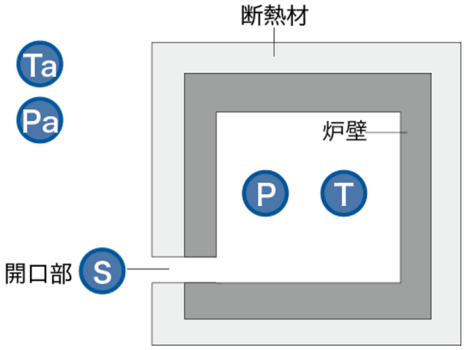
「省エネルギーセンター」ダウンロードファイル（無断転載、翻訳を禁ず）

概要シート

対策名	250141　燃焼炉内圧力の適正化
対策タイプ	運用改善
対象業種	産業用　　業務用
分類	工業炉
内容・目的	炉内圧力が外部より高い時には、炉内の燃焼ガスが吹き出して損失となる。逆に炉内圧力が低い時には、外気が炉内に流入し、炉内温度を保つために余分の熱量が必要となり、炉内圧力を適正値に保つ必要がある。
対策技術の概要	工業炉で代表される加熱設備は、産業分野において広く使用されており、熱源により燃焼炉と電気炉に分類される。その用途としては、乾燥、加熱、熱処理、溶解他がある。一般に単一設備で大量のエネルギーが消費されるため、省エネ診断の対象として重要である。特に、化学、鉄鋼、金属製品製造、熱処理、食品などの大規模工場では、省エネ効果の大きい対策対象設備である。 加熱炉の場合、被加熱物挿入や抽出のために炉の扉が開閉される。また連続炉では挿入口、抽出口が常時開口している。従って、炉内圧が正圧だと放炎による熱損失や作業者の危険性が増し、逆に炉内圧が負圧の場合には、炉外部から冷空気が侵入して炉内の冷却・温度分布の不均一が生じるとともに、排ガス熱損失の増大にもつながる。 したがって、開口部を極力小さくするとともに、開口部の炉内圧力を±0mmH_2Oに近づけることが大切である。 炉開口部の面積を A、開口部の流量係数を C、炉内外の圧力差を⊿P とすると、単位時間当たりの漏洩ガス量または侵入空気量mは、開口面積 A　及び流量係数 C、圧力差⊿P の 1 /2 乗に比例する。 $m \propto A \cdot C \cdot (\Delta P)^{1/2}$
補足説明	危険な熱風吹き出し等から作業者を護るために、燃焼炉の炉内圧力は極力0mmH_2O に近い負圧にすることが望ましい。
参考資料	[1]『エネルギー管理のためのデータシート』（省エネルギーセンター）
用語説明	

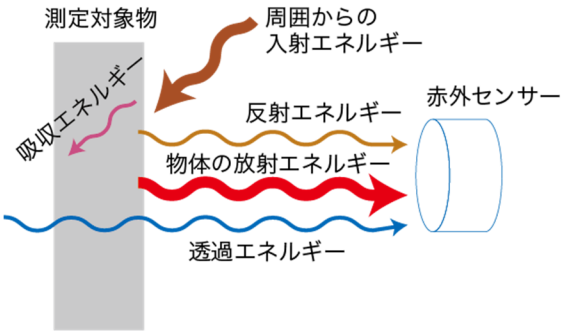
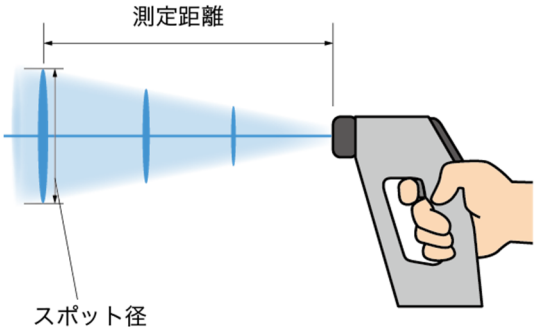
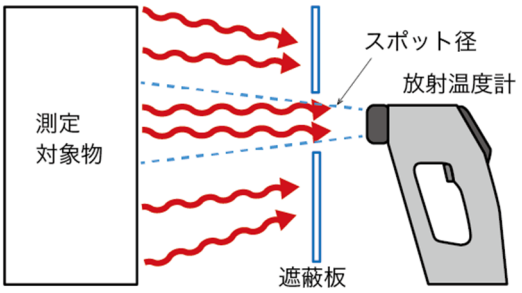
「省エネルギーセンター」ダウンロードファイル（無断転載、翻訳を禁ず）

計測シート

対策名	250141　燃焼炉内圧力の適正化
対象タイプ	運用改善
対象業種	産業用　　業務用
分類	工業炉
内容・目的	炉内圧力が外部の圧力より高い時には、炉内の燃焼ガスが吹き出して損失となる。逆に炉内圧力が低い時には、外気が炉内に流入し、炉内温度を保つために余分の熱量が必要となる。このような炉内の不適正圧力によるロスを算出するために必要な計測データ、計測方法等を示す。
フロー図と計測箇所	＜計測項目＞ １．炉内温度 T 炉に設置されている温度検出器で炉内の温度を確認する。あるいは、開口部の面積が十分に大きければ、放射温度計、または熱電対を挿入することで温度測定を行う（留意事項１）を参照)。  ２．炉内圧力 P 炉に設置されている圧力検出器で炉内の圧力を確認する。炉圧は若干の正圧（5Pa程度）に制御するのが望ましく、圧力検出器に不備がある場合には、開口部でのリボンや煙等の挙動を確認することで、少なくとも正圧/負圧の状態を確認すること。 ３．開口部面積 S 写真撮影やサーモグラフィ等を用いて、開口部の面積を見積もる。 ４．雰囲気温度 Ta 現場に設置の温度計あるいは携帯温度計を持ち込み、確認する。
計測装置	熱電対や赤外線温度計、サーモグラフィなどが工業炉レベルの 1000℃を超える高温を図るのに適した計測装置である。 １．熱電対 ニッケルクロム、ニッケルアルメルが一般的で 1250℃まで使用可能だが、酸化性雰囲気では腐食しやすく、また 1000℃を超える温度では測定精度が低下するので注意を要す。 ２．赤外線放射温度計 炉鍋で溶解している金属のように、高温物質の表面が露出している場合の温度測定に良好に機能する。ただし、窓を通して炉内の温度を測定する際には、スポット径（計測留意事項１）２）を参照）を窓の大きさ内に収める必要があること、またガラス材が赤外線を吸収するために測定精度が低下する等の問題がある。 ３．炉内圧力の確認 炉に設置されている圧力検出器に不備がある場合には、開口部でリボンや煙等の挙動を確認することで、少なくとも炉内が正圧/負圧のいづれかを確認する。炉圧は若干

「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

	の正圧（5Pa 程度）に制御するのが望ましい。
計測留意事項	1．放射温度計を使用する際の留意事項 1）放射率の測定 測定対象物からの放射赤外線以外（右図参照）がセンサーに入射すると測定誤差となる。測定対象と同様物体の放射率が文献などに記載されている場合でも、以下方法で放射率を設定し、確実な表面温度測定が好ましい。  （1）接触式温度計により別途物体表面の温度を測定し、放射温度計の測定値が接触式温度計の測定値と一致するように放射率を設定する。 （2）黒体スプレー（またはテープ）を測定対象表面に塗布（貼り付け）して、放射率１としてスプレー（またはテープ）部の表面温度を測定する。 2）放射温度計のスポット径と距離の関係 放射温度計では、測定対象物までの距離により測定できる範囲（スポット径）が決まる。使用距離において、スポット径がどのくらいの大きさになっているかをカタログ等で確認し、スポット径より測定対象が大きくなるように留意しながら測定する。  3）高温物体測定時の不要赤外線の遮蔽 高温物体測定時、放射温度計が熱せられ、正確な温度測定に支障が生じたり、測定器の破損に繋がる場合がある。このような場合には、測定に必要な赤外線以外を遮蔽する。 
補足説明	1．最適炉内圧力 一般的には開口部のレベルで、若干の正圧（5Pa（G）程度）に制御することが望ましい。
用語説明	放射率： 物体から放射される赤外線の量は同じ温度の物体であっても、材質や表面状態によって異なる。放射温度計で温度を測定する場合は、物体によってこの放射の割

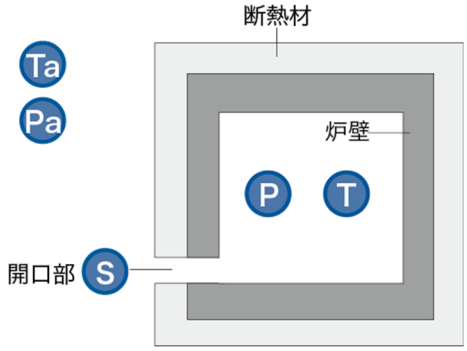
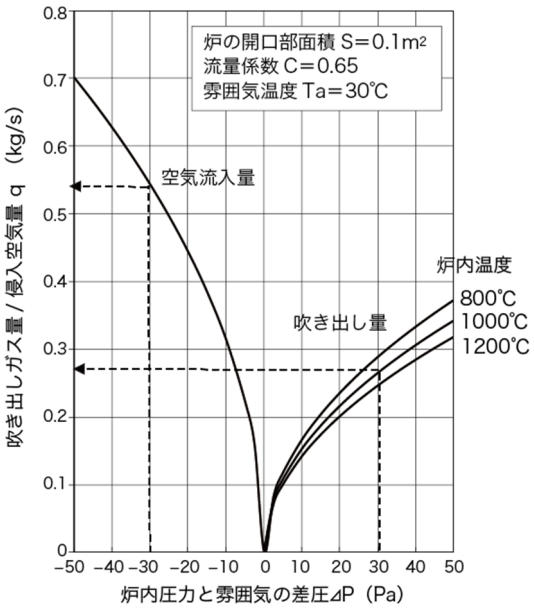
「省エネルギーセンター」ダウンロードファイル（無断転載、翻訳を禁ず）

計測シート

	合を補正する必要があり、この割合のことを「放射率」という 放射温度計： 物体から放射される赤外線や可視光線の強度を測定して、物体の温度を測定する温度計 サーモグラフィ： 物体から放射される赤外線を分析し、熱分布を図として現した画像、またはそれを行う装置

「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	250141　燃焼炉内圧力の適正化
対策タイプ	運用改善
対象業種	産業用　　業務用
ﾕｰﾃｨﾘﾃｨ・主設備	工業炉
目的	炉内圧力が外部より高い時には、炉内の燃焼ガスが吹き出して損失となる。逆に炉内圧力が低い時には、外気が炉内に流入し、炉内温度を保つために余分の熱量が必要となる。このような炉内の不適正圧力によるロスを算出する。
計算条件	1．炉の開口部から流入する空気、または 吹き出す炉内ガスの質量流量 q（kg/s）は以下の式で表される。 $q = C \times S \times (2 \times \rho \times \Delta P)^{0.5}$　（1） ここで　C：開口部の流量係数 S：開口部面積 ρ：空気またはガスの密度 ΔP：炉内と雰囲気の圧力差 2．流入空気または吹き出しガスによる 損失熱量 Q は以下の式で表される。 $Q = q \times Cp \times (T - Ta)$　（2） ここで　Cp：炉内温度下の低圧比熱 T：炉内温度 Ta：雰囲気温度 3．炉の条件 開口部面積 S＝0.1m^2　　流量係数 C＝0.65 炉内温度 T＝1000℃　　雰囲気温度 Ta＝30℃ 4．工業炉運転時間 t 24 時間連続で 200 日/年の連続稼動とする t ＝24h/日×200 日/年＝4,800h/年 5．使用燃料　A 重油 
計算方法	1．流入空気量/吹き出しガス量 q 上記（1）式により計算した質量流量 q と差圧 ΔP の関係を図 1 に示す。 ＜事例＞ 炉型式を間接加熱炉（炉内ガスも空気）とする。 1）P＜Pa の場合 差圧 $\Delta P = -30$Pa の場合、図 1 より流入空気量 q は約 0.54kg/s 2）P＞Pa の場合 差圧 $\Delta P = 30$Pa の場合、図 1 より、炉内高温空気の吹き出し量 q は約 0.27kg/s 注 1）　同じ差圧下で、流入空気量と吹き出し空気量が異なるのは空気の密度差による。 炉内からの吹き出し量が炉内温度により異なる理由も、空気密  図 1．差圧と空気流入量／吹き出し量の関係

「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

度が炉内温度で変化するためである。

2．熱損失量 Q

上記（2）式を基に計算した差圧⊿P と熱損失量 Q の関係を図 2 に示す。

＜事例＞

炉型式を間接加熱炉（炉内ガスも空気）とする。

1）P＜Pa の場合

差圧⊿P＝－30Pa の場合、図 2 より空気流入による熱損失量は約 620ｋW

2）P＞Pa の場合

差圧⊿P＝30Pa の場合、図 2 よりガス(空気)吹き出しによる熱損失量は約 310ｋW

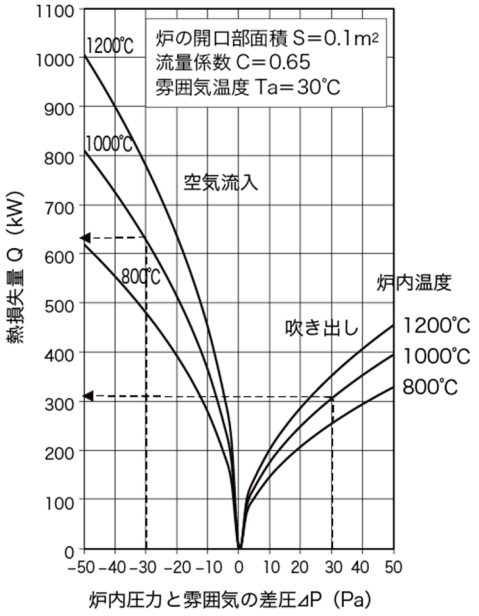


図 2．空気流入／吹き出しによる熱ロス量

3．省エネ効果

＜事例＞

改善前の炉内圧力 P＝30Pa を 10Pa に低減する場合の省エネ効果を算出する。

年間のエネルギー削減量

改善前の熱損失量 Q1 は　2）②より　310kW

改善後（⊿P＝10Pa）の熱損失量 Q2 を図 2 より読み取ると、約 170ｋW

よって　エネルギー削減量⊿Q は

⊿Q＝（Q1－Q2）× t

＝（310kW－170kW）×1,000×4,800h/年×3,600s/h÷10^9

＝<u>2,420GJ/年</u>

燃料（A 重油）削減量⊿F

A 重油の定位発熱量 36.66GJ/kL より

⊿F＝⊿Q/36.66＝2,420GJ/年÷33.66GJ/kL＝<u>66.0ｋL/年</u>

削減金額⊿Y

A 重油単価 70 円/L より

⊿Y＝66.0kL/年×70 円/L＝<u>4,620 千円/年</u>

CO_2 削減量⊿C

A 重油の CO_2 排出係数 2.71t－CO_2/kL より

⊿C=66.0kL/年×2.71 t－CO_2/kL＝<u>179t－CO_2/年</u>

原油換算削減量⊿O

原油換算係数 1.01kL/kL より

⊿O＝66.0kL/年×1.01kL/kL＝<u>66.7kL/年</u>

「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

効果	各月の	単位	効果	備考
	① 入電力削減量	—	—	
	② 油換算削減量	kL/年	66.7	
	③ CO_2削減量	t-CO_2/年	179	
	④ 減金額	千円/年	4,620	
測定／取得データ	・炉内温度 T ・炉内のゲージ圧力 P（G） ・雰囲気温度 Ta ・開口部面積 S ・炉内温度相当の炉内ガス密度ρ（留意事項の１）参照）			
留意事項	１．炉内ガスの密度ρの算定法 炉内ガスの密度ρは、炉内温度 T（℃）と炉内圧力 P（G）に依存し、以下の関係式が成り立つ。 $\rho(T、P)=\rho_0\times273.2/(273.2+T)\times(1.013\times10^5+P)/1.013\times10^5$ (3) ここで ρ_0 は標準状態（0℃、1atm(=1.013×10^5Pa)）でのガスの密度 参考：空気の標準状態時の密度は 1.293kg/m^3 炉内からの吹き出し流量 q を算定する際に用いるガス密度ρは、標準状態密度ρ_0、炉内温度 T、圧力 P を用いて（３）式より求める。 ２．空気の流入量または炉内ガスの吹き出し量は、炉の開口面積 S に比例するので、実際に算定する際には、実開口面積を確認し、比例計算をすること。 ３．熱損失計算式（計算条件欄の(1)式、(2) 式）について 式(1)の開口部の流量係数 C を 0.65 に、また式（2）の定圧比熱 Cp を炉内温度下での低圧比熱（空気流入の場合は空気の定圧比熱、炉ガス吹き出しの場合はガスの定圧比熱）としている。これは計算の簡略化を優先したためであり、この簡略化により発生する多少の誤差を無視した。			
参考資料	[1]『エネルギー管理のためのデータシート』（省エネルギーセンター） [2]『省エネルギー手帳』（省エネルギーセンター）			
参考図表等				