



Cambustion Application Note DPG 005 DPG を用いた Cut to Idle のシミュレーション

車両へ搭載した DPF が最も損傷する条件はアイドル状態に続き、ロードされたスートが DPF 内で再生を開始する時だということは周知の事実です - 排ガス流量が少ない状態で、酸素を伴う再生が続くこととなります。

本ノートは DPG を使って「Cut to Idle」テストをシミュレーションし、DPF を評価する手法について述べます。

「局部的」スートローディング影響の初期評価に関連 - アプリケーションノート「DPG 009」で述べたスートの不均一ロード部分。

アプリケーションノート「DPG 004」は、DPF のスートロード、再生、および効率等の一連試験でプログラムされた、スートのロードマス限界 (SML) を測定する自動テスト (無人運転) について述べています。

エンジンの Cut to Idle テスト

エンジンをベースとした「Cut to Idle」テストには通常、以下の試験内容が含まれます：

1. 「Warm-up モード」 - ロードされた DPF の温度を、中速/中負荷における再生温度 (約 350°C) 以下まで加熱する。
2. 「Regeneration モード」 - DPF が常に一定の温度になっているとき、エンジンの負荷が上がると DPF の入口温度は 600°C 以上となります - これは再生を開始するのに十分な温度です。
3. 「Idle モード」 - DPF の入口側が短時間で高温になった後 (2~3 分)、エンジンがアイドル状態になって排ガス流量が約 50kg/hr (2L エンジン) まで減ります。一般的な燃焼が非常にリーンになると、排ガス中には高濃度の酸素が含まれることとなります。更に排ガス流の低い熱容量が、DPF の熱劣化を引き起こす高温発熱の原因にもなります。

ハードウェアの設定

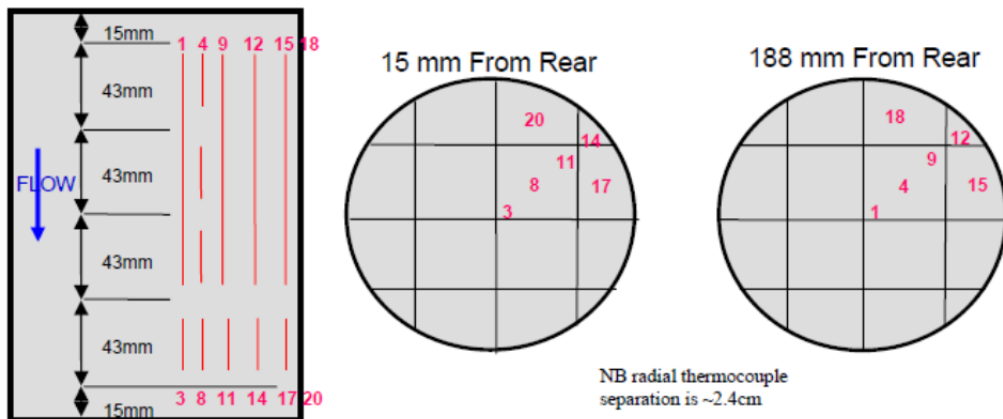
テスト用の DPF (5.66" x 8") を DPG の作業エリアへ取り付けます (DPF 単体の場合には、フィルタテストハウジング・アクセサリを使ってテストできます)。テスト用の DPF には通常、DPF の内部温度をモニタするための熱電対を実装します。通常これらの熱電対は、直径 0.5mm (セルの寸法は~1mm x 1mm) のものを DPF の下流側から挿入します。DPG 自身は最大 16 本の熱電対入力を備えています。

これらの熱電対は、次のようなことを考慮して取り付けます：

- ・ 再生温度は通常 DPF の下流へ行くに従って高くなり、中心線に近いところでも高くなります。
- ・ DPF 間を接合するセメントに隣接したセルは一般に、全壁面を流れている近隣のセルより低い温度となります。

次に示すダイアグラムは、12 本の内部熱電対を取り付けるのに有用な位置を示したものです。

熱電対の装着



5.66" x 8"

熱電対の位置

DPG のスケジュール

DPG のスケジュールは、以下のようにエンジンをベースとした「Cut to Idle」をシミュレートするために開発しました（ロード後の重量が未知の場合には、この重量を計測するため DPF を約 200°C に加熱しておく必要があります）。このモードについては、以下のグラフをご参照ください。

1. 「Warm-up モード」 - ロード済みの DPF は、常に一定の温度に加熱されます（通常 10 分）。このモードにおける DPF 入口側の燃焼ガス状態は、温度 350°C で流量 ~200kg/hr の設定値にコントロールされます。
2. 「Regeneration モード」 - 希釈用の三次空気を止め、DPF の流量を ~75kg/hr にコントロールして DPF の入口温度を約 180 秒間で 350°C から ~700°C まで上げます。
3. 「Idle モード」 - バーナーを消し、DPF の流量を 50kg/hr にコントロールします（通常 5 分間）。

~8g/l のスートを発生すると仮定し、~10g/hr のスート流量で 26.3g のスートを DPF にロードします。「Cut to Idle」のシミュレートに続いて DPF を再秤量し、除去されたスートが 8.1g（例：~31%）となるようにします。

Notes

- ・ DPG の燃焼ガス中の酸素濃度は一般に、希釈空気流量の関係によりエンジンの排気ガスより高くなります。Fig. 1 に示すおおよその濃度は次のようになります：
 - 「Warm-up モード」 18%
 - 「Regeneration モード」 14%
 - 「Idle モード」 21%（バーナー Off 時）
- ・ 再生「効率」 - 「Cut to Idle」による再生で除去されるスートの割合は、DPF の温度を ~200°C まで加熱して測定することができるため、再秤量してから関連するゼロ時の DPF 重量と比較します。「Cut to Idle」テストでは通常、ロードされたスートの 30~60% が除去されます。テストの終了時点における残留スート量の配分は、かなり多くなることがあります（殆どが中心線付近から DPF の入口側に向かって除去される）。DPF の内部に挿入した熱電対のデータから、この配分を推察することができます。「Cut to Idle」テストの終了時点で残ったスートの状態は、ロードされたスートで異なることがあります - 通常は加熱によって有機炭化水素系成分が減ります。

- ・再生の開始時にDPFへ流入する温度をコントロールしないと、バーナーへ供給されるエアと燃料の流量がコントロールされずこの温度の上昇率は、DPF上流側の金属配管の温度を安定させるのに十分な「Warm-up」フェーズをとっていることをテストするための再現性テストとなります。
- ・DPFが損傷するメカニズムは、DPF自身の基板材料と構造に依存します。これらの損傷は、最高温度の基準に関連することもあります（このテストでは約950℃）。しかし温度変化の空間率もまた重要となることがあります。

取り付けた熱電対による最大温度勾配（°C/cm）で決定したり、データシートによる理論的最大許容温度で比較したりすることを提案します。最大温度勾配はDPFの下流面で起こり、この結果をFig. 2に示しています。最高温度勾配はセメントの「境界」を含みますが、熱電対TC 11と13間の約113°C/cmとなります。ブリック単一断面内の最大温度勾配は、約103°C/cmとなっています。
- ・最高温度、温度勾配、および再生効率等は、すべて再生を開始する時間の長さ（「Warm-up」と「Cut to idle」）によって影響を受けます。もしこの時間が短過ぎると、DPF内部のスートは「吹き抜ける」傾向にあります。時間が長過ぎると、すべてのスートが高流量のときに焼け落ち、発熱が減ることになります。実際には、何回かのテストを行ってこの最適時間を決める必要があります（再生時間を徐々に増やしながらか最高温度、温度勾配、および再生効率をモニタします）。経験から得られた最適「Cut to Idle」ポイントは、DPFの差圧がピークとなる直後の短時間で起こります（熱電対を取り付けていない場合には、このことを知っておくと役立ちます）。
- ・「Cut to Idle」に続き、DPFのろ過性能劣化を正確に評価する目的で、本DPGを使うことができます（別のアプリケーションノートで詳述）。それでも小さな亀裂があるDPFでは、「Cut to Idle」テストの直後にディーゼルエンジンから排出されるエアロゾルを高効率でろ過することができることも特筆するところです。一般には、「Cut to Idle」テストに続いてDPFが損傷したかどうかを確かめることは難しく、ろ過効率は時により有用な指標とはなりません。ろ過効率が劣化したことを示すDPFを除外することができます（本ノートで議論したひとつの基準は、0.5g/lのスートロードでDPFが99%以上のろ過効率になっているかどうかをベースとし、テストDPFの合否を判定することです）。DPFに亀裂が入っているかどうかを調べる他の方法は、各種のスキニングやイメージ法（超音波やX線（CTスキャン）検査を含む）を使用することも含みますが、これらの方法は難しく高価な方法となります...
- ・スートマス限界（SML）の評価や、耐久性を調べる標準的な手法については、アプリケーションノートDPG 004をご参照ください。

Fig. 1 : DPG が「Cut to Idle」再生をシミュレートするときの DPF の熱電対出力

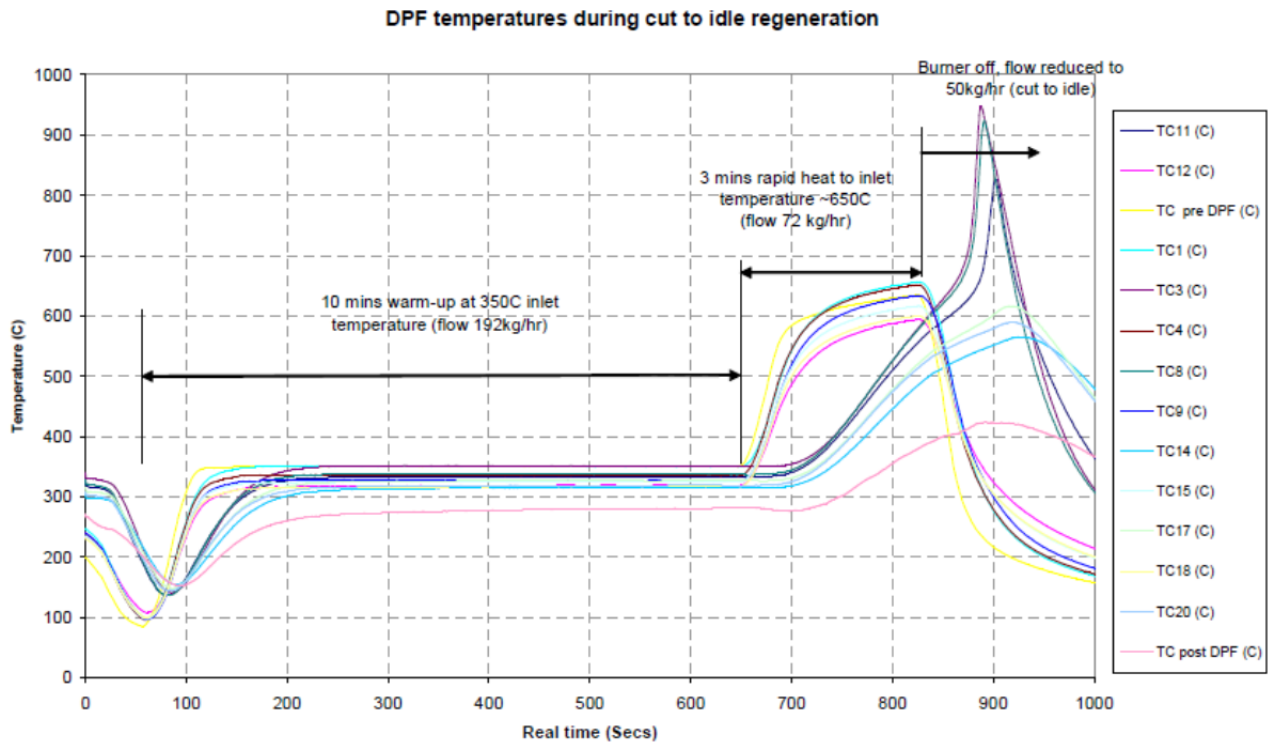


Fig. 2 : DPF 下流面の温度勾配

