「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）

【対策効果算定シート】

対策の種類	対策名称	シート番号	対策メニュー名
部分更新・機能付加	蒸気配管・蒸気バルブ・フランジ等の断熱強化	C12222	蒸気配管・蒸気バルブ・フランジ等の断熱強化
工程名	原料加熱	対象設備	ボイラー
システム／設備区分名	蒸気システム		
対策内容	蒸気用配管、弁、フランジ等に保温カバー等を追加して断熱補強することで熱放散を防止して燃料使用量を低減させ、CO_2 排出量を削減する。		

1．計画時の効果算定

効果算定のポイント		① 対策実施前のボイラー燃料は都市ガス 13A とし、ガス会社からの請求書による年間購入実績を標準状態の体積に換算した値を都市ガス使用量とする。 ② 蒸気配管等が設置されている室内の室温と未保温配管等の外表面温度、表面状態（放射率）から放熱損失量を推計する。 ③ 保温カバー等の追加による放熱損失の低減量から都市ガス削減量を算定する例を示す。
対策実施前	活動種別	都市ガス（13A）
	年間活動量	購入記録や計測で、当該ボイラーの都市ガスの使用実績を求める。 都市ガスを使用している設備が複数ある等の理由から、当該ボイラーの都市ガス使用量が求められない場合には、以下の手順により、供給水の比エンタルピー、出口蒸気圧力における飽和蒸気と飽和水の比エンタルピー、給水量、低位発熱量、ボイラー効率、運転時間等から計算する。 $F1=(h''1-h'0)\times W\div HL\div \eta b\times t$ (1) ここで、F1 ：対策実施前の都市ガスの年間使用量 [千 Nm^3/年] h″1 ：飽和蒸気の比エンタルピー [kJ/kg] h′0 ：給水の比エンタルピー [kJ/kg] W ：給水量 [kg/h] HL ：都市ガスの低位発熱量 [GJ/千 Nm^3] （補足説明①） ηb ：ボイラー効率 [%] t ：年間運転時間 [h/年] 表 1 の数値を式(1)に代入して、対策実施前の都市ガス使用量を求める。 $F1=(2,772.2[kJ/kg]-83.92[kJ/kg])\times 2,500[kg/h]\div 40.6[GJ/千\ Nm^3]\div 0.88\times 2,080[h/年]\times 10^{-3}=391,263[Nm^3/年]=391[千\ Nm^3/年]$

「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）

表 1　対策実施前の都市ガス使用量の算定に使用する数値とその根拠

記号	項目	数値	根拠
	給水温度	20[℃]	計測値
P1	蒸気圧力	0.8[MPa-G]	設定値
h″1	飽和蒸気の比エンタルピー	2,772.2[kJ/kg]	蒸気表(0.8[MPa-G])
h’0	給水の比エンタルピー	83.92[kJ/kg]	蒸気表(20[℃])
W	給水量	2,500[kg/h]	計測値
ηb	ボイラー効率	88[%]	仕様書
t	年間運転時間	2,080[h/年]	運転日誌等
HL	都市ガスの低位発熱量（補足説明①）	40.6[GJ/千 Nm^3]	ガス会社の提供値
H	都市ガスの単位発熱量	44.2[GJ/千 Nm^3]	同上
α	都市ガスの CO_2 排出係数	0.0513[t-CO_2/GJ]	SHIFT 事業モニタリング報告ガイドライン

対策実施前

年間活動量

現地踏査で確認した保温材未施工の配管部品の一覧を表 2 に示す。弁、フランジの放散面積は、配管サイズ（外径）と相当管長から次式によって計算する。

【放散面積】[m^2/個] =【外径】[m] ×【相当管長】[m/個] ×【円周率】

表 2　保温材で被覆されていない蒸気配管および部品

品番	名称	呼び径	外径 [m]	相当管長 [m/個]	個数 [個]	根拠
1	フランジ型玉形弁(1MPa)	25A	0.034	1.22	12	補足説明②
2	フランジ型玉形弁(1MPa)	50A	0.0605	1.11	6	
3	フランジ型玉形弁(1MPa)	100A	0.1143	1.27	4	
4	フランジ(1MPa)	100A	0.1143	0.39	10	
5	配管	100A	0.1143	0.05	20	

エネルギー使用量

対策実施前のエネルギー使用量 PE1 は、対策実施前の都市ガス使用量 F1 に都市ガスの単位発熱量 H を乗じて下記になる。

PE1＝F1×H

＝391[千 Nm^3/年]×44.2[GJ/千 Nm^3]＝17,282[GJ/年]＝17.3[千 GJ/年]

CO_2 排出量

対策実施前の CO_2 排出量 C1 は、対策実施前のエネルギー使用量 PE1 に都市ガスの CO_2 排出係数αを乗じて下記になる。

C1＝PE1×α

＝17.3[千 GJ/年]×0.0513[t-CO_2/GJ]＝0.887[千 t-CO_2/年]＝887[t-CO_2/年]

実施計画

活動種別

都市ガス（13A）

年間活動量

屋内に設置された蒸気配管で用いられている未保温の配管および部品（玉型弁、フランジ）を保温材で被覆する対策を施す場合の年間活動量を、次の手順で算定する。

1）未保温の配管および部品を保温材で被覆することによって低減する年間の放熱損失を計算する。

「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）

<table>
<tr><td rowspan="3">実施計画</td><td>年間
活動量</td><td>
2) 前項で推計した放熱損失低減量と同じだけ、蒸気による供給熱量を削減できるとして実施計画の年間活動量を算定する。
実施計画の都市ガス使用量を表 1、表 3 に示す数値例を用いて算定する。
F2＝F1－ΔF
＝F1－ΔQ×t×he÷HL÷ηb×ηs　　(2)
ここで、F2 ：実施計画の都市ガス使用量 [千 Nm^3/年]
ΔF ：都市ガス削減量 [千 Nm^3/年]
ΔQ ：放熱損失[kW] （補足説明③）
he ：熱量換算係数 [kJ/kWh]
ηs ：保温効率 [%]（補足説明④）
表 1 および表 3 の数値を式(2)に代入して、実施計画の都市ガス使用量を求める。
F2＝F1－16.3[kW]×2,080[h/年]×3,600[kJ/kWh]
÷40.6[GJ/千 Nm^3]÷0.88×0.89
＝F1－3,040[Nm^3/年]
＝391[千 Nm^3/年]－3.04[千 Nm^3/年]
＝388[千 Nm^3/年]

表 3　実施計画の都市ガス使用量の算定に使用する数値とその根拠
<table>
<tr><th>記号</th><th>項目</th><th>数値</th><th>根拠</th></tr>
<tr><td>T</td><td>弁類の外表面温度</td><td>170[℃]</td><td>0.8[MPa-G]飽和蒸気温度</td></tr>
<tr><td>Ta</td><td>外気温度</td><td>25[℃]</td><td>計測値</td></tr>
<tr><td>va</td><td>屋内の風速</td><td>0[m/s]</td><td>屋内は無風とする。</td></tr>
<tr><td>ΔQ</td><td>放熱損失</td><td>16.3[kW]</td><td>補足説明③</td></tr>
<tr><td>ε</td><td>断熱材の放射率</td><td>0.8</td><td>物性値、補足説明⑤</td></tr>
<tr><td>ηs</td><td>保温効率</td><td>89[%]</td><td>放熱損失計算値</td></tr>
<tr><td>he</td><td>熱量換算係数</td><td>3,600[kJ/kWh]</td><td></td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>エネルギー
使用量</td><td>
実施計画のエネルギー使用量 PE2 は、実施計画の都市ガス使用量 F2 に都市ガスの単位発熱量 H を乗じて下記になる。
PE2＝F2×H
＝388[千 Nm^3/年]×44.2[GJ/千 Nm^3]＝17,149[GJ/年]＝17.1[千 GJ/年]
</td></tr>
<tr><td>CO_2
排出量</td><td>
実施計画の CO_2 排出量 C2 は、実施計画のエネルギー使用量 PE2 に都市ガスの CO_2 排出係数αを乗じて下記になる。
C2＝PE2×α
＝17.1[千 GJ/年]×0.0513[t-CO_2/GJ]＝0.877[千 t-CO_2/年]＝877[t-CO_2/年]
</td></tr>
<tr><td colspan="2">実施計画の
エネルギー削減量</td><td>
対策実施前と実施計画のエネルギー使用量の差異より下記になる。
PE1－PE2＝17.3[千 GJ/年]－17.1[千 GJ/年]＝0.2[千 GJ/年]
</td></tr>
<tr><td colspan="2">実施計画の
CO_2 削減量</td><td>
対策実施前と実施計画の CO_2 排出量の差異より下記になる。
C1－C2＝887[t-CO_2/年]－877[t-CO_2/年]＝10[t-CO_2/年]
</td></tr>
</table>

「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）

補足説明

① 低位発熱量

仕様書で示されるボイラー効率は低位発熱量基準なので、年間活動量の計算には低位発熱量を用いる。都市ガスの低位発熱量のデフォルト値は無いので、高位発熱量と合わせてガス会社からの提供値を適用する。

② 保温材で被覆されていない蒸気配管および部品

蒸気配管および部品の明細は現地踏査により確認する。配管部品の相当管長は表 4 による。

表 4　配管部品の相当管長[m/個]

名称＼呼び径 / 外径[mm]	15A	20A	25A	40A	50A	65A	80A	100A	125A	150A	200A
	21.7	27.2	34	48.6	60.5	76.3	89.1	114.3	139.8	165.2	216.3
フランジ型玉形弁(1MPa)	1.15	1.06	1.22	1.11	1.11	1.23	1.25	1.27	1.4	1.5	1.68
フランジ型玉形弁(2MPa)	1.24		1.21	1.28	1.28	1.5	1.56	1.58		1.78	1.87
フランジ型仕切弁(1MPa)	1.12	0.98	1.15	1.31	1.22	1.16	1.31	1.2	1.27	1.35	1.52
フランジ型仕切弁(2MPa)	1.29	1.13	1.32	1.23	1.53		1.63	1.5		1.92	
減圧弁(1MPa)	1.96	1.71	1.67	1.49	1.55	1.6	1.66	1.58	1.91	1.76	1.81
コントロール弁(1MPa)		1.72	1.84	1.56	1.6		1.54			1.48	
フランジ(1MPa)	0.5	0.46	0.53	0.47	0.44	0.42	0.42	0.39	0.44	0.45	0.44
フランジ(2MPa)	0.51	0.46	0.54	0.47	0.49	0.46	0.5	0.46		0.56	0.51

出典：『2025 省エネルギー手帳』（省エネルギーセンター）p.117「5.3 配管部品類の保温部分表面積の相当裸管長」

③ 放熱損失

対流伝熱と放射伝熱に分けて以下に伝熱量の求め方を記す。

水平管の対流熱伝達係数αc は下記になる。

$\alpha c = 1.19 \times \{(T - Ta) \div d\}^{0.25} \times \{(va + 0.348) \div 0.348\}^{0.5}$

（T：外表面温度 [℃]、d：管の外径 [m]、va：風速 [m/s]）

☆出典：JIS A9501『保温保冷工事施工標準』付属書 D（参考）表面温度及び表面熱伝達率の算出方法

表 3 の数値を代入して、

$\alpha c = 1.19 \times \{(170 - 25) \div 0.034\}^{0.25} \times \{(0 + 0.348) \div 0.348\}^{0.5}$

$= 1.19 \times (145 \div 0.034)^{0.25}$ [W/(m²·K)]

参考：自然対流時:9.62、強制対流(風速 2.0m/s)時：25.0(風速 3.0m/s)時：30.0

放射伝熱による熱伝達係数αr は下記になる。

$\alpha r = 5.67 \times \varepsilon \times \{(T1 + 273/100)^4 - (Ta + 273/100)^4\} \div (T - Ta)$

（ε：管の外表面の放射率、T1：表面温度[K]、Ta：雰囲気温度[K]）

☆出典：『2025 省エネルギー手帳』（省エネルギーセンター）p. 86「3.1 伝熱計算式 (3) 放射伝熱」

表 3 の数値を代入して、

$\alpha r = 5.67 \times 0.8 \times [\{(170 + 273)/100\}^4 - \{(25 + 273)/100\}^4] \div (170 - 25)$

$= 9.58$[W/(m²·K)]

「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）

補足説明

フランジ型玉形弁(1MPa)の場合、対流伝熱と放射伝熱合計の放熱損失ΔQ1 は下記になる。

$\Delta Q1 = (\alpha c + \alpha r) \times (T - Ta) \times S$

$= (\alpha c + \alpha r) \times (T - Ta) \times (3.14 \times d \times L \times n)$

$= \{1.19 \times (145 \div 0.034)^{0.25} + 9.58\} \times (170 - 25) \times (3.14 \times 0.034 \times 1.22 \times 12)$ [W]

$= 4.35$[kW]

ここで、S ：放散面積[m^2]

L ：相当管長[m/個]

N ：個数[個]

その他の部品も同様に計算し、それらを合計して放熱損失は下記になる（表 5）。

$\Delta Q = 16.30$[kW]

表 5　保温材で被覆されていない蒸気配管および部品の放熱損失

品番	名称	配管外径 [m]	相当管長 [m/個]	個数 [個]	放熱損失 {kW}
1	フランジ型玉形弁(1MPa) 25A	0.034	1.22	12	4.35
2	フランジ型玉形弁(1MPa)50A	0.0605	1.11	6	3.28
3	フランジ型玉形弁(1MPa)100A	0.1143	1.27	4	4.41
4	フランジ(1MPa)100A	0.1143	0.39	10	3.39
5	配管 100A	0.1143	0.05	20	0.87
合計					16.30

④ 管工事の施工状態は、保温被覆材（グラスウール又はロックウール等）に、鉄線または亀甲金網巻仕上げとする。

⑤ 放射率は、ラッキング材や裸管の状況により異なるので、各種材料等の放射率表を確認する必要がある。なお、代表的な固体表面の放射率のデフォルト値については、C25022「工業炉の断熱・保温の強化」の表 4「代表的な固体表面の放射率」も使用することができる。

留意事項

① 算定は裸水平管について行った。上向き平面、下向き平面および垂直平面および垂直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 A 9501「保温保冷工事施工標準」の関連個所を参照のこと。

② 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放射率は表面状態により 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、下記資料等を参照して妥当な放射率を選定する必要がある。

■ 伝熱工学資料、日本機械学会、昭和 50 年、p.95 図塗装面の垂直輻射率、p.11 輻射熱源の温度による各種個体の吸収率

■ 輻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

「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）

留意事項	③ 放熱量の計算に必要な表面温度について、計算による推定では精度が低下するため、なるべく計測により把握すること。 ④ 保温効率の値の妥当性は、保温カバー等の放熱損失計算を行い確認すること。 ⑤ 都市ガスの使用量を購入実績値（単位：[m^3]）とする場合には、標準状態での値（単位：[N/m^3]）に換算すること。 ⑥ 推定による数値を用いる場合には、必ず根拠を明確にすること。 ⑦ 数値は参考値なので、実際に即して適宜変更すること。 ⑧対策実施前の給水温度や給水量、外気温度のように、実測データを使用する際は、実測に使用した計測機器の名称・型式及び精度等を示し、精度管理されていることを説明する必要がある。 （記載例） 給水温度の測定に使用した計測機器の仕様は、以下の通りである。 メーカー名　：〇〇精機 型式型番　　：PA-123 計測精度　　：±〇 [%] 精度管理方法　：毎年〇月に〇〇計器にて校正
備考	① 弁類の外表面温度 T を赤外線温度計等で計測できる場合は、計測し記録すること。

２．対策実施後の効果算定

対策実施前	活動種別	都市ガス
	エネルギー使用量	計画時の効果算定で得た対策実施前のエネルギー使用量 PE1。 PE1＝17.3[千 GJ/年]
	CO_2 排出量	計画時の効果算定で得た対策実施前の CO_2 排出量 C1。 C1＝887[t-CO_2/年]
対策実施後	活動種別	都市ガス（13A）
	年間活動量	① 購入記録から都市ガスの年間使用量 400[千 m^3/年]を得て、換算係数を乗じて標準状態の値に換算する。（補足説明①） ② 対策実施前に算定した実施計画の都市ガス使用量 F2 と比較し、大きな差異がないことを確認する。 年間都市ガス使用量：400[千 m^3/年]×0.957[Nm^3/m^3]＝383[千 Nm^3/年]
	エネルギー使用量	対策実施後の年間都市ガス使用量に都市ガスの単位発熱量 H を乗じて対策実施後のエネルギー使用量の実績値 PE3 を求める。 PE3＝383[千 Nm^3/年]×44.2[GJ/千 Nm^3]＝16,929[GJ/年]＝16.9[千 GJ/年]
	CO_2 排出量	対策実施後のエネルギー使用量 PE3 に都市ガスの CO_2 排出係数αを乗じて対策実施後の CO_2 排出量の実績値 C3 を求める。 C3＝16.9[千 GJ/年]×0.0513[t-CO_2/GJ]＝0.867[千 t-CO_2/年]＝867[t-CO_2/年]
対策実施後のエネルギー削減量		対策実施前と対策実施後とのエネルギー使用量の差異より下記になる。 PE1－PE3＝17.3[千 GJ/年]－16.9[千 GJ/年]＝0.4[千 GJ/年]

「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）

対策実施後の CO_2 削減量	対策実施前と対策実施後の CO_2 排出量の差異より下記になる。 C1－C3＝887[t-CO_2/年]－867[t-CO_2/年]＝20[t-CO_2/年]
補足説明	① 都市ガス使用量 燃料が都市ガスの場合に、ガスメーターの値（ガス会社の請求書、単位：[m^3]）から得られた都市ガス使用量は、換算係数を乗じて標準状態での値（単位：[Nm^3]）に換算する必要がある。 換算係数（東京ガスの例） 中圧（工場、商業ビル等）　：0.957[Nm^3/m^3] 低圧（一般家庭等）：0.967[Nm^3/m^3]
留意事項	① 対策実施後のボイラーの運転状況（起動停止、運転時間、負荷変動等）から、対策実施前後で、ボイラーの運転状況に大きな差がないことを確認する。 ② 対策実施前後で、運転状況（起動停止、運転時間、負荷変動等）の変化があった場合は、その影響を考慮に入れる。
備考	① 弁類の対策実施前後の外表面温度を赤外線温度計等で計測できる場合は、計測し記録すること。

3．対策効果の検証・有効性評価

効果検証と有効性評価の手順	① 対策実施前（診断・計画時）に算定した CO_2 削減量と対策実施後（報告時）に算定した CO_2 削減量を比較する。 ② 対策によって、他のシステムの CO_2 排出量に与える影響があれば調査する。 ③ ①、②を総合的に判断して、対策の有効性を評価する。