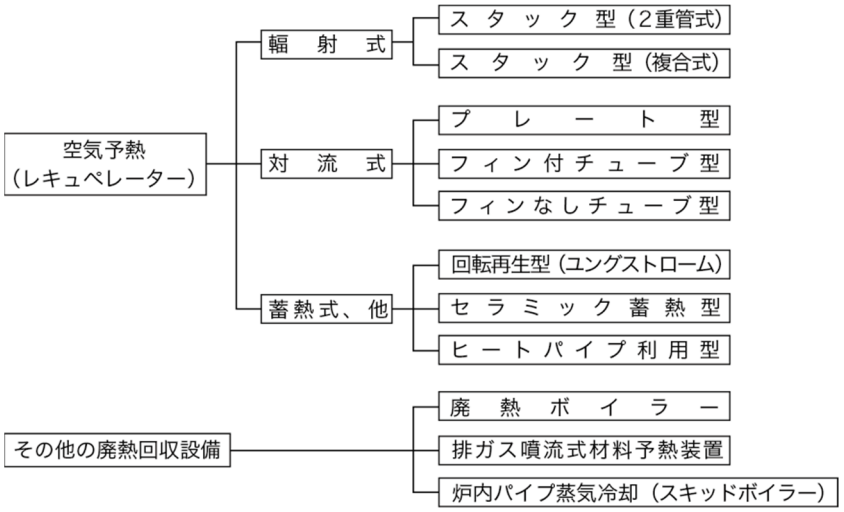
「省エネルギーセンター」ダウンロードファイル（無断転載、翻訳を禁ず）

概要シート

対策名	250211　燃焼炉の排ガス熱回収
対策タイプ	部分更新・機能付加
対象業種	産業用　　業務用
分類	工業炉
内容・目的	燃焼炉においては、排ガス損失熱量が最も大きく、排熱の回収が行われていない炉では、排ガス熱回収設備（レキュペレーター）の導入による省エネ効果が大きく、その効果を見極める。既に導入済みの場合でも、熱回収率が十分であるか否かを確認することは重要である。
対策技術の概要	1．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。 また、省エネ法（判断基準）で、工業炉に関して現時点で達成すべき排熱回収率（基準排熱回収率)、将来的に達成してほしい回収率（目標排熱回収率）が示されているので、参考にしていただきたい（補足説明参照)。 2．熱回収設備（レキュペレーター） 図１に、工業炉等での空気予熱を目的として使用されるレキュペレーター（熱回収設備）の分類を示す。その中でも、特に対流式に関して代表的なチューブ形とプレート形のレキュペレーターに関し、代表的な構造を図２に示す。

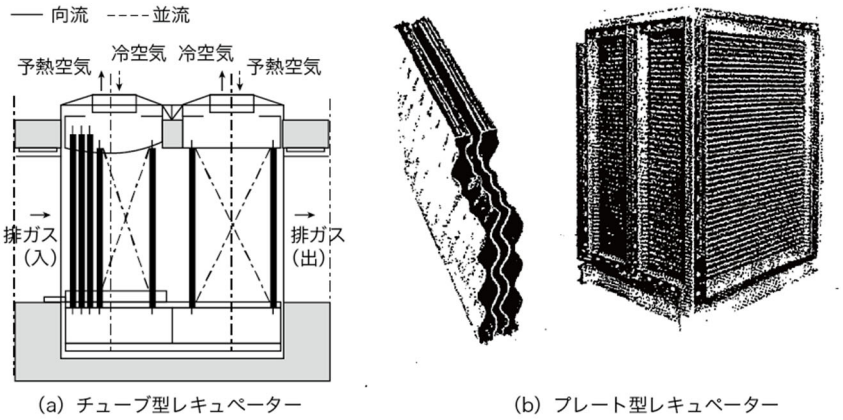


出典：『エネルギー診断プロフェッショナル　認定試験公式テキスト』（省エネルギーセンター）

図１．排熱回収設備の分類

「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



(a) チューブ型レキュペーター　　(b) プレート型レキュペーター

出典：『エネルギー診断プロフェッショナル　認定試験公式テキスト』（省エネルギーセンター）

図２．対流式レキュペーターの例

補足説明

工業炉に関して、現時点で達成すべき排熱回収率、将来的に達成シテほしい排熱回収率を表１に示す。

表１．工業炉の基準排熱回収率及び目標排熱回収率

排ガス温度 T (℃)	容量区分	基準排熱回収率 (%)	目標排熱回収率 (%)	（参 考）	
				廃ガス温度 (℃)	予熱空気温度 (℃)
T＜500	A・B	25	35	275	190
500≦T＜600	A・B	25	35	335	230
600≦T＜700	A	35	40	365	305
	B	30	35	400	270
	C	25	30	435	230
700≦T＜800	A	35	40	420	350
	B	30	35	460	310
	C	25	30	505	265
800≦T＜900	A	40	45	435	440
	B	30	40	480	395
	C	25	35	525	345
900≦T＜1000	A	45	55	385	595
	B	35	45	485	490
	C	30	40	535	440
1000≦T	A	45	55	－	－
	B	35	45	－	－
	C	30	40	－	－

容量区分　A　84,000MJ/h 以上（20,000Mcal/h）

B　21,000～84,000MJ/h 以上（5,000～20,000Mcal/h）

C　840～21,000MJ/h 以上（200～5,000Mcal/h）

出典：省エネ法　判断基準

参考資料

[1]『平成 27 年度版　エネルギー診断プロフェショナル　認定試験公式テキスト』（一般財団　省エネルギーセンター）

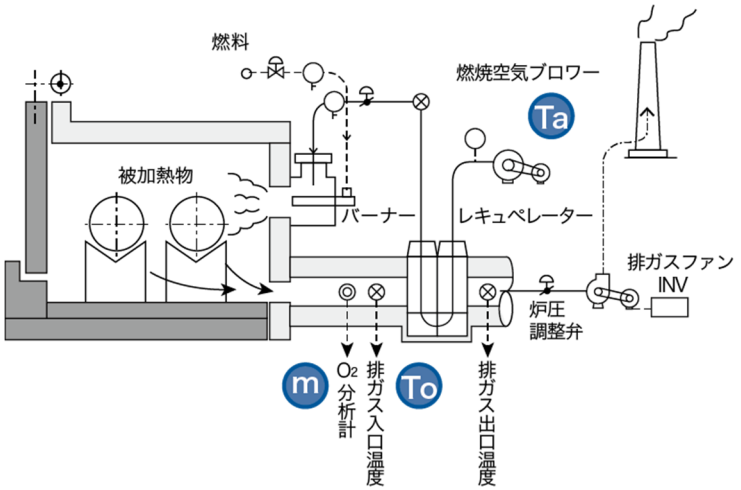
「省エネルギーセンター」ダウンロードファイル（無断転載、翻訳を禁ず）

概要シート

	[2]エネルギーの使用の合理化に関する法律　工場または事業場におけるエネルギーの使用の合理化に関する事業者の判断の基準（省エネ法判断基準）
用語説明	1．基準回収率：現時点で達成すべき回収率 2．目標回収率：将来的に達成してほしい回収率

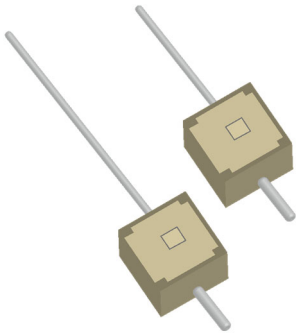
「省エネルギーセンター」ダウンロードファイル（無断転載、翻訳を禁ず）

計測シート

対策名	250211　燃焼炉の排ガス熱回収
対象タイプ	部分更新・機能付加
対象業種	産業用　　業務用
分類	工業炉
内容・目的	燃焼炉においては、排ガス損失熱量が最も大きく、排熱の回収が行われていない炉では、排ガス熱回収設備（レキュペレーター）の導入による省エネ効果が大きい。本シートでは、関連の分析シート（№9-0040）で省エネ効果や CO_2 削減効果を推算するに際し、必要となる測定項目に関する測定法等を示す。
フロー図と計測箇所	測定・確認項目 ① 排ガス温度 To（＝レキュペレーター（排熱回収設備）の入り口温度） ② 外気温度 Ta ③ O_2 濃度測定による空気比mの導出 排ガスの O_2 濃度を測定し、以下の(1)式より空気比を概算する。 m　＝　21/（21-酸素濃度（%））　（1） 
計測装置	1．排ガス温度の測定装置 高温用の温度センサーを煙道のポート等に装着して、排ガス温度を測定する。長時間にわたる測定の場合、データロガーの使用も検討すること。  高温用温度センサー 2．排ガスの酸素濃度計（分析計） ジルコニア式、磁気流量比式、レーザー分光式、電極式等の酸素濃度計があるが、中でもジルコニア式（濃淡電池式）が煙道などに直接取付けることができ、かつ排ガスのサンプリングが不要で、使い易い。長時間の測定が必要な場合には、データロガー等も活用する。

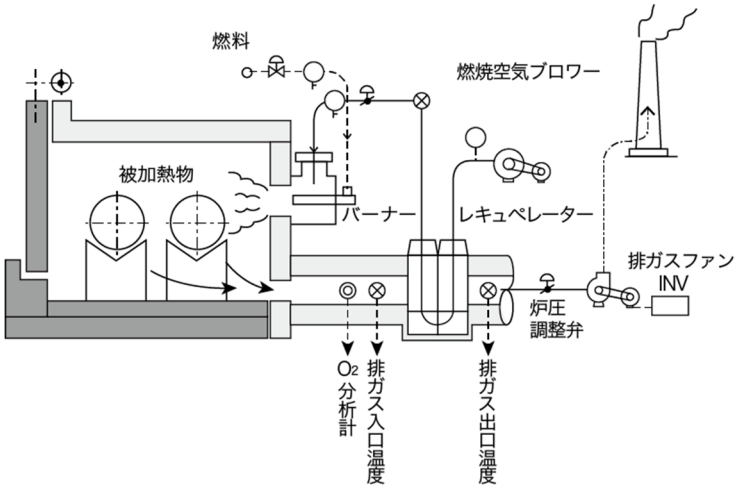
「省エネルギーセンター」ダウンロードファイル（無断転載、翻訳を禁ず）

計測シート

	 ジルコニア式酸素濃度計
計測留意事項	1．酸素濃度の測定値が「湿りガスベース」でなく、「乾きガスベース」に換算等がなされていることを確認すること。 2．排ガス酸素濃度の測定が困難な場合、受信事業者の定期点検等での確認情報を流用することも可能。 3．測定対象炉の煙道に備え付けの酸素分析計や温度検出器があり、その測定値を流用する場合には、分析計や検出器に故障やくるいが無いことを事前に確認すること。
補足説明	
用語説明	1．湿りガスベース：煙道中のガスを直接測定するような場合、水分を含んだままの排ガスを測定している。このような条件での測定値は、「湿りガスベース」の値と呼ばれる。湿りガスベースの値は蒸気も含んだガスを 100%としているので、同じ排ガスの酸素濃度を測定しても低めとなる。ジルコニア式酸素濃度計には、乾きガスベースへの演算機能を有しているものもある。 2．乾きガスベース：排ガス中の水分を除外した条件でのガス分析値を「乾きガスベース」の値と呼ぶ。

「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	250211　燃焼炉の排ガス熱回収
対策タイプ	部分更新・機能付加
対象業種	産業用　　業務用
分類	工業炉
目的	燃焼炉においては、排ガス損失熱量が最も大きく、排熱の回収が行われていない炉では、排ガス熱回収設備（レキュペレーター）の導入による省エネ効果が大きい。既に導入済みの場合でも、熱回収率が十分であるか否かを確認することは重要である。 本シートでは、排ガス損失熱量の回収率 X（%）の改善による省エネ効果・CO_2削減効果の算出法を示す（回収熱量は燃焼空気の予熱に使用）。
計算条件	・熱回収率は以下の式によるものとする。 排熱回収率（%）＝（空気予熱量）/（排ガス熱量）×100　　（1）  出典：『エネルギー診断プロフェッショナル　認定試験公式テキスト』（省エネルギーセンター） ＜計算条件＞ ・燃料：都市ガス 13A 低発熱量 Hu＝41.9MJ/Nm^3 CO_2排出係数　2.15kg/ Nm^3 単価　100 円/ m^3 ・燃料使用量 F：50,000 Nm^3/年 ・空気比 m：1.2 ・理論空気量 A0：10.73 Nm^3/ Nm^3 ・排ガス 理論排ガス量 G0：11.81 Nm^3/ Nm^3 比熱 Cp：1.38kJ/ Nm^3K 排ガス温度 To（＝レキュペレーター入り口温度）：1,000℃ ・排熱回収率の改善（排熱回収設備の改善） 改善前回収率 X1：20%　⇒　改善後回収率 X2：40%

「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

計算方法

1．排ガス熱量 Q の計算

年間の排ガス熱量 Q は以下の式で表される。

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

よって

$Q=\{11.81Nm^3/Nm^3+(1.2-1)\times 10.73Nm^3/Nm^3\}\times 1.38\ kJ/\ Nm^3K$
$\times(1{,}000℃-20℃)\times 50{,}000\ Nm^3/年\div 1{,}000$
$=\underline{\ 943{,}000MJ/年}$

2．年間の空気予熱量の改善量

式（1）より、年間の空気予熱量 Qa は

$Qa=$（年間の排ガス熱量 Q）×（排熱回収率 X） （3）

よって

排熱回収率の改善による年間空気予熱量の増加量⊿Qa は

$\Delta Qa = Q \times(X2-X1)$
$= 943{,}000MJ/年\times(0.4-0.2) = \underline{189{,}000MJ/年}$

3．改善効果

燃料削減量⊿F

年間の空気予熱量の増加分⊿Qa が燃料削減量⊿F に相当するので

$\Delta F = \Delta Qa / Hu$
$=189{,}000MJ/年\div 41.9\ MJ/Nm^3=\underline{4{,}510Nm^3/年}$

削減金額⊿Y

13A の単価 100 円/Nm^3 より

$\Delta Y = 4{,}510\ \underline{Nm^3/年}\times 100\ 円/\ Nm^3\div 1{,}000=\ \underline{451\ 千円/年}$

CO_2 削減量⊿C

13A の CO_2 排出係数 2.15kg/Nm^3 より

$\Delta C = 4{,}510\ \underline{Nm^3/年}\times 2.15kg/Nm^3\div 1000=\underline{9.70t\text{-}CO_2/年}$

原油換算削減量⊿O

13A の原油換算係数 1.16L/Nm^3 より

$\Delta O = 4{,}510\ \underline{Nm^3/年}\times 1.16L/Nm^3\div 1{,}000=\underline{5.23kL/年}$

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	5.23	
③ O_2 削減量	t-CO_2/年	9.70	
④ 減金額	千円/年	451	

測定／取得データ

1．排ガス温度
2．外気温度
3．バーナーの空気比
4．燃料の理論排ガス量、理論空気量
5．排ガスの比熱

留意事項

1．参考図表等の欄に、表 1．工業炉の排熱回収率に関する基準回収率（現時点で達

「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

<table>
<tr><td></td><td>成すべき回収率)、目標回収率（将来的に達成してほしい回収率）を示すので、参考にしていただきたい（出典：『省エネ法』（判断基準））。

２．参考図表等の欄に、表２．排ガス熱回収設備の種類と適用範囲を示す。金属製レキュペレーターの場合、適用可能温度に制限があるので、対策提案の場合には注意していただきたい。</td></tr>
<tr><td>参考資料</td><td>[１]排ガスの比熱、理論空気量、理論排ガス量の出所：『ボイラー研究　第 347 号』p.45
[２]『エネルギー診断プロフェッショナル　認定試験公式テキスト』（省エネルギーセンター）
[３]『エネルギーの使用の合理化に関する法律』工場又は事業場におけるエネルギーの使用の合理化に関する事業者の判断の基準『省エネ法』（判断基準）</td></tr>
<tr><td>参考図表等</td><td>表１．工業炉の基準排熱回収率及び目標排熱回収率
<table>
<tr><th rowspan="2">排ガス温度Ｔ（℃）</th><th rowspan="2">容量区分</th><th rowspan="2">基準排熱
回収率（%）</th><th rowspan="2">目標排熱
回収率（%）</th><th colspan="2">（参考）</th></tr>
<tr><th>廃ガス温度
（℃）</th><th>予熱空気温度
（℃）</th></tr>
<tr><td>T＜500</td><td>A・B</td><td>25</td><td>35</td><td>275</td><td>190</td></tr>
<tr><td>500≦T＜600</td><td>A・B</td><td>25</td><td>35</td><td>335</td><td>230</td></tr>
<tr><td rowspan="3">600≦T＜700</td><td>A</td><td>35</td><td>40</td><td>365</td><td>305</td></tr>
<tr><td>B</td><td>30</td><td>35</td><td>400</td><td>270</td></tr>
<tr><td>C</td><td>25</td><td>30</td><td>435</td><td>230</td></tr>
<tr><td rowspan="3">700≦T＜800</td><td>A</td><td>35</td><td>40</td><td>420</td><td>350</td></tr>
<tr><td>B</td><td>30</td><td>35</td><td>460</td><td>310</td></tr>
<tr><td>C</td><td>25</td><td>30</td><td>505</td><td>265</td></tr>
<tr><td rowspan="3">800≦T<900</td><td>A</td><td>40</td><td>45</td><td>435</td><td>440</td></tr>
<tr><td>B</td><td>30</td><td>40</td><td>480</td><td>395</td></tr>
<tr><td>C</td><td>20</td><td>35</td><td>525</td><td>345</td></tr>
<tr><td rowspan="3">900≦T＜1000</td><td>A</td><td>45</td><td>55</td><td>385</td><td>595</td></tr>
<tr><td>B</td><td>35</td><td>45</td><td>485</td><td>490</td></tr>
<tr><td>C</td><td>30</td><td>40</td><td>535</td><td>440</td></tr>
<tr><td rowspan="3">1000≦</td><td>A</td><td>45</td><td>55</td><td>—</td><td>—</td></tr>
<tr><td>B</td><td>35</td><td>45</td><td>—</td><td>—</td></tr>
<tr><td>C</td><td>30</td><td>40</td><td>—</td><td>—</td></tr>
</table>
容量区分　A　84,000MJ/ｈ以上（20,000Mcal/h）
　　B　21,000～84,000MJ/ｈ（5,000～20,000Mcal/h）
　　C　840～21,000MJ/ｈ（200～5,000Mcal/h）
出典：省エネ法　判断基準</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）

算定シート

表 2. 焼却炉の排ガス熱回収設備の適用範囲

種類	形式	排ガス温度（℃）	予熱空気温度（℃）	用途
メタリックレキュペレーター	対流型	＜1000	300～600	加熱炉、熱処理炉その他工業炉
	輻射型	1,000～1,100		
セラミックレキュペレーター	アームコ型スタイン型	1,200～1,400	400～700	均熱路、ガラス溶解窯
リジェネレーター	れんが充てん形	1,000～1,600	600～1,200	コークス炉、熱風炉、ガラス溶解窯
	回転再生式	＜600	100～300	ボイラー、熱風炉、公害防止設備

出典：『エネルギー診断プロフェッショナル 認定試験公式テキスト』（省エネルギーセンター）