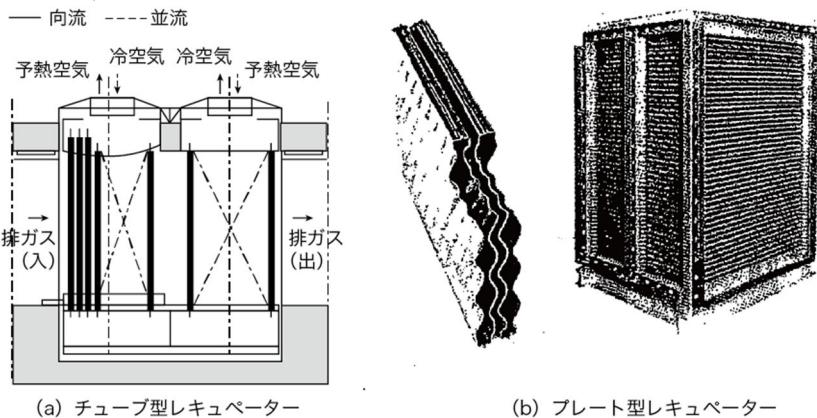


概要シート

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	<p>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。</p>
対策技術の概要	<p>1. 概要</p> <p>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。</p> <p>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）。</p> <p>2. 熱回収設備（レキュペレーター）</p> <p>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。</p> <pre> graph LR A[空気予熱 (レキュペレーター)] --> B[輻射式] A --> C[対流式] A --> D[蓄熱式、他] A --> E[その他の廃熱回収設備] B --> B1[スタック型(2重管式)] B --> B2[スタック型(複合式)] C --> C1[プレート型] C --> C2[フィン付チューブ型] C --> C3[フィンなしチューブ型] D --> D1[回転再生型(ユングストローム)] D --> D2[セラミック蓄熱型] D --> D3[ヒートパイプ利用型] E --> E1[廃熱ボイラー] E --> E2[排ガス噴流式材料予熱装置] E --> E3[炉内パイプ蒸気冷却(スキッドボイラー)] </pre> <p>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）</p> <p>図1. 排熱回収設備の分類</p>

概要シート



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. 対流式レキュベーターの例

工業炉に関して、現時点で達成すべき排熱回収率、将来的に達成しそうい排熱回収率を表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 (°C)	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 (°C)	予熱空気温度 (°C)
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ッショナル 認定試験公式テキスト』（一般財団 省エネルギーセンター）

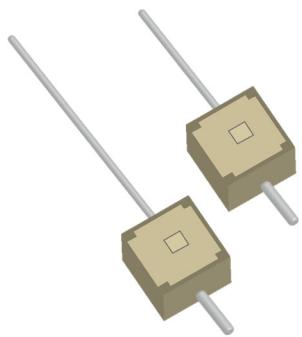
概要シート

	[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

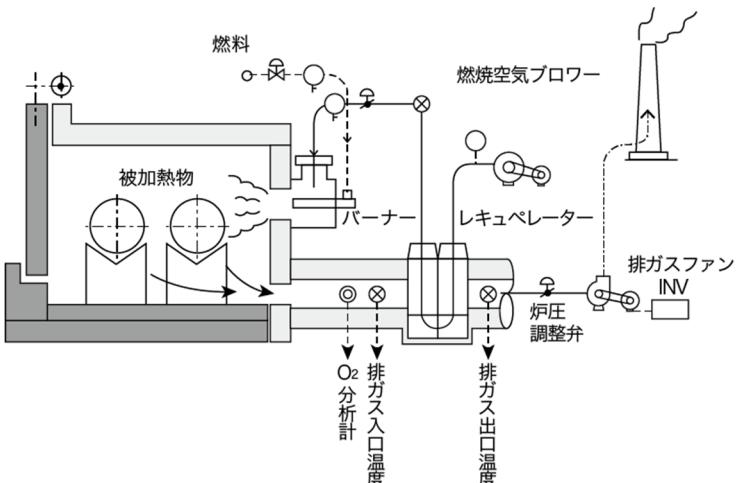
計測シート

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	<p>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（No9-0040）で省エネ効果や CO₂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。</p>
フロー図と計測箇所	<p>測定・確認項目</p> <ul style="list-style-type: none"> ① 排ガス温度 T_o (=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 T_a ③ O₂濃度測定による空気比mの導出 <p>排ガスの O₂濃度を測定し、以下の(1)式より空気比を概算する。</p> $m = 21 / (21 - \text{酸素濃度} (\%)) \quad (1)$
計測装置	<p>1. 排ガス温度の測定装置</p> <p>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。</p> <p>2. 排ガスの酸素濃度計（分析計）</p> <p>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。</p>

計測シート

	 <p>ジルコニア式酸素濃度計</p>
計測留意事項	<ol style="list-style-type: none">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。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。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	<ol style="list-style-type: none">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。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。

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	<p>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。</p> <p>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・CO₂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）。</p>
計算条件	<p>・熱回収率は以下の式によるものとする。</p> $\text{排熱回収率} (\%) = (\text{空気予熱量}) / (\text{排ガス熱量}) \times 100 \quad (1)$  <p>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)</p> <p><計算条件></p> <ul style="list-style-type: none"> 燃料：都市ガス 13A 低発熱量 $H_u = 41.9 \text{ MJ/Nm}^3$ CO_2排出係数 2.15 kg/ Nm^3 単価 100 円/ m^3 燃料使用量 F : $50,000 \text{ Nm}^3/\text{年}$ 空気比 m : 1.2 理論空気量 A₀ : $10.73 \text{ Nm}^3/ \text{Nm}^3$ 排ガス 理論排ガス量 G₀ : $11.81 \text{ Nm}^3/ \text{Nm}^3$ 比熱 C_p : $1.38 \text{ kJ/ Nm}^3\text{K}$ 排ガス温度 T_o (=レキュペレーター入り口温度) : $1,000^\circ\text{C}$ 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% \Rightarrow 改善後回収率 X₂ : 40%

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。 $Q = \{G_0 + (m-1) \times A_0\} \times C_p \times (T_0 - T_a) \times F \quad (2)$ よって $Q = \{11.81 \text{Nm}^3/\text{Nm}^3 + (1.2-1) \times 10.73 \text{Nm}^3/\text{Nm}^3\} \times 1.38 \text{ kJ/Nm}^3 \times (1,000^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C}) \times 50,000 \text{ Nm}^3/\text{年} \div 1,000 \\ = \underline{943,000 \text{MJ/年}}$																			
	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 $Q_a = (\text{年間の排ガス熱量 } Q) \times (\text{排熱回収率 } X) \quad (3)$ 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 ΔQ_a は $\Delta Q_a = Q \times (X_2 - X_1) \\ = 943,000 \text{MJ/年} \times (0.4 - 0.2) = \underline{189,000 \text{MJ/年}}$																			
	3. 改善効果 燃料削減量 ΔF 年間の空気予熱量の増加分 ΔQ_a が燃料削減量 ΔF に相当するので $\Delta F = \Delta Q_a / H_u \\ = 189,000 \text{MJ/年} \div 41.9 \text{ MJ/Nm}^3 = \underline{4,510 \text{Nm}^3/\text{年}}$																			
	削減金額 ΔY 13A の単価 100 円/ Nm^3 より $\Delta Y = 4,510 \text{Nm}^3/\text{年} \times 100 \text{円}/\text{Nm}^3 \div 1,000 = \underline{451 \text{千円/年}}$																			
	CO_2 削減量 ΔC 13A の CO_2 排出係数 2.15kg/ Nm^3 より $\Delta C = 4,510 \text{Nm}^3/\text{年} \times 2.15 \text{kg}/\text{Nm}^3 \div 1000 = \underline{9.70 \text{t-CO}_2/\text{年}}$																			
	原油換算削減量 ΔO 13A の原油換算係数 1.16L/ Nm^3 より $\Delta O = 4,510 \text{Nm}^3/\text{年} \times 1.16 \text{L}/\text{Nm}^3 \div 1,000 = \underline{5.23 \text{kL/年}}$																			
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left; padding: 2px;">各月の</th> <th style="text-align: left; padding: 2px;">単位</th> <th style="text-align: left; padding: 2px;">効果</th> <th style="text-align: left; padding: 2px;">備考</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="padding: 2px;">① 入電力削減量</td> <td style="padding: 2px;">—</td> <td style="padding: 2px;">—</td> <td style="padding: 2px;"></td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">② 油換算削減量</td> <td style="padding: 2px;">kL/年</td> <td style="padding: 2px;">5.23</td> <td style="padding: 2px;"></td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">③ O_2 削減量</td> <td style="padding: 2px;">t-CO_2/年</td> <td style="padding: 2px;">9.70</td> <td style="padding: 2px;"></td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">④ 減金額</td> <td style="padding: 2px;">千円/年</td> <td style="padding: 2px;">451</td> <td style="padding: 2px;"></td> </tr> </tbody> </table>	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
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. 参照図表等の欄に、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																				

算定シート

	<p>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))。</p> <p>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。金属製リ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。</p>																																																																																																				
参考資料	<p>[1]排ガスの比熱、理論空気量、理論排ガス量の出所:『ボイラーリサーチ 第347号』p.45</p> <p>[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)</p> <p>[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)</p>																																																																																																				
参考図表等	<p>表1. 工業炉の基準排熱回収率及び目標排熱回収率</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">排ガス温度 T (°C)</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 (°C)</th> <th>予熱空気温度 (°C)</th> </tr> </thead> <tbody> <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> </tbody> </table> <p>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)</p> <p>出典:省エネ法 判断基準</p>	排ガス温度 T (°C)	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 (°C)	予熱空気温度 (°C)	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	20	35	525	345	900 ≤ T < 1000	A	45	55	385	595	B	35	45	485	490	C	30	40	535	440	1000 ≤	A	45	55	—	—	B	35	45	—	—	C	30	40	—	—
排ガス温度 T (°C)	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 (°C)	予熱空気温度 (°C)																																																																																																		
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	20	35	525	345																																																																																																
900 ≤ T < 1000	A	45	55	385	595																																																																																																
	B	35	45	485	490																																																																																																
	C	30	40	535	440																																																																																																
1000 ≤	A	45	55	—	—																																																																																																
	B	35	45	—	—																																																																																																
	C	30	40	—	—																																																																																																

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 (°C)	予熱空気温度 (°C)	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
	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
リジェネレーター	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）