円/1,000m^3[6] 運転時間　：2,080 時間/年（＝8 時間/日×260 日/年）* 保温材を施されていない蒸気配管部品 玉型弁およびフランジは長期間の使用により錆に覆われ、 放射率を 0.8 とする
計算方法	既設ボイラーの運転データ（湿り排ガスの酸素濃度 3.2%および出口燃焼排ガス温度 263℃）と使用燃料（都市ガス）の繰返し燃焼計算結果より、過剰空気率は 20%、放熱損失 0.5%における熱効率は 88%と推定される。 室内では 25℃、無風、屋外では年間平均気温、風速（東京は 15.4℃、2.9m/s）にて放熱損失量を求める。 JIS A9501　保温保冷工事施工標準、2014 年　抜粋 裸水平管の外表面における熱伝達係数（h_{rc}）は、対流熱伝達係数（h_c）と放射熱伝達係数（h_r）の合計値であり $h_{rc} = h_c + h_r$ である。 水平管の対流熱伝達係数（h_c）（W/m^2K）

「省エネルギーセンター」ダウンロードファイル（無断転載、翻訳を禁ず）

算定シート

$h_c = 1.19\left(\frac{t_w - t_a}{d_o}\right)^{0.25}\left(\frac{v_a + 0.348}{0.348}\right)^{0.5}$

を計算する式に

外気温度（T_a）　（25℃）
外表面温度（T_w）　（170℃）
風速（v_a）　（0.0m/s）屋内
管の外径（d_o）　（0.1143m）

を代入し、

$$h_c = 1.19\left(\frac{170\,℃ - 25\,℃}{0.1143m}\right)^{0.25}\left(\frac{0.0m/s + 0.348}{0.348}\right)^{0.5}$$
$$= 7.10\,\mathrm{W/m^2K}$$

放射熱伝達係数（h_r）（$\mathrm{W/m^2K}$）

$$h_r = \varepsilon\sigma\,\frac{T_w{}^4 - T_a{}^4}{T_w - T_a}$$

を計算する式に

放射率（ε）　0.8
ステファンボルツマン定数（σ）　$5.67 \times 10^{-8}\mathrm{W/m^2K^4}$
外気温度（t_a）　（25℃）
保温材表面温度（t_w）　（170℃）
外気温度（T_w）　（K）
保温材表面温度（T_a）　（K）

を代入し、

$$h_r = 0.8 \times 5.67 \times 10^{-8} W/m^2K^4\,\frac{(170\,℃ + 273.15)^4 - (25\,℃ + 273.15)^4}{(170\,℃ + 273.15) - (25\,℃ + 273.15)}$$
$$= 9.60\mathrm{W/m^2K}$$

よって、外表面における熱伝達係数は

$$h_{rc} = h_c + h_r$$
$$= 7.10\,\mathrm{W/m^2K} + 9.60\mathrm{W/m^2K} = 16.70\mathrm{W/m^2K}$$

となる。

なお、上向き平面、下向き平面および垂直平面および管に関する対流熱伝達係数、円筒多層構造における熱通過率の計算式については、JIS A9501　保温保冷工事施工標準、2014 年の関連個所を参照のこと。

「省エネルギーセンター」ダウンロードファイル（無断転載、翻訳を禁ず）

算定シート

放熱損失　q_l（W/m²K）

q_l＝16.70W/m²K×（170℃-25℃）　＝2,422 W/m²

現地調査にて屋内に設置された蒸気配管にある保温材を未施工の部品を確認し下表を作成する。

品番	名称	個数（個）	外径（mm）	相当長さ（m/個）	放熱損失（kW/m）	放熱損失（w）
1	10K 玉型弁 25A	12	34.0	1.22	0.26	3.81
2	10K 玉型弁 50A	6	60.5	1.11	0.46	3.06
3	クラス 150 玉型弁 100A	4	114.3	1.27	0.87	4.42
4	クラス 150 SORF フランジ 100A	10	114.3	0.39	0.87	3.39
合計						14.68

（5）相当長さは高村淑彦、村田博、エネルギー管理のためにデータシート、省エネルギーセンター、2014 年、p.146、p.147 から引用

保温効率を 89%と仮定し保温カバーの効果を計算する。なお、保温カバー等の放熱損失計算を行い仮定の妥当性を確認すること。

燃料削減量　＝14.68kW×2,080h/年×3.6MJ/kWh÷（40.6MJ/m³×0.88）×0.89
＝2,738m³/年

原油換算削減量　＝2,738m³/年×44.8GJ/1,000m³×0.0258kL/GJ
＝3.16kL/年

CO_2 削減量　＝2,738m³/年×2.23t-CO_2/1,000m³
＝6.11t-CO_2/年

燃料費削減金額　＝2,738m³/年×76,000 円/1,000m³
＝208,000 円/年

効果

	単位	効果	備考
① 購入電力削減量	—	—	
② 原油換算削減量	kL/年	3.16	
③ CO_2 削減量	t-CO_2/年	6.11	
④ 削減金額	千円/年	208	

測定/取得データ

1．計算条件および計測シートを参照のこと。

「省エネルギーセンター」ダウンロードファイル（無断転載、翻訳を禁ず）

算定シート

留意事項	保温を施されていない蒸気配管、バルブおよびフランジの表面状態の表面状態により放射率が 0.3 から 0.6 または 0.8 と変化し、放射熱伝達係数への影響が大きい。耐熱シルバー塗装の損傷程度、赤錆等の発生状況を確認し、妥当な放射率を選定し分析へ反映すること。 1．伝熱工学資料、日本機械学会、昭和 50 年、p.95 図塗装面の垂直ふく射率、p.11 ふく射熱源の温度による各種個体の吸収率 2．ふく射伝熱に関する最近の発展、日本機械学会、昭和 41 年、p.119 第 6.4 図
出典・参考資料	[1]蒸気表、1999 年（日本機械学会） [2]『貫流ボイラ性能表示ガイドライン』2017 年（日本小型貫流ボイラー協会） [3]特定排出者の事業活動に伴う温室効果ガスの排出量の算定に関する省令 （平成18年経済産業省、環境省令第三号） 温室効果ガス排出量算定・報告・公表制度、算定・報告・公表制度における算定方法・排出係数一覧 [4]JIS A 9501 保温保冷工事施工標準、2014 年 [5]高村淑彦・村田博編著『エネルギー管理のためのデーシート』2014 年、p.145 ～ p.147（省エネルギーセンター） [6]東京ガス㈱の東京地区ガス料金表

「省エネルギーセンター」ダウンロードファイル（無断転載、翻訳を禁ず）

算定シート

参考図表等

バルブおよびフランジの裸面積および相当管長を求める計算方法を規定している ASTM C1129 Standard Practice for Estimation of Heat Savings by Adding Thermal Insulation to Bare Valves and Flanges, 1994
からの抜粋した計算式および表を参考に記載する。エネルギー管理のためのデーシートの E7 蒸気配管部品（バルブ・フランジ部）の未保温表面積と配管相当長さに比較し、10%程度小さな値となるが概算推定には根拠が明確となり便利である。

Outer Surface of Bare Valve

$$A_{bare\ valve} = \pi\left[d_p\left(l_v + 2l_f + \left(\hbar_v - \frac{d_p}{2}\right) - 6t_f\right) + \frac{6}{4}\left(d_f^2 - d_p^2\right) + 6d_f t_f\right]$$

Outer Surface of Flanges

$$A_{bare\ flange} = \pi\left[d_p\left(l_v + 2l_f - 4t_f\right) + \frac{4}{4}\left(d_f^2 - d_p^2\right) + 4d_f t_f\right]$$

$$A_{bare\ flange} = \pi\left[d_p\left(2l_{f-} - 2t_f\right) + \frac{2}{4}\left(d_f^2 - d_p^2\right) + 2d_f t_f\right]$$

$A_{bare\ valve}$ ：バルブの表面積（m^2）
$A_{bare\ flage}$ ：フランジの表面積（m^2）
d_f ：フランジの外径（m）
d_p ：配管の外径（m）
$\hbar_v$ ：バルブの高さ　配管の中心線からグランドシールまで
l_f ：フランジの長さ（m）
l_v ：バルブの長さ（m）
t_f ：フランジの厚さ（m）

呼び径	外径	150	300	600
	mm ANSI	$m(m^2)$	$m(m^2)$	$m(m^2)$
2	60.3	1.083（0.205）	1.437（0.273）	1.442（0.273）
2-1/2	73.0	1.204（0.276）	1.422（0.326）	1.583（0.363）
3	88.9	1.121（0.313）	1.462（0.408）	1.562（0.436）
4	114.3	1.212（0.435）	1.569（0.563）	1.978（0.710）
6	168.3	1.236（0.653）	1.707（0.902）	2.29（1.210）
8	219.1	1.391（0.957）	1.823（1.254）	2.48（1.709）
10	273.0	1.498（1.284）	1.950（1.672）	2.87（2.462）
12	323.8	1.471（1.496）	2.20（2.239）	2.92（2.964）
14	355.6	1.897（2.118）	2.70（3.019）	3.30（3.688）
16	406.4	2.01（2.564）	2.86（3.651）	3.68（4.691）
18	457	2.05（2.945）	3.20（4.589）	3.87（5.555）
20	508	2.20（3.502）	3.44（5.490）	4.15（6.624）