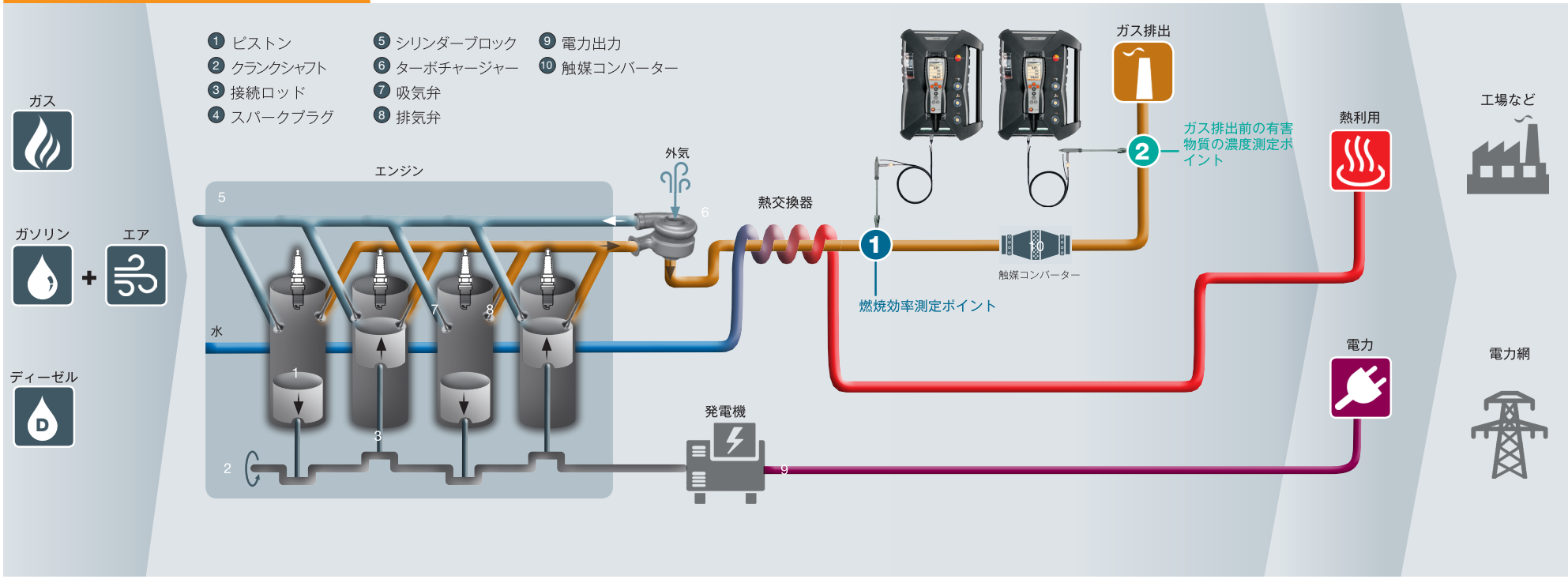
We measure it. testo

コージェネレーションシステムと排ガス測定：全体図

図:各装置の機能とtesto350の測定ポイント



CHPにおける一般的な燃焼プロセス

① 混合気が吸気弁より吸引される

② 混合気が圧縮され加熱される

③ 混合気が点火される
(ガソリンエンジンはスパークプラグにより、
ディーゼルエンジンは圧縮着火)

④ ③によりクランクシャフトへの動力となる、そして発電機で発電する

⑤ 排気弁より燃焼排ガスが排出される

⑥ 燃焼排ガスにより動作するターボチャージャーが排ガスを圧縮し再度エンジンへ送る。結果としてエンジン出力が増加する。一方で燃料消費が減少し、排出ガスも改善される

⑦ 熱交換器が燃焼排ガスが持っている熱を吸収し、暖房システムやプレセス熱として利用される

We measure it. testo

コージェネレーションシステムにおける排ガス測定のポイント

測定

測定ポイント 1 燃焼効率測定

触媒コンバータ前の測定ポイント
(ターボチャージャーの後)

なぜ測定が必要なのか

- エンジンの燃焼効率の点検および検査
- エンジンの調整及びエンジン稼働条件におけるエラーの検知
- 燃料の過剰消費を防ぐ為の適切なエンジン調整
- 過剰空気と点火ポイントの関係の適切な調整

典型的な排ガスの校正

- 排ガス温度：約650°C
- 圧力：最大で約100mbar (ターボチャージャーと触媒コンバータに依存)

testo 350で測定した代表的な値*

測定パラメータ	天然ガス	ランドフィルガス	石油
O_2	8 %	5 to 6 %	8 to 10 %
NO	100 ... 300 ppm	100 ... 500 ppm	800 ... 1000 ppm
NO_2	30 ... 60 ppm	90 ... 110 ppm	10 ... 20 ppm
CO	20 ... 40 ppm	350 ... 450 ppm	450 ... 550 ppm
CO_2	10 %	13 %	7 to 8 %
SO_2		30 ppm	30 to 50 ppm

* 希薄燃焼エンジン

過剰空気、燃焼圧力、エンジンのタイミングもしくは雰囲気温度、湿度は排出ガスに多大な影響を与えます。チューニング時にこれらの考慮が必要。

測定ポイント 2 排出ガス測定

触媒コンバータ後の測定ポイント

なぜ測定が必要なのか

- 触媒コンバータの性能・効率を点検するため
- 国で定められた燃焼排ガスの制限の上限を越していないかチェック(大気汚染防止法など)

典型的な排ガス校正

- 排ガス温度：約250 °C
- 圧力：排ガス中の過剰な圧力はない
- NOx 値：約480 mg/m³

testo 350で測定した代表的な値

測定パラメータ	エンジンの種類	測定値の上限
CO	天然ガス	650 mg/m³
NO + NO_2	圧縮点火(ディーゼル) < 3 MW	4000 mg/m³
NO + NO_2	圧縮点火(ディーゼル) > 3 MW	2000 mg/m³
NO + NO2	その他 4ストローク(ガソリン)	500 mg/m³
NO + NO_2	その他 2ストローク(ガソリン)	800 mg/m³
O_2	参照値	5 vol.%
SO_2	各国の法規制に基づく	

測定ロイメージ

※ 測定ポイントは一般的に高所にあることが多い。

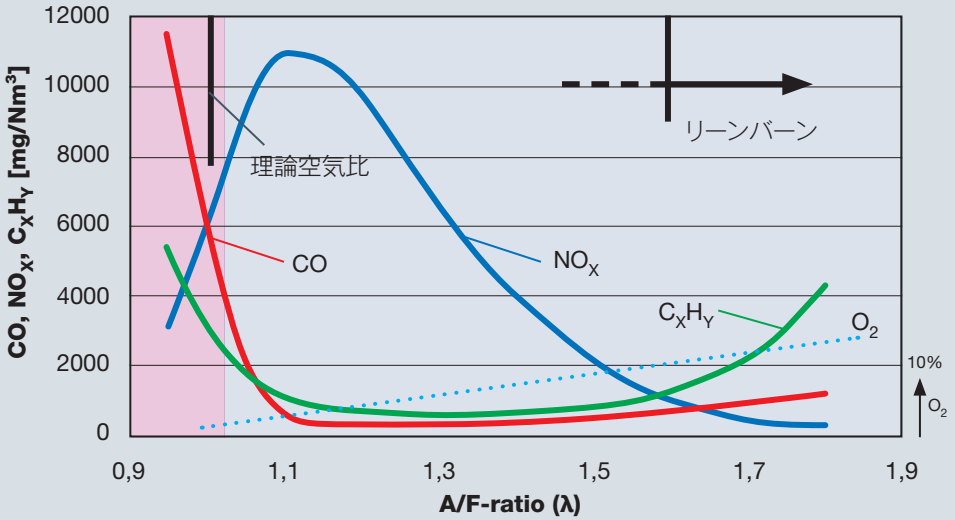
* Counts in general for all engine applications

We measure it. testo

リッチバーンとリーンバーン

理論知識 1

λ 値に基づく排ガス成分の分布



一般：

グラフ上の曲線は燃料と空気の混合比によってシフトしていきます。

NOx：

NOx = NO + NO_2 なので –>NOとNO_2を別々に測定します。

- NO_2 成分は上下変動することがあります。
- NOxにはサーマルNOxとフューエルNOxが含まれます。
- 最も高いNOxが出るポイント＝機械的に最も効率が高い

CxHy：

CxHy + O_2 –> CO_2 + H_2O (燃焼式)

リッチバーン (λ ≤ 1)

特長：

- 空気不足 (λ=1)：燃料が効率よく燃焼されない
- アプリケーション：圧縮ステーション(ガス輸送など)
- 稼働レンジ：λ~0.85 to 0.95

リッチバーンの長所と短所：

+ ハイパフォーマンス
+ 初期投資がリーンバーンエンジンより安価
+ 安全な稼働が可能
– 燃料消費量が多い
– 燃焼ガスが多い(制御されない場合)
– バイオガスに不適

NOx (窒素化合物)：
不完全燃焼により低NOx
–> 温度情報の程度が低いためサーマルNOxが少ない

CxHy、HC：
O_2の不足により、全ての燃料(HC)が燃焼されない
–> 空気中に多くのHCが含まれる

CO (一酸化炭素)：
燃料プロセスにおけるCO_2不足によりすべての COがCO_2に変換されない

リーンバーン (λ > 1)

特長：

- 過剰空気 (λ=1)： 燃料効率が高い
- アプリケーション：病院等への電力供給、公共機関ビル、サーバールーム、ごみ処理施設など
- 稼働レンジ：λ=1.05 ~ 1.3

リーンバーンの長所と短所：

+ バイオガスの仕様に適している
+ 高い燃焼効率
+ 排出ガスが少ない

NOx (窒素化合物)：
O_2レベルの上昇で燃焼チャンバーの温度が低下する。それによりサーマル NOxが低減される。

CxHy (炭化水素)：
過剰空気の程度が高すぎる場合、火炎燃焼をするために不十分な温度となり、排ガス中の CxHy の濃度が高くなる

CO (一酸化炭素)：
燃焼プロセスにおける過剰空気は多くのCOをCO_2に変換させる為、排ガス中のCO濃度は低くなる
–> CO_2濃度が高くなる

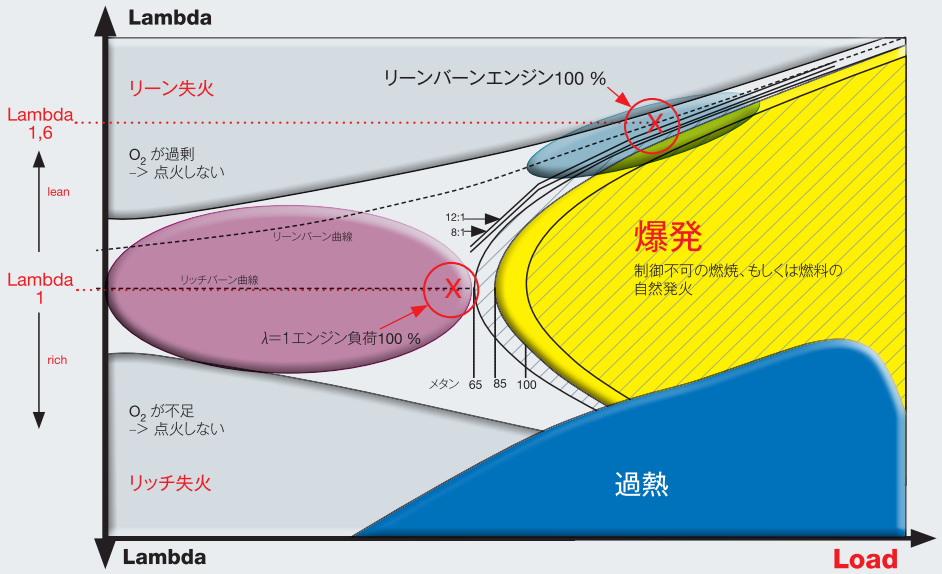
* Counts in general for all engine applications

We measure it. testo

リッチバーンとリーンバーン

理論知識 2

ノッキングと点火の失敗を防ぐ為のエンジン正しい調整



リッチバーンエンジンの設定

誤った混合比の場合：
負荷ポイント、製造元による仕様、国の規制によって決定する

三元触媒(TWC)の後の、高いHC値またはNOx 値が出る場合：
–> TWC前後でのNOx 値を測定してTWCの性能確認

TWC前に高濃度NOx が出る場合：
–> 燃焼チャンバー内が高温の場合：点火ポイントを早め、空気比をチェックする

三元触媒前の高濃度NOxまたはHCが出る場合：
–> シリンダーエラーが失火を起こしている

リーンバーンエンジンの設定

SCR後の高濃度NOxが出る場合：
–> SCR前後のNOx値を測定してSCR性能チェック

SCR前のNOx値が高い場合：
–> 点火ポイントが早すぎる
–> 点火ポイントを遅くする

メタンの量が少なすぎる場合（バイオガスで変動が頻繁に見られる）：
–> 点火温度が低すぎる
–> 点火が早すぎる

※
早すぎる点火ポイントはノッキングの原因になります。遅すぎる点火ポイントは不点火につながります。正確な調整は測定器のみにより可能となります。的確な調整により摩耗の度合いを防ぐことができます。

リッチバーン特長

安全なエンジン稼働
・調整範囲が広い

リーン失火またはリッチ失火
・リッチバーンでは通常起こらない

リーンバーン特長

効率的な稼働
・測定器を使用した正確な調整が必要
・調整範囲が狭い

エンジンが正しく調整されていない場合
・リーン失火、ノッキングのリスク

Why a catalytic converter?

一般

原理：
触媒コンバータは、活性エネルギーを下げて化学反応を早める原理によって排ガスを浄化する

リッチエンジン

三元触媒(TWC)
- 制御された触媒コンバータ：λプローブによって空気費を分析したうえで使用される
- CO、NOxとHCを最大90%削減する
- 適切な稼働レンジ λ~0.98 to 0.998

リーンエンジン

酸化触媒コンバータ：
COとHCを低減させる。NOxは低減されない

SCR(選択式触媒還元)：
排ガス中におけるNOxの低減

* Counts in general for all engine applications