



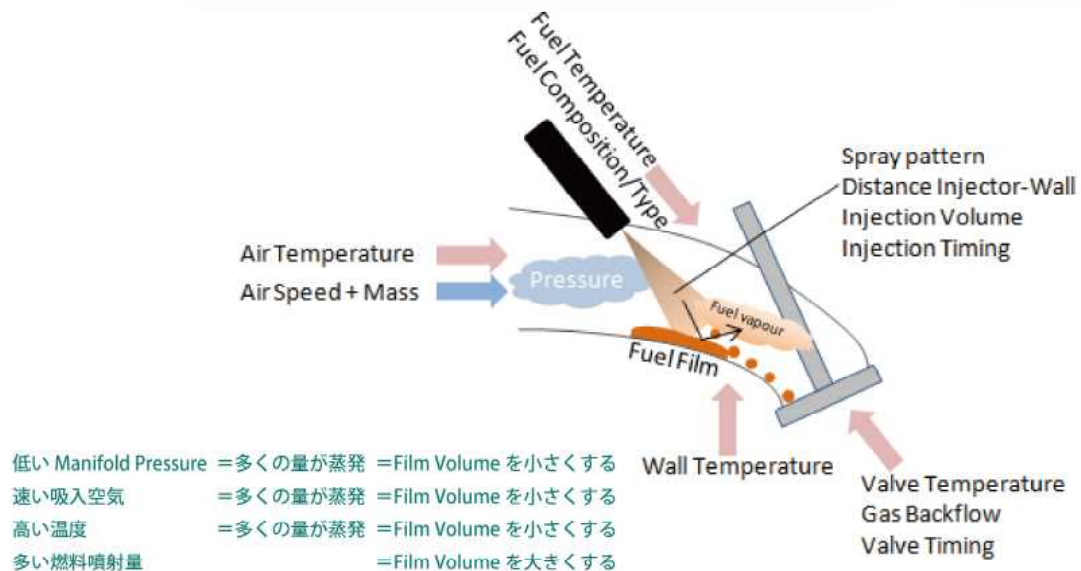
Fuel Film

Inlet Manifold Pressure 編



Tuning (0) Fuel Film Primary

Main influences on fuel film behaviour



M1のチューニングにおいて、Fuel Filmはとても重要な項目です。

従来までのフルコン制御には無い概念ですが、理解を深めればより精密なエンジンチューニングに繋がります。

Fuel Filmを簡単に説明すると、インテークマニホールドや吸気ポートの壁面に蓄積する燃料のことです。

インジェクターから噴射された燃料は、すべてが吸気との混合気にならず、一定の割合でポート壁面に付着して「霧」ではなく「液状」になります。この状態をFuel Filmと呼びます。

インジェクターの角度や噴射パターンをはじめ、吸気温度やエンジン温度、吸気流速、噴射する燃料の量など、さまざまな条件でFuel Filmの量は変化します。Filmは一定のレベルまで蓄積し、そこから蒸発していきます。

Tuning (0) Fuel Film Primary

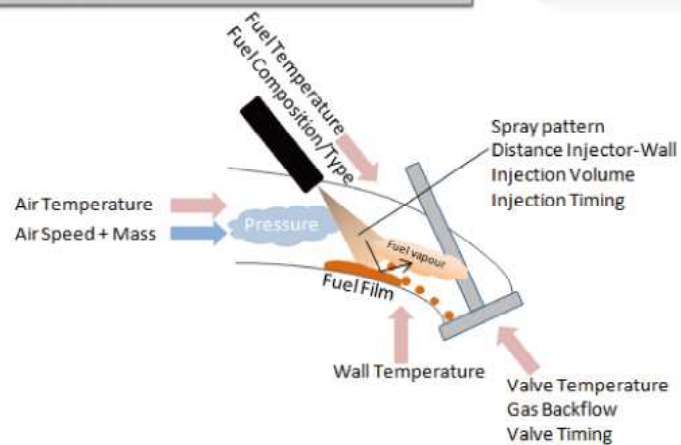
Main influences on fuel film behaviour

• Slow Changes

- スプレーパターン
- 吸気温度
- インマニ温度
- 噴射タイミング

• Fast Changes

- 吸気速度
- インマニ圧力
- 噴射量



低い Manifold Pressure =多くの量が蒸発 =Film Volume を小さくする
速い吸入空気 =多くの量が蒸発 =Film Volume を小さくする
高い温度 =多くの量が蒸発 =Film Volume を小さくする
多い燃料噴射量 =Film Volume を大きくする

壁面に付着する燃料の量は、さまざまな状況に左右されます。

インジェクタのスプレーパターンや量など、ほとんど変わらないものもあります。

吸入空気温度やインレットマニホールド壁面温度のような影響は比較的ゆっくり変化します。

走行中など常に負荷が変化する状況では、マニホールド圧力や吸入速度などの変化の影響が、Fuel Filmに大きな影響を与えます。

低い圧力ではFuel Filmは小さくなり、高い圧力では大きくなります。

低圧から高圧に動くとき、ポートからエンジンに入っていたはずの燃料が、一部ポートの壁面に吸収されます。これにより空燃比が薄くなるのがリーンスパイク（瞬間的に燃料が薄くなる）が起こる理由です。

Tuning the Fuel Film (Transient Fuel)

- **Simple method**
- すべてのパラメーターに推奨値を記入
- Fuel Film Primary Scale を調整
- 100%から始めます







1: TuningのFuel Filmを開きます。

まず最初は各パラメーターのヘルプ (F1) にあるデフォルトのFuel Filmの数値を使用します。

Fuel Film Volume Scaleの数値を上下に調整します。数値が大きいほど、アクセルに対して燃料が増加します。

近い結果が得られるまで数を微調整してください。

目標ラムダの上下変動は、FastとSlowのTime constantを修正することによって補正することができます。

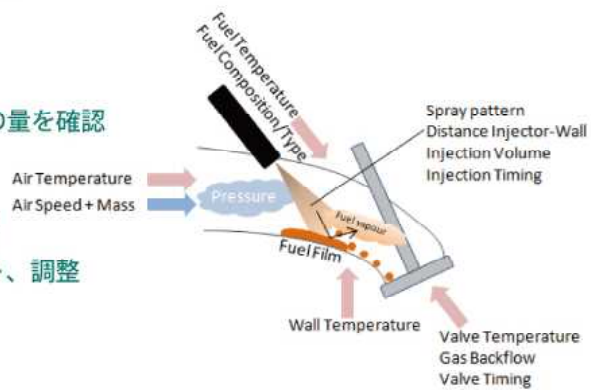
各テーブルのヘルプ (F1) を参照してください。

Tuning the Fuel Film (In Depth Method)



• Fuel Film 調整の手順

- 1.Engine Efficiency が正確に調整されていることを確認
- 2.Reference Engine Speed を選択
3. 選択した RPM でスロットルをステップしてテスト
- 4.Fuel Film パラメーターを設定
5. マニホールド圧力をステップしてテスト
- 6.Calculator チャンネルを使って Fuel Film の量を確認
- 7.Time Constants を使用してテスト、調整
8. さまざまな Engine Speed でテスト。調整
9. さまざまな Coolant Temperature でテスト、調整
- 10.Main Table Offset を調整



Fuel filmの調整は、主に上で示した通りの順番でおこないます。
10項目それぞれの手順を解説していきます。

Tuning the Fuel Film (Transient Fuel)



- Engine Efficiency が正確に調整されていることを確認

Fuel Mixture Aim のテスト RPM エリア周辺すべてのサイトを同じ目標値にする

		Engine Speed [rpm]							
		0.0	500.0	1000.0	1250.0	1500.0	2000.0	2500.0	3000.0
Inlet Manifold Pressure [kPa]	300.0	0.89	0.89	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.75
	200.0	0.93	0.92	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.81
	180.0	0.93	0.93	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.85
	160.0	0.93	0.93	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.87
	140.0	0.93	0.93	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.87
	120.0	0.93	0.93	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.88
	100.0	0.93	0.93	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
	80.0	0.93	0.94	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.93
	60.0	0.95	0.95	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.96
	40.0	0.96	0.96	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.98
	35.0	0.96	0.96	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	1.00
30.0	0.96	0.96	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	1.00	
20.0	0.96	0.96	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	1.00	
0.0	0.96	0.96	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	1.00	

1 : Tuning FuelのEfficiencyマップを正確に調整し、特に全負荷の1200~2000RPMの範囲が正確であることを確認することから始まります。キャリブレーションを実施する周囲は、まず最初に同じFuel Mixture Aimに設定する必要があります。



Tuning the Fuel Film (Transient Fuel)



- テストする Reference Engine Speed を選択してください
1500 ~ 2000rpm 程度の回転数を使用します
オーバーラップの影響がなく安定回転していること
上記範囲でなるべく低い回転数に設定してください

Fuel Film Primary	
Fuel Film Primary Scale	115.0 %
Fuel Film Primary Trim Engine Speed	~ %Trim
Fuel Film Primary Slow Increase Time Constant	~ s
Fuel Film Primary Slow Decrease Time Constant	~ s
Fuel Film Primary Reference Engine Speed	1800.0 rpm

Fuel Film Primary Reference Engine Speed

The engine speed at which Main and Trim tables were calibrated.

Used to adjust the Time Constants to other engine speeds.

A typical value is 1500-2000rpm

Validation [rpm]	
Min.	50.0

テストを実施するのに望ましい基準エンジン回転数を決定します。
できるだけ低回転が望ましいですが、カムシャフトのオーバーラップの影響があるアイドルリング～低回転領域は避け、安定する回転数でおこなって下さい。
基準エンジン回転数を維持しながら、エンジンをさまざまな負荷に変更させることができる回転数に設定するのが理想です。



スロットルの設定

- ・スロットル開度を設定して、選択した回転数で任意の開度に固定する

Calibrate		Another axis is available.								
# Throttle Pedal Translation [%]		0.0 ← 100.0								
		Throttle Pedal Sensor [%]								
		0.0	10.0	20.0	40.0	50.0	60.0	80.0	100.0	
Driver Throttle Pedal Translation Switch	Nine	0.0	12.0	12.0	12.0	27.0	27.0	27.0	27.0	
	Eight	0.0	12.0	12.0	12.0	27.0	27.0	27.0	27.0	
	Seven	0.0	12.0	12.0	12.0	27.0	27.0	27.0	27.0	
	Six	0.0	12.0	12.0	12.0	27.0	27.0	27.0	27.0	
	Five	0.0	12.0	12.0	12.0	27.0	27.0	27.0	27.0	
	Four	0.0	12.0	12.0	12.0	27.0	27.0	27.0	27.0	
	Three	0.0	12.0	12.0	12.0	27.0	27.0	27.0	27.0	
	Two	0.0	12.0	12.0	12.0	27.0	27.0	27.0	27.0	
	One	0.0	12.0	12.0	12.0	27.0	27.0	27.0	27.0	
	Zero	0.0	12.0	12.0	12.0	27.0	27.0	27.0	27.0	
	Default	0.0	12.0	12.0	12.0	27.0	27.0	27.0	27.0	

正確なステップテストの設定方法を決定します。

Drive by Wire（電スロ）付きエンジンの場合、Throttle Pedal Translationテーブルを使用して、エンジンが選択されたマニホールド圧力（例：40kPa）で開始する場所を設定およびテストし、次の場所（例：60kPa）に移動します。

上の画像のようにスロットルのTranslationテーブルを「ペダル踏み角40%まではバタフライ開度12%、ペダル踏み角50%以上でバタフライ開度27%」のように設定することで、2つの圧力サイトを自在にステップできるようにします。

スロットル開度の値は、異なるマニホールド圧力間を変更するにつれて変わります。

例：Pedal% 0 10 20 40 50 100
 Throttle% 0 12 12 12 27 27

Tuning the Fuel Film (Transient Fuel)



- Fuel Film パラメーターの初期値を設定

Parameter Name	Value	Unit
Fuel Film Mode	Enabled	<input checked="" type="checkbox"/>
Fuel Film Primary	~	μl
Fuel Film Primary Nominal	~	μl
Fuel Film Primary Scale	115.0	%
Fuel Film Primary Main	~	μl
Fuel Film Primary Offset	30.0	μl
Fuel Film Primary Trim Engine Speed	~	%Trim
Fuel Film Primary Trim Temperature	~	%Trim
Fuel Film Primary Trim Contribution	~	%Trim
Fuel Film Primary Fast Part	~	%
Fuel Film Primary Fast Increase Time Constant	~	s
Fuel Film Primary Fast Decrease Time Constant	~	s
Fuel Film Primary Slow Increase Time Constant	~	s
Fuel Film Primary Slow Decrease Time Constant	~	s
Fuel Film Primary Reference Engine Speed	1800.0	rpm
Fuel Film Primary Reference Mixture Aim	0.9	LA

基本的にはGPA、GPRパッケージにデフォルトで入力されていた数値をベースにします。

Tuning the Fuel Film (Transient Fuel)



- ・異なるサイト間でステップ



エンジンベンチやダイナパックなどを使用して、Engine Speedを一定に保ちます。

例：1800RPM

Fuel Film Mainの今のサイトから次のサイトに移動するようにスロットルを操作します。

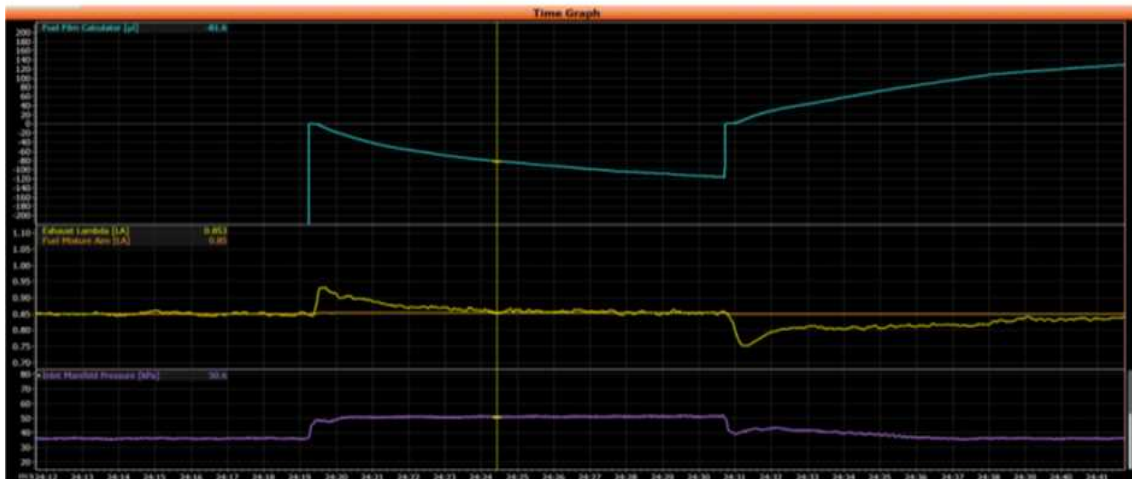
上記の例では、エンジンは30kPaに保たれてから40kPaに移動させます。

電子スロットルの場合は、前のページで開度設定をしているので、開度約20%から100%に操作することで2つのサイトを往復します。30-40kPaの2つのサイト間の調整が終わったら、スロットル開度設定を40-50kPaでステップできるように再調整します。

Tuning the Fuel Film (Transient Fuel)



6. Calculatorチャンネルを使用してFuel Filmの量を設定



同じエンジン回転数でマニホールド圧力サイトを簡単にステップできるようになったので、これら2つのサイト間のFuel Filmの差は、ラムダセンサーと内蔵のFuel Film Calculatorを使用して測定します。Fuel Film Calculatorは画面右下のチャートにあります。上記の写真は作業時のログです。

水色：Fuel Film Calculator

黄色：Lambda

紫：Inlet Manifold Pressure

見ての通り、スロットルが開いたときのリーン動作を示しています。Fuel Film Calculatorは、不足している燃料の量を推定し、それをマイクロリットルで表示します。

推定されるFuel Film Volumeは2つ目のサイトに入力します（30kPaから40kPaにステップした場合、数値は40kPaのサイトに入力します）。

完了したら、次のサイト間で実行します。

Tuning the Fuel Film (Transient Fuel)



7. Calculator チャンネルを使用して Fuel Film の量を設定

- Fuel Film の校正



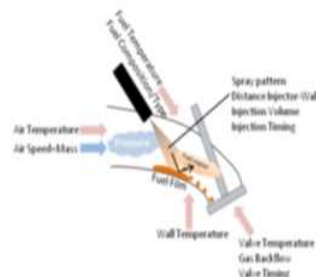
上記の写真は、典型的な曲線（番号ステップ）を含むFuel Film Mainテーブルを示しています。

Tuning the Fuel Film (Transient Fuel)



8. Time Constantsを使用してテスト

- ・燃料増加は2つの異なるレートで発生します
- ・ Partパラメータは、速い速度に割り当てられた不足燃料のパーセンテージ
- ・ Fast rate (通常0.1~0.9秒の間で設定)
- ・ Slow rate (通常0.5~1.5秒の間で設定)
- ・ Partパラメーターをゼロに設定して開始



前頁と同じマニホールド圧力間でエンジンを再度テストします。

Fuel Film Mainテーブルの測定および関連する校正が正しく行われていれば、それらの異なるマニホールド圧力間を移動する際に、正しい総燃料量がパルス幅に追加されるように計算されます。設定できる時定数はFastとSlowです。

Fastで使用される総補正量の割合を合計の割合として決定するPartパラメータがあります。

温間でセットを完了した後、冷間で不具合がある際は、右クリックからSetup Axisを選択してテーブルを作成して対応します。

Time Constantテーブルの軸にはCoolant Temperatureを使用します。

例：計算されたFuel Filmの差を総燃料差と考え、例としてそれが1リットルの燃料とします。現在の空気はこの燃料を加える必要があります、ここに異なる大きさの2つの缶があります。250mlと750mlを用意するように缶のサイズのパーセントを指定できます。250mlのものは10mmの穴があります (Fast rate)、これは総量の25% (Part)です。750mlのものには3 mmの穴があります (Slow rate)。したがって、缶のサイズのパーセンテージと穴のサイズを変更すると、燃料が追加される方法が変わります。

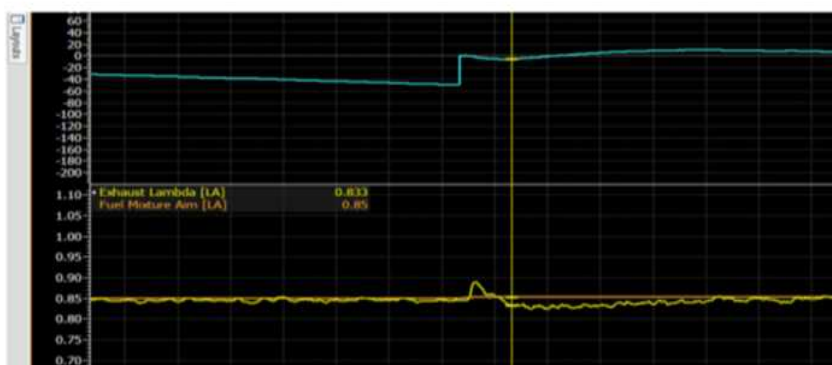
このプロセスの開始時に、Fast Partのパーセンテージ値= 0にします (つまり、大きな穴のある缶には何もありません)。このようにして、計算されたすべての燃料が2番目に遅いTime Constantを使用して供給されます。そのため、遅いTime Constantを0.9秒に設定すると、計算されたすべての不足燃料が0.9秒にわたって加算されます。

Tuning the Fuel Film (Transient Fuel)



Slow Time Constantの調整

- ・ Slow部分のテストは、小さな負荷ステップでラムダ応答を確認 例：35-50kpa
- ・ 図 - Fuel Film Main Tableの値が大きい
Slow Time Constantが長い



上の図では、ラムダトレースが初期の燃料不足（リーン）を示し、長期間にわたってリッチになっているため、全体的な補正量が多いことがわかります。そのため、Mainテーブルを少し調整し直す必要があります。

さらに、ラムダが最初にリーンになった後、安定する前にしばらくの間アンダーシュートを示していますが、これはTime Constantが長いことが原因。補正が不要な範囲でも増量が適用されるためです。

この場合での調整はSlow Time Constantを50%減らすことです。

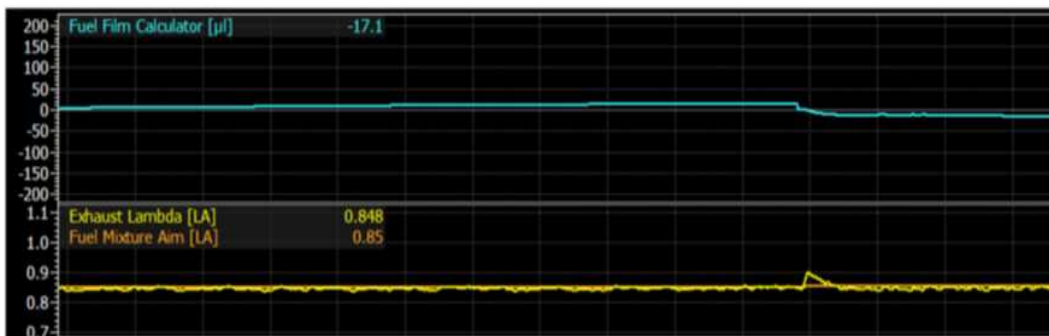
アンダーシュートの抑制と、リーンオーバーシュートの抑制の両方に効果があります。

Tuning the Fuel Film (Transient Fuel)



Slow Time Constantの調整

- ・ トレース形状の改善
- ・ Fuel Film Mainテーブルを調整
- ・ Fast Partを増量



初期のリーンはFast Partを増量することで解消します。

Tuning the Fuel Film (Transient Fuel)



Fast Time Constantの調整

- ・ Fast Partが多い



Fast Partパラメーターに大きい値を入れすぎたため、これがリッチオーバーシュートを発生させています。この場合は値を50%に調整します。これは、リッチスパイクに続くリーンオーバーシュートも修正します。

Tuning the Fuel Film (Transient Fuel)



Fast Time Constantの調整

- ・理想のトレース



Fuel Film Mainテーブル、Slow/Fast Time Constant、Fast Partパラメータの組み合わせを調整することで、ほぼ完璧な結果が得られます。

すべてのパラメータを最大にしても、MAPが35~100 kpaのように大きく変化する場合には、ごく短期間のリーンオーバーシュートが発生します。これは、MAPセンサーの反応遅れによるものです。

Mapセンサーに大きなフィルタリングがあると、リーンスパイクがさらに悪化します。

Tuning the Fuel Film (Transient Fuel)



9. ささまざまなEngine Speedでテストし調整する

- ・2,3種類の速度で同じステップ方法を使用
- ・デフォルトの数値があります (F1)
- ・グラフは通常直線状になります

Fuel Film Volume Trim Engine Speed [%Trim]						
Engine Speed [rpm]						
0.0	500.0	1000.0	1800.0	2500.0	4000.0	
31.5	23.5	15.0	0.0	-17.0	-49.0	

Fuel FilmパラメータをReference Engine Speed (例：2000RPM) に対して校正し終わったら、2000RPMより上下のエンジン速度での正確な動作を可能にするための補正を調整します。通常、このトリムは直線的になるので、2～3回別のエンジン回転数で調整すると十分な結果が得られます。

デフォルトの値は、異なるエンジン回転数でテストする時間を短縮できる場合があります。

Tuning the Fuel Film (Transient Fuel)



10. さまざまなCoolant Temperatureでテストし調整

- ・ Reference Engine Speedを使用
- ・ Trim Temperatureテーブルを調整
- ・ Time ConstantのTemp軸を調整

Fuel Film Volume Trim Temperature [%Trim]										
Coolant Temperature [°C]										
-10.0	0.0	10.0	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0	80.0	90.0	120.0
250.0	200.0	150.0	100.0	75.0	50.0	37.5	25.0	5.0	0.0	-25.0

Fuel Film Volume Fast Increase Time Constant [s]										
Coolant Temperature [°C]										
-20.0	0.0	10.0	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0	100.0	120.0	
2.30	1.73	1.44	1.11	0.82	0.74	0.60	0.51	0.17	0.10	

水温のサイトごとに、Reference Engine Speedの回転数（例：2000RPM）を使用して、前項と同じ方法でサイトをステップしつつ調整します。

まず、補正が必要なFilm全体の量を調整します。

Reference Mixture Aimは全体的に安定した値を示す状態にし、それに応じてTrim Temperatureテーブルを校正します。

次に、Time ConstantのTemperature軸の値を調整して、オーバーシュートとアンダーシュートを微調整します。

以上でFuel Filmの調整は完了です。