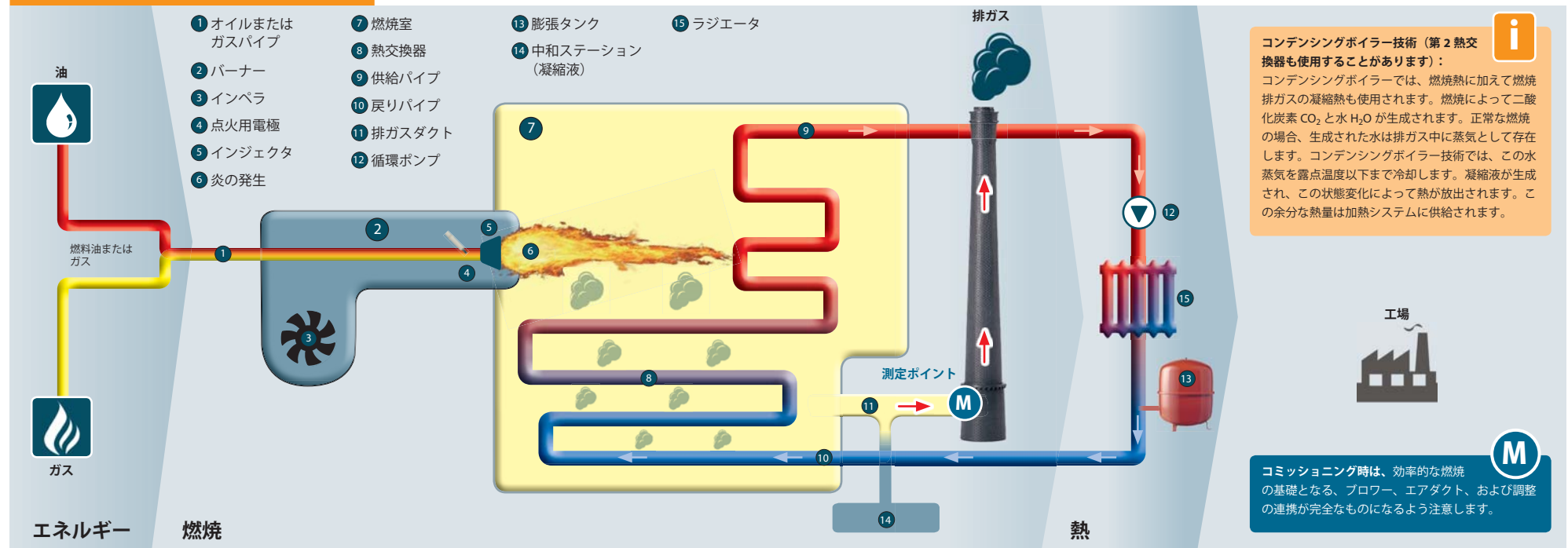


バーナー / ボイラー

構成と機能



ボイラーシステムの一般的な燃焼プロセス

I. 燃料供給と準備

A：油：ポンプを使用して燃料が油タンクからバーナーへ送られます。これは加熱調整で作動します（熱エネルギー要件によって異なります）。予熱によって燃料が加熱されます。ソレノイドバルブが開き、燃料がインジェクタで霧化されて燃焼室内に噴霧されます。

B：ガス：ガスの圧力によって燃料がバーナーまで送られます。これは加熱調整で作動します（熱エネルギー要件によって異なります）。ソレノイドバルブが開き、燃料がインジェクタで霧化されて燃焼室内に噴霧されます。

II. 燃焼用空気の流入

燃焼用空気はブローを使用してバーナーの炎に供給されます。十分な燃焼用空気を供給すると、調整範囲が広がり、燃焼が安定して、良好な排ガス値を得ることができます。

III. バーナーの点火

点火用火（点火用電極）によって、燃料と空気の混合気が点火され、燃焼が自律的に継続されます。炎は次の方法でモニタリングされます。

ガス：水素炎イオン化炎検出器（イオン化電極）

油：光電子炎検出器または赤外線検出器

IV. 燃焼

燃料ガスはボイラーの熱交換器の表面を流れ、その過程で内面を通じて加熱水に熱エネルギーが放出されます。加熱水は循環ポンプによって供給パイプを通じてラジエータまで運ばれ、そこで熱を環境に放出します。冷却された水は戻りパイプを通じて戻り、再び加熱されます。温水貯蔵タンクを設置して、一定量の温水を供給することができます。十分に断熱し、指定された温度（60℃など）に保たれることを保証する必要があります。

バーナー / ボイラー

測定

測定ポイント

M testo 340/testo 350

測定の場所

- 排ガスクラウド内

測定の目的

- 故障修理 / 診断のための排ガス測定
- 定期点検およびサービスのための排ガス測定
- 排ガス制限値の遵守
- バーナー効率の最適化
- さまざまな荷重点の設定

測定の対象

- O₂
- CO₂ (testo 340 の場合は演算)
- CO
- NO (testo 340 の場合は演算)
- NO₂
- SO₂
- 排ガス損失
- ドラフト / 圧力
- 差圧
- 温度
- 温度差

測定ポイントでの一般的な測定値:

測定パラメータ	油の排ガスの組成	ガスの排ガスの組成
O ₂	2 ~ 5%	2 ~ 3%
CO	5 ~ 80ppm	0 ~ 50ppm
CO ₂	10 ~ 15.4%	6 ~ 12%
NO	20 ~ 100ppm	10 ~ 100ppm
NO ₂	2 ~ 25ppm	2 ~ 25ppm
SO ₂	5 ~ 40ppm (燃料の硫黄含有量によって異なります)	5 ~ 40ppm (燃料の硫黄含有量によって異なります)

油:

- 排ガス温度:
+40°C ~ +200°C
(コンデンシングシステムの場合は +40°C)
- 排ガスクラウド内の圧力:
-0.5 ~ +0.5mbar/hPa

ガス:

- 排ガス温度:
+250°C ~ +500°C
(コンデンシングシステムの場合は +40°C)
- 排ガスクラウド内の圧力:
-0.5 ~ +0.5mbar/hPa

testo の排ガス関連機器のメリット

testo 340: 燃焼機器の調整およびメンテナンス

メリット:

- 頑丈で、こまめなメンテナンスが不要な技術設計のため、いつでも使用可能
- 特殊ホース (PTFE) のセルフクリーニング効果: 濃縮された汚染粒子の付着なし
- 設定が簡単: 延長ホース (最大 7.8m) によって、測定場所が遠く離れていてもボイラーのディスプレイを見ながら作業が可能
- センサは現場で簡単に取り外しと交換が可能のため、ダウンタイムを短縮できる
- 測定範囲の拡張 (5 倍): 高濃度 (CO は最大 50,000ppm) でも測定が可能
- バイオガスでの使用、および SO₂ の測定に最適



testo 350: 排ガス濃度管理 (国によって異なります)

メリット:

- ガスの前処理装置を内蔵し、人の監視のない状態での長期間測定でも正確な (湯きベース) 結果
- Bluetooth 接続によって、コントロールユニットと測定場所が遠く離れていても (障害物のない場合に最大 100m) 作業が容易
- JIS に準拠した環境測定モデル (モデル testo 350J) は計量証明で使用可能
- 測定範囲の拡張 (2、5、10、20、40 倍): 高濃度 (40 倍時の CO は最大 400,000ppm) でも測定が制約されない
- バイオガスでの使用、および SO₂ と H₂S の測定に最適



一般的な測定の様子



実用のヒント:



排ガス温度が低下 / 低い:

- 凝縮した水滴が熱電対に付着している
→ プローブを水平または下向きに固定し、凝縮水が抽出されるか凝縮水を滴下するようにします
- 大量の凝縮水が流れ出し、測定値に誤りが表示された / 測定器が故障した
→ 凝結水トラップではなくガス前処理装置を使用します

排ガス損失が異常に多い:

- 測定器の校正に誤りがあります
- 燃料設定が間違っています
- 外付け空気温度プローブでシステムを直接測定しています

圧力測定値が低い:

- 圧力センサが正しくゼロ調整されていません
- 測定器の吸気経路に漏れがあります

圧力測定値が高い:

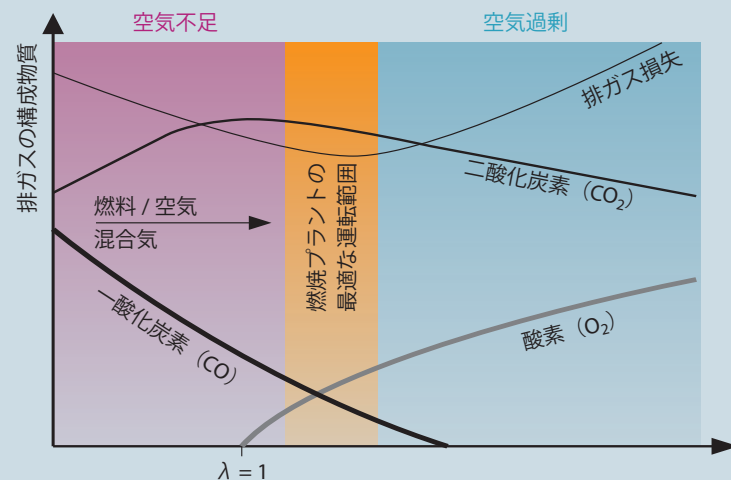
- 圧力センサが正しくゼロ調整されていません
- 排ガスのドラフトが強すぎる → ドラフトレギュレータを取り付け、クリーニングポートを開いて測定します

バーナー / ボイラー

理論知識 1

燃焼グラフを使用した排ガスの判定

→ 燃料の量と燃焼用空気量の最適比率（空燃比 λ ）



燃焼用空気と湿度が排ガス量に与える影響：

- ガス成分の減少への相対的な濃度として、排ガス量が希釈されます。
- 結果を仕様または他の測定結果と比較するには、基準値を使用する必要があります。
- 例：湿度と過剰な空気に応じて、SO₂ 濃度が 0.14 ~ 0.20% まで低下します（表参照）。

	N ₂	CO ₂	SO ₂	H ₂ O	O ₂
正規組成 / 乾燥	82.6	16	0.20	0	0
正規組成 / 湿潤	74.7	14.4	0.18	10.7	
25% EA/ 乾燥	82.8	12.7	0.16	0	4.4
25% EA/ 湿潤	75.6	11.6	0.14	8.7	4

図 1 基準値

正規組成 = 空気量と燃料量の配分（燃焼のためには、完全燃焼するために計算上必要になる酸素量を正確に供給します）

EA = 過剰空気

空気過剰の平均：

ガス： $\lambda = 1.05 \sim 1.15$

油： $\lambda = 1.1 \sim 1.2$
（排ガスドラフトが強い場合は 1.21）

空気過剰（最適な運転範囲）

デメリット：

- 燃料使用率が低い（排ガス中に未燃焼残留物）
- NO_x 値（酸化窒素）の増加
- 低温の空気で希釈することによるエネルギー損失
- 低効率（大量の熱を損失）

メリット：

- + 信頼性の高い運転
- + 燃料がすべて燃焼（ススがほとんどない）

CO（一酸化炭素）：

CO が不足するため、供給された酸素は酸化で消費されず、過剰な空気によって O₂ が増加します。量が増える（希釈効果）ことで、排ガス損失が増大します。

燃料の粒子サイズ：燃料の粒子サイズが小さいほど、酸素との接触が活発となり、過剰空気の必要量が減ります。

CO₂（二酸化炭素）：

$\lambda = 1$ から再び CO₂ が減少しますが、それは化学反応によるものではなく、燃焼用空気の増加による希釈効果によるもので、それによって発生する CO₂ は事実上ありません。

空気不足

デメリット：

- 燃料が燃え切らない
- 有害な物質が発生する（スス、CO など）
- エネルギー利用率の低下
- 運転の信頼性の低下によって停止する可能性も

CO（一酸化炭素）：

CO が存在 → CO が完全に酸化して CO₂ になるだけの酸素がありません。

O₂（酸素）：

供給された酸素がすぐに CO の酸化に使用されるため、この範囲には酸素がわずか、または測定不能な程度しか存在しません。

CO₂（二酸化炭素）：

O₂ 濃度が上昇すると、酸化によって CO が減少して CO₂ になります。同程度まで CO₂ が増加します。この過程は $\lambda = 1$ またはそれを少し超えるまで続きます。CO がゼロに近づくと、CO₂ は最大値に達します。

排ガス中へのばい煙の放出（燃料油）

燃料油成分の一部が完全燃焼しなかった場合は、スス（炭素）が発生します。次のような原因が考えられます。

- 空気供給の障害物や詰まりによる燃焼中の空気不足
- ボイラーまたはバーナーが大きすぎる、ボイラーの水の含有量が少なすぎる（頻繁にオン/オフされる）
- 燃料が過剰、ボイラーサイズに対してバーナーの燃料処理能力が高すぎる
- 霧化特性の不良 / ノズルの噴霧角度の誤り（特に、油を予熱しない古いバーナー）

- バーナーの運転時間が長い、排ガス温度の上昇

- オイルフィルタの詰まりによるミスファイア、油中の水滴、油の予熱の不具合、油供給系統またはフィルタへの空気混入、油内の粘性成分の増加（経時変化）、燃料油特性の変動

→ 効率を高めるには：排ガスの温度を可能な限り下げます（ススの層 1mm で排ガス温度が約 50 度上昇 → エネルギー要求量が約 2.5 ~ 3% 増加）。

バーナー / ボイラー

理論知識 2

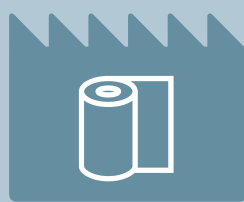
バーナー / ボイラーシステムの実用例

公共建物の暖房システム



場所： 病院、大学、博物館、学校など
用途： 暖房、換気、温水
出力範囲： 約 10 ～ 1,600kW

高温蒸気 – 製紙工場



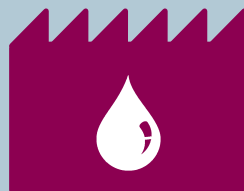
場所： 製紙工場
用途： 蒸気と温水の供給
出力範囲： 約 150 ～ 6,000kW

温室暖房システム



場所： 温室
用途： 熱電併給プラントのバックアップシステム、熱と CO₂ の供給
出力範囲： 約 300 ～ 1,000kW

高温蒸気 – 石油プラント



場所： 石油プラント
用途： 蒸気と温水の供給
出力範囲： 約 500 ～ 7,500kW

加熱式と非加熱式の測定ガスホースおよびプローブの違い

加熱式の測定ガスホースおよびプローブ

	メリット	デメリット
排ガス プローブ	+ 汚れにくく、ばい塵の堆積が少ない + 排ガスと周囲温度の差が大きい場合の温度勾配や排ガスの凝縮液の減少 + 加熱温度が排ガスの露点温度よりも高いため、凝結によるプローブシャフトへのばい煙の影響がない + 腐食しにくい + 1 日～1 か月の長期間測定向き + NO₂ および SO₂ の長時間測定で高い測定精度	- 電源供給が必要 - プローブのサイズが大きく重いため、測定ポイントでの取り扱いと持ち運びに手間がかかる - 排ガス温度の測定は加熱式プローブの影響を受ける
測定ガス ホース	+ 汚れにくく、ばい塵の堆積が少ない + 長時間の測定向き	- 電源供給が必要 - 重く、測定ポイントでの取り扱いと持ち運びに手間がかかる

非加熱式の測定ガスホースおよびプローブ

	メリット	デメリット
排ガス プローブ	+ 簡単かつ便利な短時間測定 + 電源供給が不要 + 加熱式プローブの熱による誤差が発生しない、正確な排ガス温度測定 + 測定ポイントでの取り扱いと持ち運びが容易	- 長時間測定および頻繁に使用すると汚染されやすい - 測定範囲外のプローブ領域に凝縮液が生成されるため、大きな凝縮効果が発生 - プローブを定期的にクリーニングしなかった場合、長時間測定で SO₂ および NO₂ に大きな吸収効果が発生
測定ガス ホース	+ 短時間測定を簡単かつ便利に実行可能 + 電源供給が不要 + 測定および持ち運び時に取り扱いが容易 + ホースの延長が容易 + デッドボリュームが非常に小さい場合に、ガス測定パラメータの反応が早い	- 特に長時間測定時と頻繁に使用した場合に、測定ガスホースに汚れが堆積しやすい - 長時間使用によって測定ガスホースが汚染されている場合、SO₂ および NO₂ に大きな吸収効果が発生