「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
運用改善	ボイラーの燃焼空気比改善	C12114	ボイラーの燃焼空気比改善
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	ボイラーにおいて、燃焼用の空気を必要以上に供給すると、排ガスによるエネルギー損失が増大し、燃料が必要以上に消費される。空気比を適正値に下げることで無駄な燃料消費を抑制し 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 燃料使用量は使用実績記録や購入量記録によるのが適切だが、記録がなく計算によった算定例を示す。 ③ 空気比による排ガス熱損失率のグラフから都市ガス削減量を算定する。 ④ 本シートは、ボイラーの燃焼空気比を 1.50 から 1.30 に低減する対策の効果算定手順を示す。
対策実施前	活動種別	都市ガス（13A）
	年間活動量	購入記録等から、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。 $F1=(h''1-h'0)\times W\div HL\div \eta\times t$ (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②） η ：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。 $F1=(2{,}772.2[kJ/kg]-83.92[kJ/kg])\times 2{,}500[kg/h]\div 40.6[GJ/千\ Nm^3]\div 0.88\times 2{,}340[h/年]\times 10^{-3}=440{,}171[Nm^3/年]=440[千\ Nm^3/年]$

「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）

<table>
<tr><td rowspan="3">対策実施前</td><td>年間
活動量</td><td>

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
η	ボイラー効率	88[%]	仕様書
t	年間運転時間	2,340[h/年]	運転日誌等
m1	対策実施前の空気比	1.50	補足説明①
HL	都市ガスの低位発熱量 （補足説明②）	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 事業モニタリングガイドライン

</td></tr>
<tr><td>エネルギー
使用量</td><td>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
＝440[千 Nm^3/年]×44.2[GJ/千 Nm^3]＝19,448[GJ/年]＝19.4[千 GJ/年]</td></tr>
<tr><td>CO_2
排出量</td><td>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
＝19.4[千 G J/年]×0.0513[t-CO_2/GJ]＝0.995[千 t-CO_2/年]＝995[t-CO_2/年]</td></tr>
<tr><td rowspan="2">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>実施計画の燃料削減率を空気比と排ガス熱損失率の関係から計算し、実施計画の年間都市ガス使用量 F2 を算定する。算定には表 2 に示す数値例を使用する。
F2＝F1×(1－Δf)　　(2)
ここで、F2：実施計画の都市ガス使用量 [千 Nm^3/年]
Δf：燃料削減率 [%]
空気比を 1.50 から 1.30 に低減したときの都市ガス使用量の削減率Δf は、補足説明③から 2.7[%]が得られるので、実施計画の都市ガス使用量を求める。
F2＝440[千 Nm^3/年]×(1－0.027)＝428[千 Nm^3/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）

<table>
<tr><td rowspan="2">実施計画</td><td>年間
活動量</td><td>

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

記号	項目	数値	根拠
Ta	外気温度	20[℃]	計測値
Tg	排ガス温度	400[℃]	計測値
S	排ガス中の酸素濃度	7.0[%]	計測値
m2	実施計画の空気比	1.30	目標値
Δf	燃料削減率	2.7[%]	補足説明③

</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
＝428[千 Nm^3/年]×44.2[GJ/千 Nm^3]＝18,918[GJ/年]＝18.9[千 GJ/年]</td></tr>
<tr><td rowspan="2">実施計画</td><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
＝18.9[千 GJ/年]×0.0513[t-CO_2/GJ]＝0.970[千 t-CO_2/年]＝970[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より下記になる。
PE1－PE2＝19.4[千 G J/年]－18.9[千 GJ/年]＝0.5[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＝995[t-CO_2/年]－970[t-CO_2/年]＝25[t-CO_2/年]</td></tr>
<tr><td colspan="2">補足説明</td><td>① 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＝7.0[%]の場合：m＝21÷(21－7.0[%])＝1.50

② 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、式(1)の計算には低位発熱量を用いる。

③ 燃料削減率
排ガスの標準体積あたりの排熱量は下記になる。
Q1＝{G0＋(m－1)×A0}×Cp×(Tg－Ta)　(3)
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·K)]
Tg　：排ガス温度 [℃]
Ta　：外気温度 [℃]</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

Cp＝1.3[kJ/(Nm^3·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、および対策実施前の空気比 1.5 と対策実施後の空気比 1.3 を式(3)に代入して得た排熱量を都市ガスの低位発熱量で除した排ガス熱損失率（Q÷HL）は、それぞれ 21.1[%]と 18.4[%]になる。この排ガス熱損失率の差、21.1[%]－18.4[%]＝2.7[%]が本算定の燃料削減率になる。（この排ガス熱損失率と空気比の関係を図に示すと、図 1 のグラフとなる。また、参考に、図 2 に A 重油の低位発熱量を 36.7[MJ/L]、比重を 0.86[kg/L]とした場合の空気比と排ガス熱損失率の関係も示す。）

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」

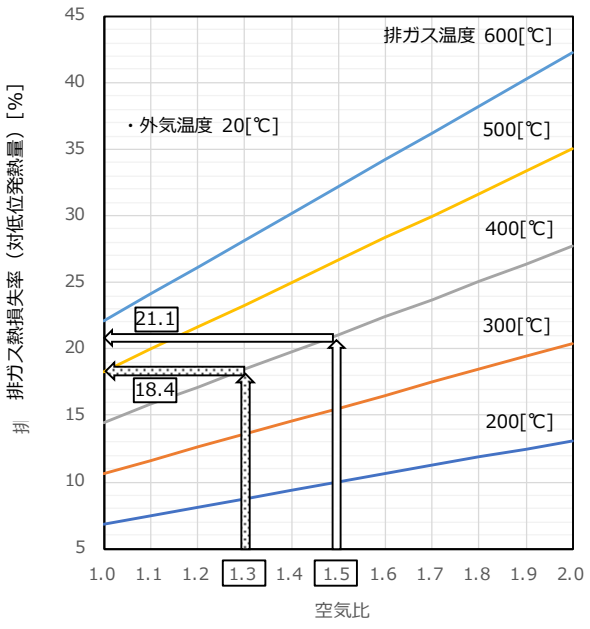
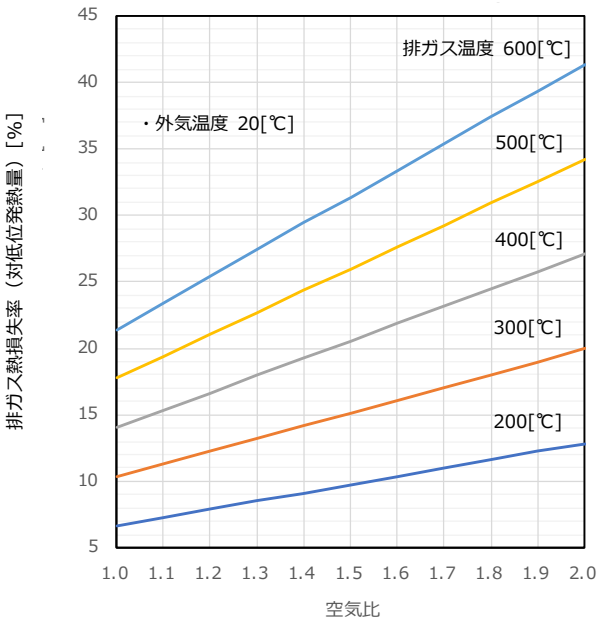


図 1　都市ガス 13A の空気比と排ガス熱損失率

「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	 **図２　A 重油の空気比と排ガス熱損失率**
留意事項	① 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。 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 CO2 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 対策実施前の給水温度や給水量のように、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 燃料削減率を計算で求める方法は、対策効果算定シート 25012「燃焼炉の空気比改善」も参照のこと。 ② 煤煙発生施設においては、大気汚染防止法に基づく煤煙測定時に排ガス中の酸素濃度を計測し、空気比を算定し記録すること。 ③ 燃料を燃焼する設備は不完全燃焼を防ぐために、空気比を大きめ（過剰空気）に設定していることが多い。

「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）

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＝19.4[千 G J/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＝995[t-CO_2/年]
対策実施後	活動種別	都市ガス（東京ガス 13A）
	年間活動量	① ガス会社の請求書から対策実施後のボイラーに使用された都市ガス量を案分して得られた値 449[千 m^3/年]を、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、大きな差がないことを確認する。 年間都市ガス使用量：449[千 m^3/年]×0.957[Nm^3/m^3]＝430[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＝430[千 Nm^3/年]×44.2[GJ/千 Nm^3]＝19,006[GJ/年]＝19.0[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＝19.0[千 GJ/年]×0.0513[t-CO_2/GJ]＝0.975[千 t-CO_2/年]＝975[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＝19.4[千 GJ/年]－19.0[千 GJ/年]＝0.4[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 排出量の差より下記になる。 C1－C3＝995[t-CO_2/年]－975[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 空気比を改善したときには、不完全燃焼が発生しないことを確認すること。
備考		① 空気比は変動しやすいので、推移を観察すること。 ② 日常的に炉内の炎の状態（色・形状等）を観察すれば、空気比の変化を知ることができる。

「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）

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。