「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	燃焼炉の排ガスの熱回収	C25021	燃焼炉の排ガスの熱回収
工程名	加熱	対象設備	加熱炉
システム／設備区分名	工業炉		
対策内容	排ガスの熱回収が行われていない燃焼炉に熱回収設備（レキュペレーター）を導入し、燃焼空気の予熱等に活用し、燃料使用量を低減することにより CO_2 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 実施計画の都市ガス使用量は、対策実施前の都市ガス使用量に対策実施前と実施計画の単位燃料当たりの有効に使用された熱量の比を乗じて算定する。 ③ 理論空気量 A0、理論燃焼ガス量 G0 は Boie の概略計算式による。 ④ 本シートは、1,000[℃]の排ガスを熱回収して燃焼空気を 450[℃]に予熱昇温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
	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＝52.2[千 m^3/年]×0.957[Nm^3/m^3]＝50.0[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 ＝50.0[千 Nm^3/年]×44.2[GJ/千 Nm^3]＝2,210[GJ/年]＝2.21[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 ＝2.21[千 GJ/年]×0.0513[t-CO_2/GJ]＝0.113[千 t-CO_2/年]＝113[t-CO_2/年]

表 1　対策実施前の都市ガス使用量とその根拠

記号	項目	数値	根拠
F1	対策実施前の都市ガス使用量	52.2[千 m^3/年]	ガス会社の請求書
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="2">実施計画</td><td>活動種別</td><td>都市ガス</td></tr>
<tr><td>年間
活動量</td><td>実施計画の都市ガス使用量を表 2 に示す数値例を用いて算定する。

F2＝F1×Qy1÷Qy2　(1)
ここで、F2 ：実施計画の都市ガス使用量 [千 Nm^3/年]
Qy1 ：対策実施前の単位燃料当たりの有効に使用された熱量 [kJ/Nm^3]
Qy2 ：実施計画の単位燃料当たりの有効に使用された熱量 [kJ/Nm^3]

Qy1＝HL－Q1　(2)
Qy2＝Qy1＋ΔQ　(3)

ここで、HL ：都市ガスの低位発熱量 [GJ/千 Nm^3]
Q1 ：対策実施前の単位燃料当たりの排ガスの排熱量 [kJ/Nm^3]
ΔQ ：実施計画の単位燃料当たりの排熱回収量 [kJ/Nm^3]

Q1＝{G0＋(m－1)×A0}×Cp1×(Tg1－Ta)　(4)
ΔQ＝Cp2×(Tg2－Ta)×A＝Cp2×(Tg2－Ta)×m×A0　(5)

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]
Tg1 ：排ガス温度 [℃]
Tg2 ：予熱空気温度 [℃]
Cp1 ：排ガスの定圧比熱 [kJ/(Nm^3·K)]
Cp2 ：予熱空気の定圧比熱 [kJ/(Nm^3·K)]
Ta ：外気温度 [℃]
A ：レキュペレーター―の通過空気量 [Nm^3/Nm^3]
表 2 の数値を式(2)～式(5)に代入して、対策実施前と実施計画の単位燃料当たりの有効に使用された熱量を求める。
Qy1＝HL－{11.9[Nm^3/Nm^3]＋(1.2－1)×10.9[Nm^3/Nm^3]}×1.5[kJ/(Nm^3·K)]
×(1,000[℃]－20[℃])

＝HL－20,698[kJ/Nm^3]
＝40.6[GJ/千 Nm^3]－20.7[GJ/千 Nm^3]
＝19.9[GJ/千 Nm^3]

Qy2＝Qy1＋1.3[kJ/(Nm^3·K)]×(450[℃]－20[℃])×1.2×10.9[Nm^3/Nm^3]
＝Qy1＋7,312[kJ/Nm^3]＝19.9[GJ/千 Nm^3]＋7.31[GJ/千 Nm^3]
＝27.2[GJ/千 Nm^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）

<table>
<tr><td rowspan="4">実施計画</td><td>年間
活動量</td><td>以上の Qy1、Qy2 を(1)に代入して、実施計画の都市ガス使用量 F2 は下記になる。
F2＝F1×Qy1÷Qy2
＝50.0[千 Nm^3/年]×19.9[GJ/千 Nm^3]÷27.2[GJ/千 Nm^3]
＝36.6[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>計算値（補足説明②）</td></tr><tr><td>A0</td><td>理論空気量</td><td>10.9[Nm^3/Nm^3]</td><td>Boie の式（補足説明③）</td></tr><tr><td>G0</td><td>理論燃焼ガス量</td><td>11.9[Nm^3/Nm^3]</td><td>Boie の式（補足説明③）</td></tr><tr><td>Tg1</td><td>排ガス温度</td><td>1,000[℃]</td><td>計測値</td></tr><tr><td>Tg2</td><td>予熱空気温度</td><td>450[℃]</td><td>設定値</td></tr><tr><td>Ta</td><td>外気温度</td><td>20[℃]</td><td>計測値</td></tr><tr><td>Cp1</td><td>排ガスの定圧比熱
（1,000[℃]）</td><td>1.5[kJ/(Nm^3·K)]</td><td>物性値</td></tr><tr><td>Cp2</td><td>空気の定圧比熱
（450[℃]）</td><td>1.3[kJ/(Nm^3·K)]</td><td>物性値</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
＝36.6[千 Nm^3/年]×44.2[GJ/千 Nm^3]＝1,618[GJ/年]＝1.62[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
＝1.62[千 GJ/年]×0.0513[t-CO_2/GJ]＝0.0831[千 t-CO_2/年]＝83.1[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＝2.21[千 GJ/年]－1.62[千 GJ/年]＝0.59[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＝113[t-CO_2/年]－83.1[t-CO_2/年]＝29.9[t-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）

<table>
<tr><td></td><td>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 理論空気量、理論燃焼ガス量
理論空気量、理論燃焼ガス量は表 3 に示す Boie の概略計算式により下記になる。
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]

表 3　理論空気量 A0、理論燃焼ガス量 G0 の概略計算式
<table>
<tr><th>燃料の低位発熱量</th><th>理論空気量 A0</th><th>理論燃焼ガス量 G0</th></tr>
<tr><td>液体燃料
HL[MJ/kg]</td><td>0.296×HL－1.36
[Nm^3/kg-燃料]</td><td>0.376×HL－3.91
[Nm^3/kg-燃料]</td></tr>
<tr><td>気体燃料
HL[MJ/Nm^3]</td><td>0.268×HL
[Nm^3/Nm^3-燃料]</td><td>0.293×HL
[Nm^3/Nm^3-燃料]</td></tr>
</table>
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」</td></tr>
<tr><td>留意事項</td><td>① 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。
② 数値は参考値なので、実際に即して適宜変更すること。
③ 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。
④ 排ガス温度や外気温、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）
温度計の仕様は、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</td></tr>
<tr><td>備考</td><td>① 予熱空気温度の設定値と都市ガス使用量 F2 の関係を図表化しておくと、対策実施後の効果算定が容易になる。</td></tr>
</table>

2．対策実施後の効果算定

<table>
<tr><td rowspan="3">対策実施前</td><td>活動種別</td><td>都市ガス</td></tr>
<tr><td>エネルギー使用量</td><td>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＝2.21[千 GJ/年]</td></tr>
<tr><td>CO_2 排出量</td><td>計画時の効果算定で得た対策実施前の CO_2 排出量 C1。
C1＝113[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）

対策実施後	活動種別	都市ガス
	年間活動量	① ガス会社の請求書から、標準状態に換算した年間都市ガス使用量を算定する。 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：37.5[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＝37.5[千 Nm^3/年]×44.2[GJ/千 Nm^3]＝1,658[GJ/年]＝1.66[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＝1.66[千 GJ/年]×0.0513[t-CO_2/GJ]＝0.0852[千 t-CO_2/年]＝85.2[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異より下記になる。 PE1－PE3＝2.21[千 GJ/年]－1.66[千 GJ/年]＝0.55[千 GJ/年]
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＝113[t-CO_2/年]－85.2[t-CO_2/年]＝28[t-CO_2/年]
留意事項		① 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、予熱空気の温度を計測し設定値（450[℃]）前後であることを確認する。 ② 予熱空気の温度が設定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 予熱空気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、対策の有効性を評価する。