「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	ボイラー排ガス利用による高効率化	C12122	ボイラー排ガス利用による高効率化（給水予熱、燃焼空気予熱等）
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	エコノマイザーを設置し、燃焼排ガスの顕熱を利用してボイラーの給水を予熱する。ボイラーの排熱を回収することで燃料使用量を低減し、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 燃料は都市ガス 13A とする。 ② 本算定の燃料使用量はガス会社の請求書によるものとする。 ③ 対策計画時のエコノマイザー出口温度は、別途適切に算定されているものとする。 ④ 対策実施前と実施計画の排ガスの熱損失率の差異から対策後の燃料使用量を計算する。 ⑤ 本シートは、250[℃]のボイラー排ガスを熱回収して給水予熱に利用し、排ガス温度を 150[℃]にする対策の効果算定手順例を示す。
対策実施前	活動種別	都市ガス（13A）
	年間活動量	対策実施前の都市ガス使用量 F1 はガス会社の請求書の数値に換算係数を乗じて、標準状態の値に換算した値を用いる。 F1＝418[千 m^3/年]×0.957[Nm^3/m^3]＝400[千 Nm^3/年]（補足説明①）
	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 ＝400[千 Nm^3/年]×44.2[GJ/千 Nm^3]＝17,680[GJ/年]＝17.7[千 GJ/年]
	CO_2 排出量	対策実施前の CO_2 排出量 C1 は、対策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 ＝17.7[千 GJ/年]×0.0513[t-CO_2/GJ]＝0.908[千 t-CO_2/年]＝908[t-CO_2/年]

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
F1	対策実施前の都市ガス使用量	418[千 m^3/年]	ガス会社の請求書
Tg1	対策実施前の排ガス温度	250[℃]	計測値
η1	対策実施前の排ガス熱損失率	10.9[%]	補足説明③
H	都市ガスの単位発熱量	44.2[GJ/千 Nm^3]	ガス会社の提供値
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

「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>活動種別</td><td>都市ガス（13A）</td></tr>
<tr><td>年間
活動量</td><td>実施計画の都市ガス使用量 F2 を算定する。算定には表 1、表 2 に示す数値例を使用する。
$F2 = F1 \times (100 - \eta 1) \div (100 - \eta 2)$ (1)
ここで、F2 ：実施計画の都市ガスの年間使用量 [千 Nm^3/年]
η1 ：対策実施前の排ガス熱損失率 [%]
η2 ：実施計画の排ガス熱損失率 [%]
表 1 および表 2 の数値を式(1)に代入して、実施計画の都市ガス使用量を求める。
$F2 = 400[千\ Nm^3/年] \times (100 - 10.9) \div (100 - 6.4)$
$= 381[千\ Nm^3/年]$

表 2　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>HL</td><td>都市ガスの低位発熱量</td><td>40.6[GJ/千 Nm^3]</td><td>ガス会社の提供値</td></tr>
<tr><td>S</td><td>排ガス中の酸素濃度</td><td>3.5[%]</td><td>計測値</td></tr>
<tr><td>m</td><td>空気比</td><td>1.2</td><td>補足説明②</td></tr>
<tr><td>Ta</td><td>外気温度</td><td>20[℃]</td><td>平均値</td></tr>
<tr><td>Tg2</td><td>実施計画の排ガス温度</td><td>150[℃]</td><td>目標値</td></tr>
<tr><td>η2</td><td>実施計画の排ガス熱損失率</td><td>6.4[%]</td><td>補足説明③</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。
$PE2 = F2 \times H$
$= 381[千\ Nm^3/年] \times 44.2[GJ/千\ Nm^3] = 16{,}840[GJ/年] = 16.8[千\ GJ/年]$</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。
$C2 = PE2 \times \alpha$
$= 16.8[千\ GJ/年] \times 0.0513[t\text{-}CO_2/GJ] = 0.862[千\ t\text{-}CO_2/年] = 862[t\text{-}CO_2/年]$</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より下記になる。
$PE1 - PE2 = 17.7[千\ GJ/年] - 16.8[千\ GJ/年] = 0.9[千\ GJ/年]$</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 排出量の差より下記になる。
$C1 - C2 = 908[t\text{-}CO_2/年] - 862[t\text{-}CO_2/年] = 46[t\text{-}CO_2/年]$</td></tr>
<tr><td colspan="2">補足説明</td><td>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]</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

② 空気比

空気比は下記式による。

空気比＝21÷(21－排ガス中の酸素濃度[%])

S＝3.5[%]の場合：m＝21÷(21－3.5[%])＝1.2

③ 排ガス熱損失率

排ガスの標準体積あたりの排熱量は下記になる。

$Q=\{G0+(m-1)\times A0\}\times Cp\times(Tg-Ta)$ (2)

ここで、m ：空気比

A0 ：理論空気量 [Nm^3/Nm^3]

G0 ：理論燃焼ガス量 [Nm^3/Nm^3]

Cp ：定圧比熱 [$kJ/(Nm^3\cdot K)$]

Tg ：排ガス温度 [℃]

Ta ：外気温度 [℃]

Cp＝1.3[$kJ/(Nm^3\cdot K)$]、Ta＝20[℃]、HL＝40.6[GJ/千 Nm^3]（都市ガスの低位発熱量）としたとき、理論空気量 A0、理論燃焼ガス量 G0 は表 3 に示す Boie の概略計算式から下記になる。

A0＝0.268×HL＝0.268×40.6[GJ/千 Nm^3]＝10.9[Nm^3/Nm^3]

G0＝0.293×HL＝0.293×40.6[GJ/千 Nm^3]＝11.9[Nm^3/Nm^3]

これらの数値と表 1、表 2 の数値を式(2)に代入して、対策実施前と実施計画の排熱量 Q1、Q2 は下記になる

Q1＝{11.9[Nm^3/Nm^3]＋(1.2－1)×10.9[Nm^3/Nm^3]}×1.3[$kJ/(Nm^3\cdot K)$]
×(250[℃]－20[℃])＝4,210[kJ/Nm^3]＝4.21[GJ/千 Nm^3]

Q2＝{11.9[Nm^3/Nm^3]＋(1.2－1)×10.9[Nm^3/Nm^3]}×1.3[$kJ/(Nm^3\cdot K)$]
×(150[℃]－20[℃])＝2,380[kJ/Nm^3]＝2.38[GJ/千 Nm^3]

排ガスの標準体積あたりの熱損失率は排熱量を低位発熱量で除して得られるが、0.5[%]の放熱損失を考慮したとすると下記になる。

η1＝4.21[GJ/千 Nm^3]÷40.6[GJ/千 Nm^3]×100+0.5[%]＝10.9[%]

η2＝2.38[GJ/千 Nm^3]÷40.6[GJ/千 Nm^3]×100+0.5[%]＝6.4[%]

表 3　理論空気量 A0、理論燃焼ガス量 G0 の概略計算式

燃料の低位発熱量	理論空気量 A0	理論燃焼ガス量 G0
液体燃料 HL[MJ/kg]	0.296×HL－1.36 [Nm^3/kg-燃料]	0.376×HL－3.91 [Nm^3/kg-燃料]
気体燃料 HL[MJ/Nm^3]	0.268×HL [Nm^3/Nm^3-燃料]	0.293×HL [Nm^3/Nm^3-燃料]

出典：『2025 省エネルギー手帳』（省エネルギーセンター）p. 76「2.6 燃焼用空気量、排ガス量の簡易計算」

「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	① 都市ガス使用量を計算で求めた場合には、事業所全体の使用量と比較し、妥当であることを確認すること。 ② 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。 ③ 数値は参考値なので、実際に即して適宜変更すること。 ④ CO_2 排出係数など係数の値は、最新のものを確認して使用すること。 ⑤ 対策実施前の排ガス酸素濃度のように、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） 排ガス酸素濃度の測定に使用した計測器の仕様は、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 排ガス温度が 140℃以下になると、硫酸露点腐食が発生する懸念がある。 ② ボイラーの給水温度上昇から燃料使用量の削減量を算定する方法もある。

2．対策実施後の効果算定

対策実施前	活動種別	都市ガス（13A）
	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＝17.7[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＝908[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ボイラーの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。 ② 対策実施前に算定した実施計画の都市ガスの年間使用量 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のエネルギー使用量の差より下記になる。 PE1－PE3＝17.7[千 GJ/年]－16.9[千 GJ/年]＝0.8[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 排出量の差より下記になる。 C1－C3＝908[t-CO_2/年]－867[t-CO_2/年]＝41[t-CO_2/年]
留意事項	① 都市ガスボイラーの運転状況（起動停止、運転時間、負荷変動等）から、導入前後で、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 都市ガスボイラー導入前後で、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や蒸気漏れの改修等を実施した場合には、その影響を考慮に入れる。 ③ 対策実施後の年間都市ガス使用量と実施計画の都市ガス使用量 F2 との間に大きな差異がある場合には、排ガス温度を計測し計画値（150[℃]）前後であることを確認する。 ④ 排ガス温度が計画値から大きく外れているときには、実施計画の都市ガス使用量 F2 を再計算し、対策実施後の年間都市ガス使用量と比較する。
備考	① 排ガス温度と給水温度を定期的に計測し、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、都市ガスボイラー導入の有効性を評価する。