

FTP and US06 Performance of Advanced High Cell Density Metallic Substrates as a Function of Varying Air/Fuel Modulation

Klaus Mueller-Haas, Rolf Brueck
EMITEC GmbH

Jeffery S. Rieck
Johnson Matthey

Cynthia C. Webb, Keith A. Shaw
Southwest Research Institute

Copyright © 2001 Society of Automotive Engineers, Inc.

ABSTRACT

低コスト触媒システムを設計するために、触媒容量、セル密度および貴金属担持量が触媒性能に及ぼす効果について研究が行われた。

まず、貴金属担持量一定で 500cpsi と 900cpsi 担体の評価が行われた。

次に、Pd 担持量を減らした 900cpsi 担体および同等の貴金属担持量で容量を小さくした 1200cpsi 担体が評価された。

最後に、更に貴金属担持量を低減した 1200cpsi 担体をエージングし、次の項目について性能評価が行われた。

- 標準セル担体と高セル密度担体の触媒性能
- Pd 担持量およびセル密度と触媒ライトオフ・浄化性能の関係
- λ 変調と触媒性能の関係

エージング触媒の λ 変調テストおよびライトオフテストにおける性能は、ベンチエンジンで評価された。

プリテスト後、触媒は 2002 年モデルの V 型 6 気筒エンジン車に取付けられ、 λ 調整前後の FTP および US06 エミッションテストモードでの性能評価が行われた。

テスト結果では、高セル密度担体を用いた場合、FTP コールドスタートおよび温間モード走行時に触媒性能向上の効果が認められた。高セル密度担体では、触媒浄化性能が向上するため、標準セル密度担体に比べ触媒容量が低減できる可能性があることが認められた。

500cpsi 担体に比べ、高セル密度担体では、FTP におけ

る担体の昇温が早くライトオフ性能が向上するため Pd 担持量を低減することが可能であることが示唆された。

INTRODUCTION

幾何学表面積、触媒容量およびセル密度の関係については、既に先例[1,2,3]で研究結果が報告されている。将来のエミッション規制、特に PZEV 規制に関しては、触媒の早期活性化および温間時の高浄化性能が要求される。

触媒のライトオフは、高セル密度および薄フォイルにより改善される。

触媒容量やセル密度を大きくしたり貴金属担持量を増やすと全体的な触媒浄化効率を向上させることができる。

単位体積当りの幾何学表面積が大きく、且つ熱容量の小さな高セル密度担体は、水力直径が小さく高い物質移動係数を持つため、標準セル密度担体に比べて優れた性能を有する。

この研究の目的は、背圧同等で触媒容量、貴金属およびセル密度を最適化することにより、低コスト触媒システムを設計することである。

ほぼ同じタイプのワッシュコート技術を用い、異なった貴金属量が担持された何種類かの担体がテストに供試された。触媒にとっての最適空燃比制御条件を明確化するため、異なった空燃比周波数と変調幅の λ スイープテストが行われた。

全ての担体はエージングされ、量産の V6 3.5L エンジン搭載車に装着され FTP および US06 モードでテストが行われた。

触媒は、 λ 変調を行った後、FTP サイクルで繰り返し評価が行われた。空燃比パータベーション (λ 周波数と変調幅) は一定とした。また、FTP および US06 モードにおける車両の燃費も変化させず一定とした。

TESTED SUBSTRATES AND PGM LOADING

Table 1 は、担体の物理特性を示している。

TS 構造メタル担体は、500cpsi に適用されたが、この目的は、TS 構造により、冷間時の熱移動と温間時の物質移動を改善することであった[5]。加えて 900cpsi, 1200cpsi の担体も評価された。背圧を同一とするため、高セル密度担体は、長さを短く調製されたものが使用された。

1200cpsi のフォイル厚は、900cpsi 担体の熱容量と同一に揃えるため、厚みがより薄いフォイルが使用された。

1200cpsi の場合、フォイル厚を薄くしないとライトオフ性能の向上が期待できないためである[4]。

ID	M500	M900	M1200
Cell Density [cpsi]	500 TS	900	1200
Wall Thickness [μm]	30	30	25
Diameter [mm]	98.4	98.4	98.4
Length [mm]	130	113	101.5
Volume [ltr.]	1.0	0.86	0.77
GSA [m ²]	3.6	3.7	3.8
OFA [%]	75	74	75
Thermal Mass (1") [J/K]	103	108	107
PGM Loading	HL	HL/ LL	LL/ LLL

Table 1: Physical properties of the tested substrates

Figure 1 に、異なる担体に担持された貴金属量の相対比を示す。高担持(HL)は、500cpsi と 900cpsi とで一定量に調製された。次の担持レベル(LL)は、900cpsi と 1200cpsi に適用され、Pd 担持量が HL より 47%低減された。1200LLL 触媒は、更に Pd が低減され、わずかに Pt が増量された。全ての触媒には、同一のワッシュコート技術が使用された。

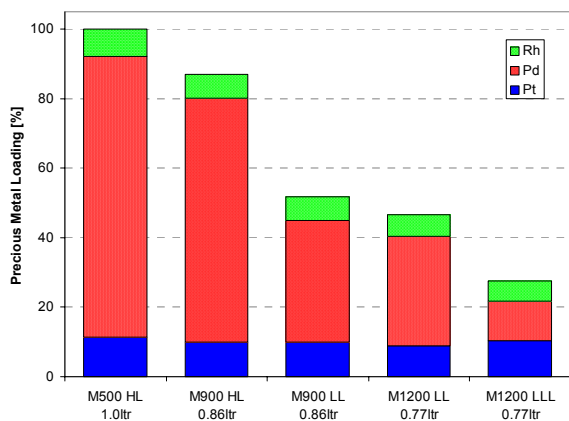


Figure 1: Relative amount of precious metals for the tested substrates

触媒コーティングされた担体は、同一コーンを用い、エアギ

ャップ熱シールド付きのキャニシングが行われた。

エージング中およびエミッションテスト中の触媒入りガス温度、触媒床温度を測定するために熱電対が挿入された。また、生ガスと触媒後ガスを測定するためのガスサンプリングラインが取り付けられた。

CATALYST AGING PROCEDURE

7.5L V8 エンジンを用い、4 つの触媒が平行して 2 モードエージングサイクルで劣化処理された。全ての触媒コンバーターは、5 万マイル走行相当のエージング処理が行われた。

2 モードエージングサイクルにおけるモード1では、リッチ雰囲気下で触媒床温度は 700°C以下であった。モード2では、触媒床温度は上昇し、1000°C以上に達した。

エージング中の排ガスマスフローは、全てのコンバーターで同一とした。触媒床温度、空燃比およびエンジン状態は制御され、また 1Hz の周波数でデータが記録された。

EMISSION TESTING

各触媒コンバーターの性能は、次の2ステップで評価された。まず、最初のステップでは、エージング触媒の性能を確認するために、λスイープテストとライトオフテストが実施された。

次にこのエンジンベンチテスト後に触媒コンバーターは実車に装着され性能評価が行われた。

LAMBDA SWEEP AN LIGHT-OFF TEST

Flexible Exhaust Evaluation Rig (FLEXER) テストは、空燃比が変化した場合の触媒定常浄化率を測定する目的で行われた。FLEXER テスト中は、排ガスマスフローと触媒入りガス温度は、コンピュータによる閉ループ制御が行われた。

テストにおいては、排ガスマスフローは一定で、排ガス温度およびまたは空燃比は、任意の設定条件で制御された。

テスト中は、触媒前後の THC, CO, NOx および O₂ が 1Hz で測定された。動的λスイープテストは、エンジン空燃比をリッチ (AFR<13.6) からリーン (AFR>14.6) にゆっくりと移行させながら行われ、触媒の HC, CO および NOx 浄化率が測定された。

Figure 2 に、触媒入りガス温度 650°C の場合の動的λスイープテストにおける 900HL エージング触媒の浄化率を示す。これに見られるように NOx 浄化率曲線は、リーン側で急勾配を持つことが分かる。同様に CO 浄化率もリッチ側で急激に低下する。

この触媒の場合、3 成分(HC, CO, NOx)の最高浄化率は、空燃比 14.52 から 14.54 の間で得られた。

Figure 3 は、Pd 担持量と触媒性能の関係を示している。CO と NOx 浄化率は、大きな影響を受けないが、HC 浄化率は、Pd 低担持によって低下する。

2つの触媒のライトオフ性能を比較した結果を Figure 4 に示す。900LL 触媒のライトオフ温度は、900HL 触媒に比べ約 22 Kelvin 高くなることが認められた。

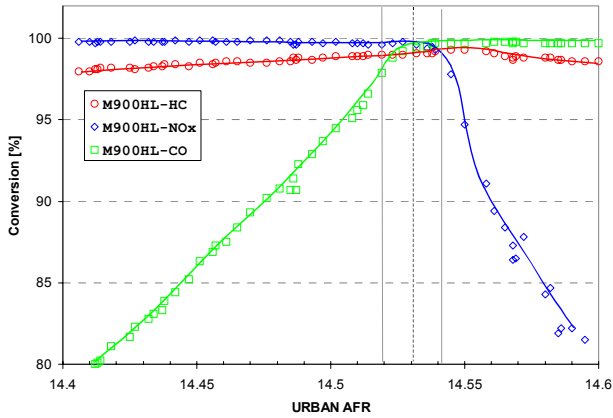


Figure 2: Air/Fuel Sweep – 900psi HL catalyst (exhaust gas temperature 650°C, mass flow 49scfm, AFR perturbation 1Hz, ±1 AFR)

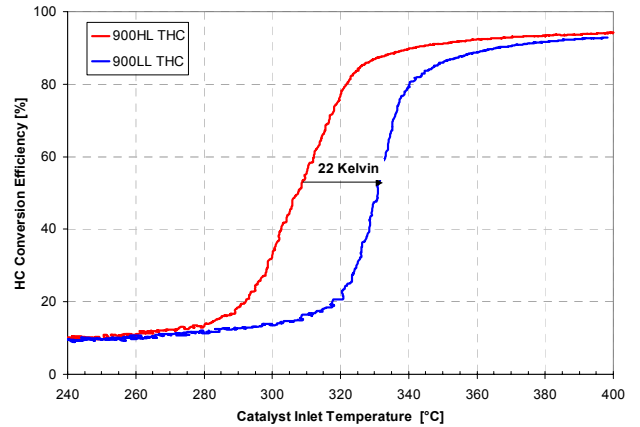


Figure 4: HC- light-off of the 900HL and 900LL catalyst after aging (mass flow= 20scfm, AFR=14.67, temperature transient = 20 K/min)

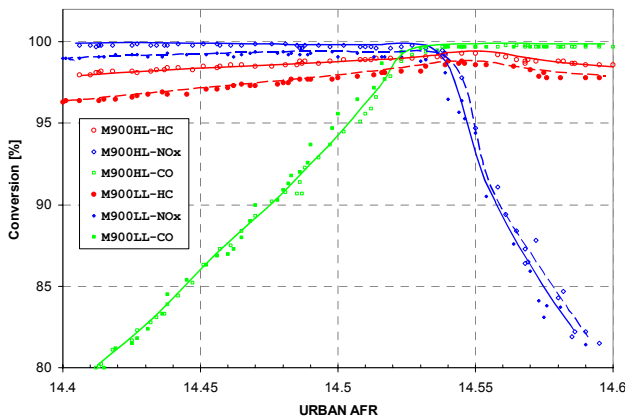


Figure 3: Air/Fuel Sweep – Example - 900HL aged compared to 900LL aged (exhaust gas temperature 650°C, mass flow 49scfm, AFR perturbation 1Hz, ±1 AFR)

Figure 6 は、最初の 150 秒間は触媒入りガス温度は 400°Cから 500°Cの間に、その後は、500°Cから 650°Cの間に有ることを示している。FTP 最初のコールドスタートの間は、開ループ制御が行われた。FTP コールドスタート時の空燃比測定値を Figure 7 に示す。



Figure 5: Program Test Vehicle

BASELINE VEHICLE PERFORMANCE

このテストプログラムでは、テスト車両として、3.5L エンジン搭載の 2002 年式 DaimlerChrysler 300M が使用された (Figure 5)。当車両は、テスト前に 4500 マイルのプリ走行が実施された。

触媒は、直結位置に搭載されて FTP および US06 モード走行時のエミッション測定が行われた。測定された触媒入りガス温度とマスフローを Figure 6 に示す。

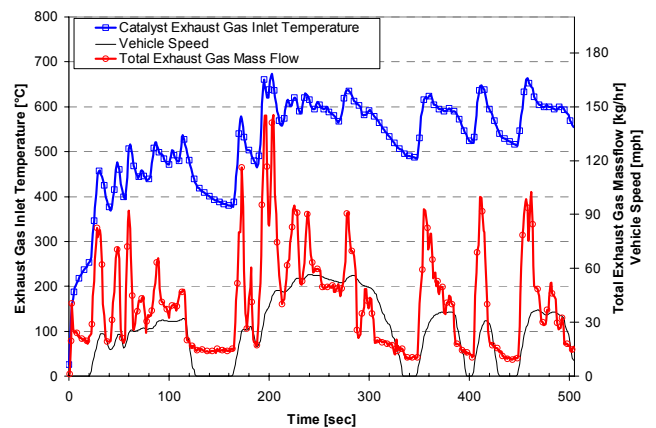


Figure 6: Exhaust gas temperature and exhaust gas mass flow during FTP cold start

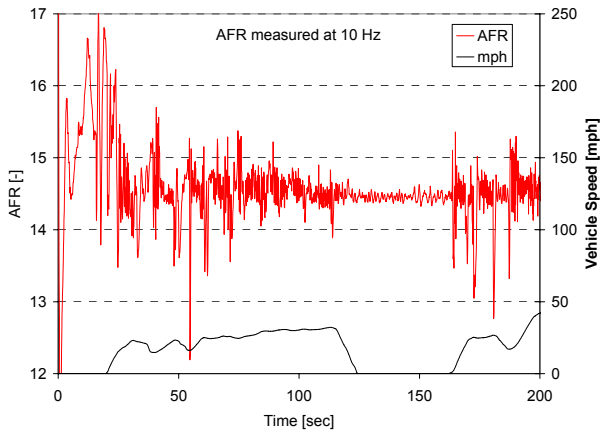


Figure 7: Engine AFR during FTP cold start

触媒システムの性能評価を行う前に、ベース空燃比の影響調査が行われた。温間動的モードにおける触媒の浄化特性は、エンジン空燃比制御によって大きな影響を受ける。それ故、一定に空燃比がコントロールされた車両での評価が各触媒システムの性能比較のためには不可欠である。

Figure 8 は、3 回繰り返し走行を行った FTP テストの 100 から 1374 秒間の空燃比の分布を示している。全てのテストで空燃比の中央値は約 14.54 とし、テストの繰り返し再現性は、OEM によって問題の無いことが確認された。

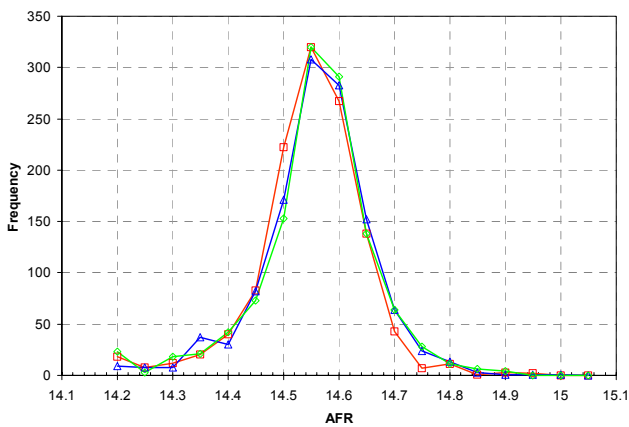


Figure 8: AFR distribution during the time period 100 to 1374 seconds during FTP testing

EMISSION TEST RESULTS

INFLUENCE OF ENGINE CALIBRATION

各触媒は、FLEXER リグで空燃比スイープテストを行われた後、エンジン制御条件が固定された実車で FTP および US06 エミッションテストが実施された。

最適な設定空燃比は、FLEXER リグスイープテスト結果と実車の平均空燃比を比較して設定された。

実車およびベンチエンジンは、同一バッチの EEE クリーンガソリンを用いて運転された。これにより2つのテストの直接比

較が可能となった。

Figure 9 は、スイープテストと比較した場合の実車平均空燃比の値を示す。この図は、実車平均空燃比よりわずかにリッチ寄りにシフトした方が NOx 浄化性能が向上することを示している。この現象を検証するため、0.03 刻みで平均空燃比を変化させてテストが行われた[6]。この空燃比を変化させたテストでは、基本的には全体的な NOx 排出量は低減し、フェーズ 2 (FTP テストサイクルの Bag-2) では、NOx 浄化率は、96%から 99%に向上した。

空燃比セットを変えた場合の FTP テスト結果を Figure 10 に示す。NOx 排出量は、NMHC や CO に比べ、空燃比シフトの影響が大きいことが認められた。

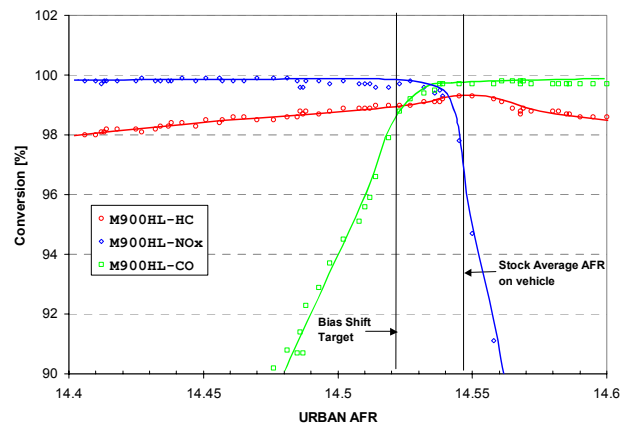


Figure 9: AFR Sweep data shown with average stock and average target AFR

基本設定条件 (平均空燃比が 14.54) では、Bag-2 における THC, CO および NOx の浄化率は、それぞれ 99.6, 99.5 および 98.1%であった。平均空燃比を 14.51 に若干リッチシフトした場合は、それぞれの浄化率は、99.7, 98.5 および 99.1%であり、平均空燃比が 14.52 では、三要素の浄化率はいずれも 99%以上であった。これらの結果は、FLEXER (Figure 2 参照) での結果と良い一致を示した。

Figure 11 に空燃比微調整前後の FTP フェーズ2に及ぼす影響を示す。

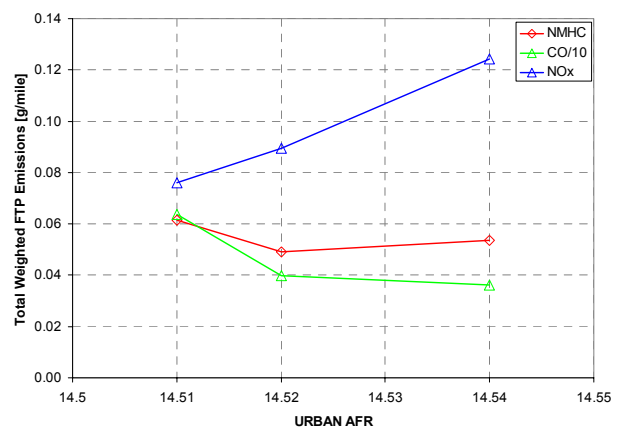


Figure 10: Total FTP Emissions results depending on AFR bias

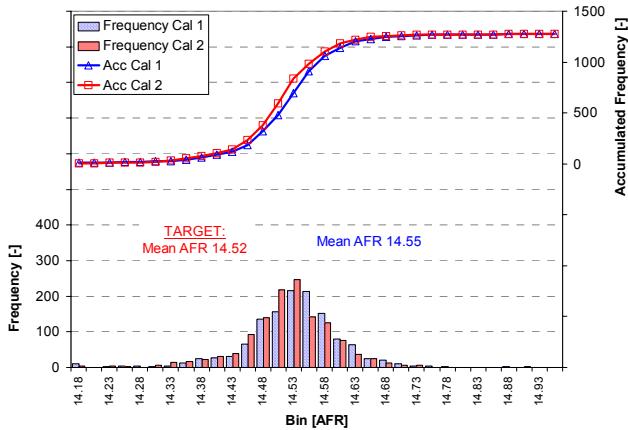


Figure 11: AFR distribution and cumulative distribution of calibration 1 and calibration 2 (FTP test)

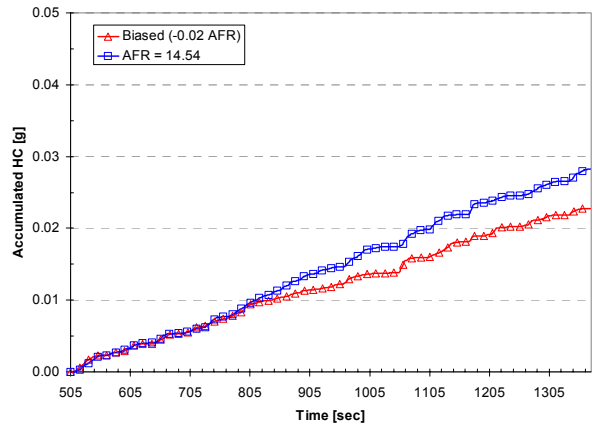


Figure 13: Accumulated HC- emissions during the second phase of the FTP with stock calibration and biased AFR (900HL catalyst)

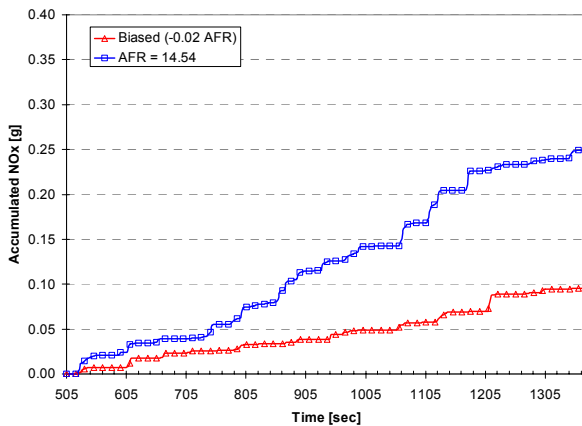


Figure 12: Accumulated NOx- emissions during the second phase of the FTP with stock calibration and biased AFR (900HL catalyst)

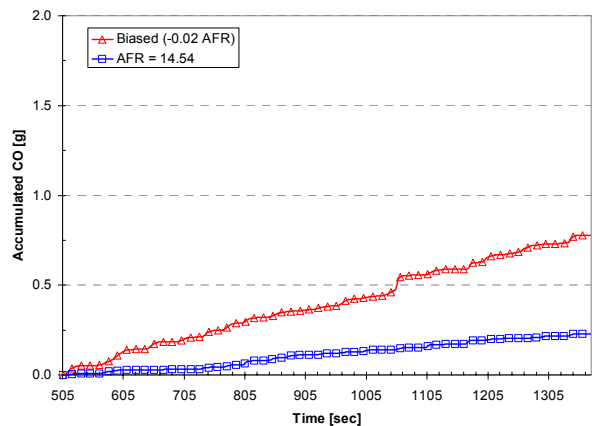


Figure 14: Accumulated CO- emissions during the second phase of the FTP with stock calibration and biased AFR (900HL catalyst)

次に初期設定空燃比の場合とそれより空燃比を0.02リッチシフトした場合の結果とを比較した。

FTP テストサイクルのフェーズ 2 の累積テールパイプエミッションを Figure 12 と Figure 14 に示すが、空燃比を変化させた場合の NOx, HC および CO の排出特性を示している。唯一 CO エミッションは、空燃比リッチバイアスによって増加した。

以後、当プログラムにおける全ての触媒は、空燃比を-0.02 に調整してテストが行われた。

CATALYST DEVELOPMENT

触媒開発ステージの概念を Figure 15 に示す。担体セル密度は、500cpsi から 900cpsi そして 1200cpsi に増加され、貴金属担持量はそれに従って減量された。開発は、次に示す 4 つのステージで行われた。

Stage 1: 単位容量当り一定量の貴金属が 900cpsi および 500cpsi 担体に担持された (HL)。900cpsi への担持貴金属絶対量は、担体容量分に準じ 500cpsi 比 14%減少とした。

Stage 2: 900cpsi および 500cpsi 担体がいられたが、900cpsi 担体の Pd 担持量が減量された。

Stage 3: 単位容量当り一定の貴金属が 900cpsi および 1200cpsi 担体に担持された (LL)。1200cpsi への貴金属担持量は、容量減少分の 10%低減された。

Stage 4: 900cpsi および 1200cpsi 担体がいられたが、1200LLL は、Pd を更に減量し、わずかに Pt と Rh が増量された。

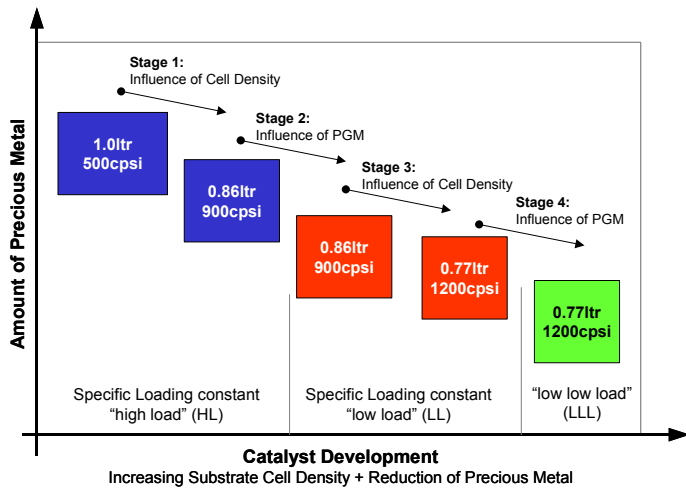


Figure 15: Catalyst development strategy

STAGE 1: 900HL と 500HL の比較

500cps と 900cps 触媒の THC ライトオフ性能の比較を Figure 16 に示す。900cps 触媒は、走行初めの 100 秒間で 500cps より高浄化性能を示した。40 秒から 100 秒間で高 HC 浄化率が得られたが、これは 900cps が高い活性幾何学表面積 (GSA) を有しているからと考えられる。

FTP のフェーズ 1 における累積 HC, CO および NOx エミッションを Figure 16, 17 および 18 に示す。900cps 触媒後の累積 THC は、500cps 触媒のそれに比べ、約 20% 低減していた。高セル密度担体の効果は、CO および NOx の累積テールパイプエミッションにも見られた。

FTP コールドスタート 60 秒後の温度の両触媒への影響度が計算され、それを Figure 20 に示した。350°C 以上の温度は、この場合同一領域であると定義した。

500cps 担体に比べ、900cps 担体の方が 19% 高い GSA 活性を示した。

Figure 21 は、Bag データの比較を示している。900cps 触媒の性能が全般的に 500cps 触媒より優れていた。

FTP75 のフェーズ 2 およびフェーズ 3 においても両触媒は同様のテスト結果を示した。

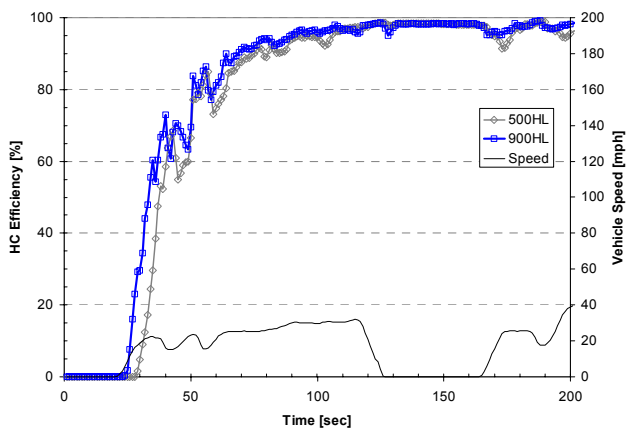


Figure 16: HC light-off during FTP cold start

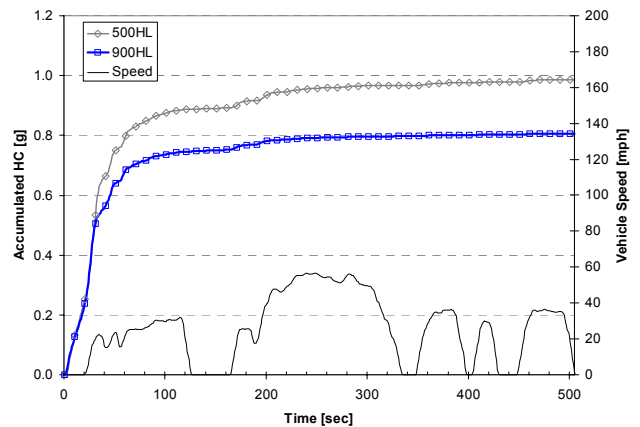


Figure 17: Accumulated HC during 1st Phase of the FTP test cycle (high load)

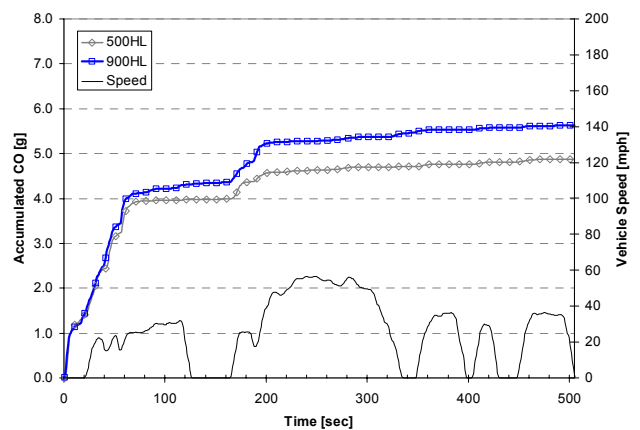


Figure 18: Accumulated CO during 1st Phase of the FTP test cycle (high load)

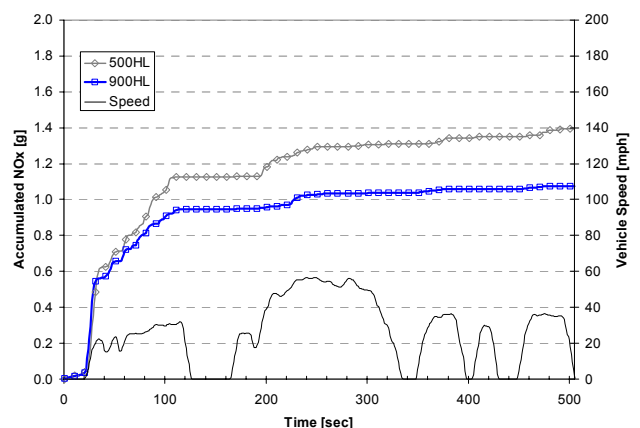


Figure 19: Accumulated NOx during 1st Phase of the FTP test cycle (high load)

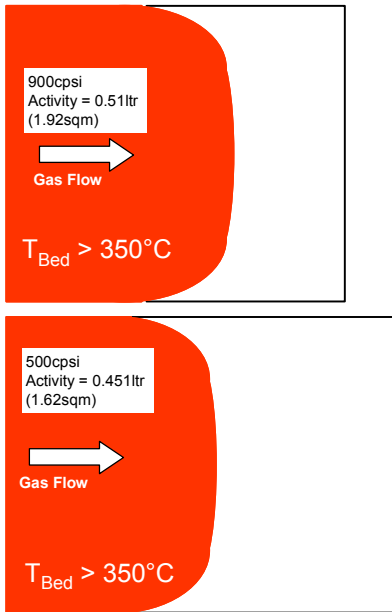


Figure 20: Calculated active Volume and geometric surface area of the 500cps and 900cps substrate 60 seconds after FTP cold start

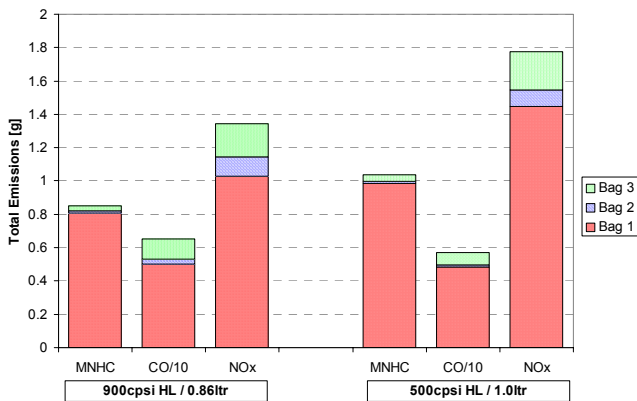


Figure 21: Emission bag data 500cps catalyst compared to 900cps catalyst

STAGE 2: 900LL と 900HL の比較

900cps 担体を用い、2つのPd担持レベルの比較が行われた。900LL触媒のPd担持量は900HL触媒の約50%とし、担体とキャニングは、全く同一のものを使用した。

Figure 22 にこの2つの触媒のHCライトオフ性能比較を示す。FTPコールドスタート時には、900LLに比較し、900HLのライトオフ性能の方が良好であった。この効果は、Pd高担持による触媒ライトオフ温度の低下に起因するものである (Figure 4 参照)。

ライトオフ性能の向上による初期100秒間の累積THC低減効果は、Figure 23に見られる通りである。NOxエミッションは、Pd担持量を低減しても大きな影響を受けなかった。

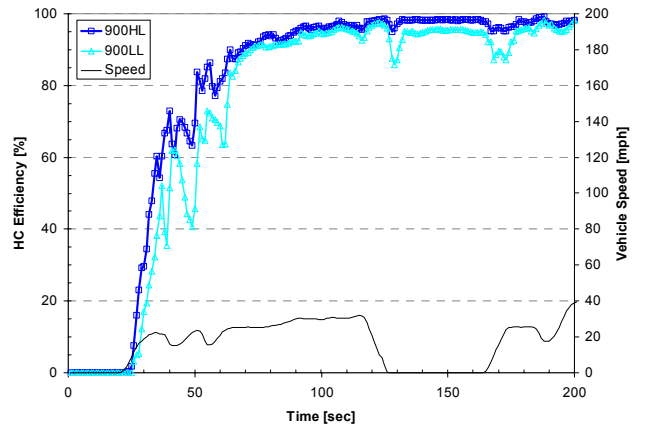


Figure 22: HC-Efficiency during FTP Cold Start depending on Palladium loading

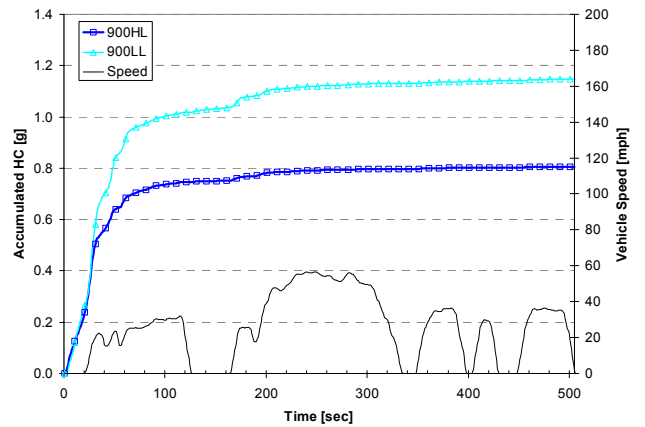


Figure 23: Accumulated HC after the 900cps catalyst during 1st Phase of the FTP test cycle depending on Pd loading

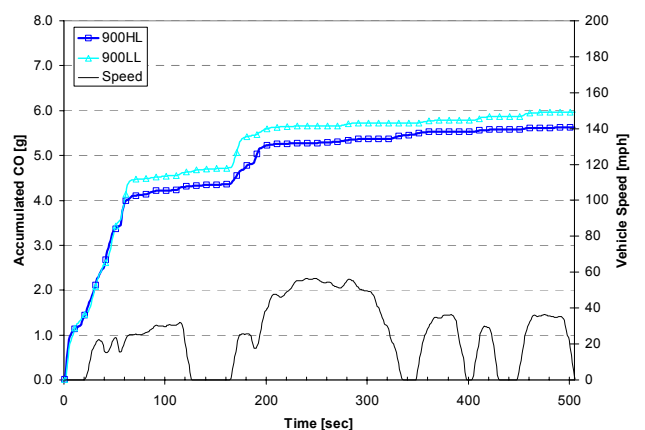


Figure 24: Accumulated CO after the 900cps catalyst during 1st Phase of the FTP test cycle depending on Pd loading

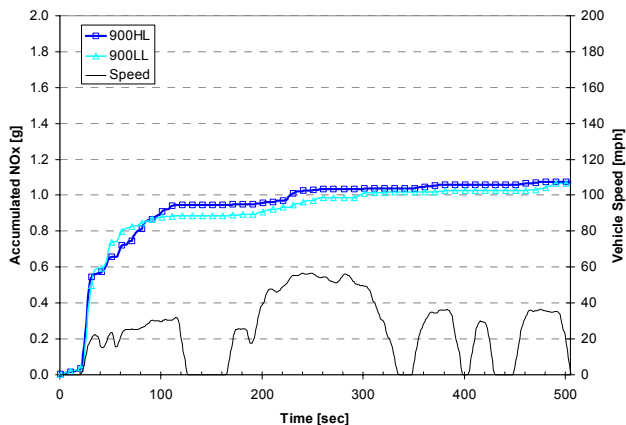


Figure 25: Accumulated NOx after the 900cps catalyst during 1st Phase of the FTP test cycle depending on Pd loading

トータル Bag データを Figure 26 にまとめた。900LL 触媒の Bag-1 の NMHC データは、900HL 触媒のそれに比べ 40%高かった。CO および NOx エミッションは、わずかな影響しか受けなかった。

Bag-2 および Bag-3 の HC および CO には、大きな差は見られなかった。

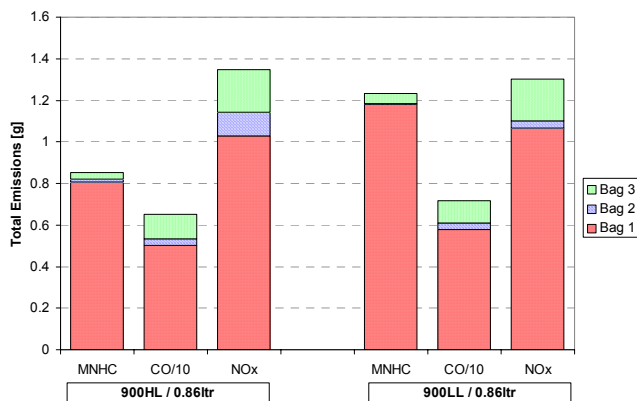


Figure 26: FTP-Emission bag data depending on Pd loading

STAGE 3: 1200LL と 900LL の比較

900cps 触媒の次に 1200LL 触媒のテストが行われた。1200cps コンバーターの容量は、900LL コンバーターより約 10%小さく、単位容量当りの貴金属担持量は、両触媒とも同一に調製された。それゆえ、1200LL 触媒への貴金属担持絶対量は、容量同等分の約 10%低減されたことになる。

両触媒のライトオフ性能を Figure 27 に示す。1200cps 触媒は、900cps 触媒に比べ良好なライトオフ性能を示した。ライトオフ性能向上により、初期 70 秒間の HC, CO および NOx の触媒浄化率が向上した。

Figure 28 から Figure 30 に FTP フェーズ 1 の累積 THC, CO および NOx エミッションを示す。

1200cps 触媒後の累積 HC エミッションは、900cps 後の

それより約 20%低い値であった。累積 NOx および CO エミッションには、大きな差は認められなかった。

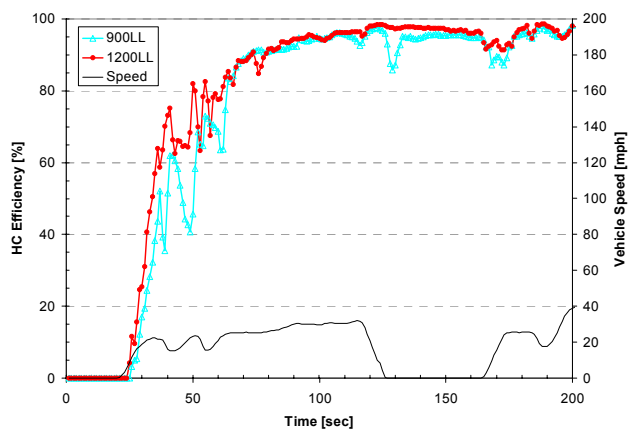


Figure 27: HC light-off performance of the 900cps and 1200cps catalyst during FTP cold start

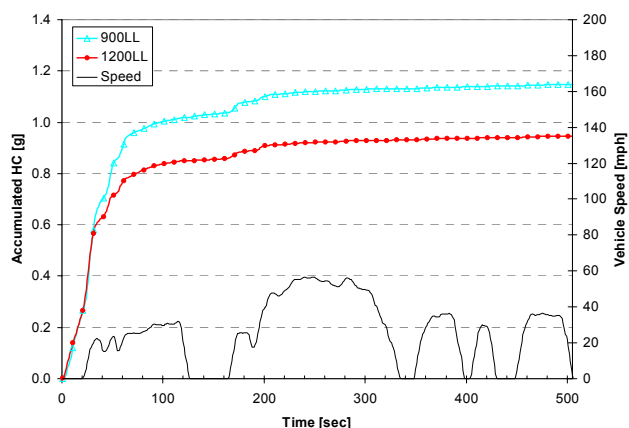


Figure 28: Accumulated HC after the 900cps and 1200cps catalyst during 1st Phase of the FTP test cycle (low load)

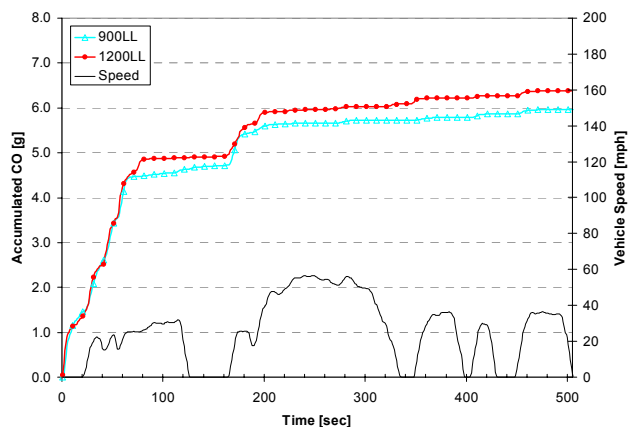


Figure 29: Accumulated CO after the 900cps and 1200cps catalyst during 1st Phase of the FTP test cycle (low load)

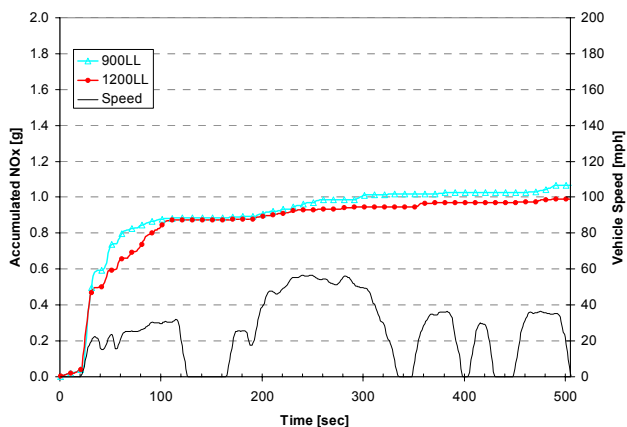


Figure 30: Accumulated NOx after the 900cps and 1200cps catalyst during 1st Phase of the FTP test cycle (low load)

Figure 31 に、FTP の各 Bag のエミッションデータを示す。Bag-1 における 1200cps の NMHC は、900cps 触媒に比較して低い値であった。Bag-2, 3 では、1200cps 触媒の NOx エミッションはわずかに高い値であった。

1200LL が 900LL より温間時の性能が優れているのは、水力直径が小さく、また物質移動が優れているからであり、FTP コールドスタートにおいては、その熱伝達の良さに起因している。

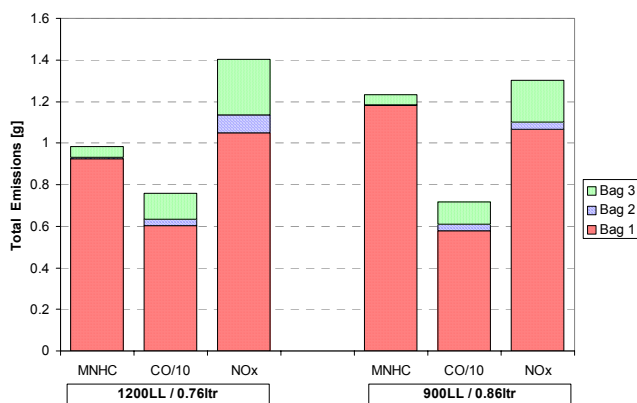


Figure 31: Emission bag data of the 1200cps and 900cps catalyst at same specific loading

STAGE 4: 1200LLL と 1200LL の比較

1200LL および Rh 担持量は一定で Pd 量を低減した 1200LLL もテストされたが、両触媒とも担体容量は同一とした。

FTP コールドスタート時のライトオフ特性の比較を Figure 32 に示す。加えて、排ガスマスフロー一定で温度を極めて緩慢に上昇させた時の浄化性能も評価された (Figure 33)。両テストとも 1200LL と 1200LLL の浄化性能に大きな差は見られなかった。

FTP フェーズ 1 の累積 HC エミッション値は、1200LL の方が低かったが、これはライトオフと温間浄化率が優れていたためである (Figure 34)。FTP フェーズ 2 の累積 HC では更にその差が顕著であった (Figure 35)。

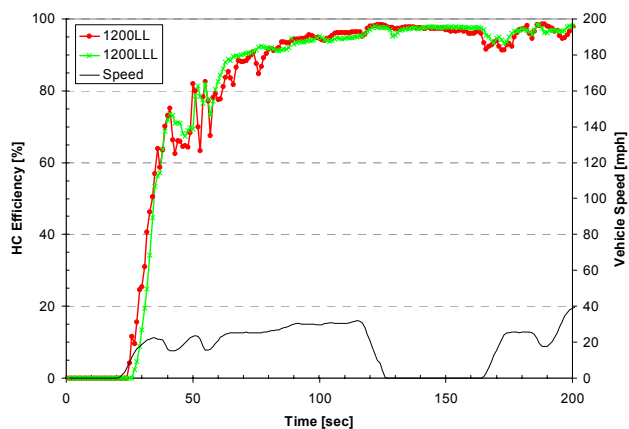


Figure 32: HC-Efficiency during FTP Cold Start for the 1200LL and the 1200LLL converter

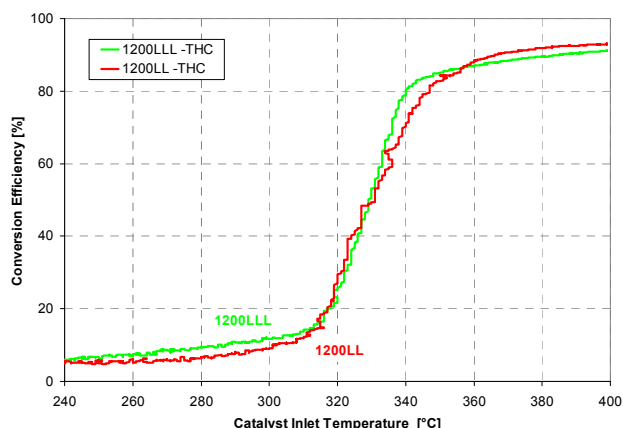


Figure 33: HC- light-off of the 1200LL and 1200LLL catalyst after aging (mass flow= 20scfm, AFR=14.67, temperature transient = 20 K/min)

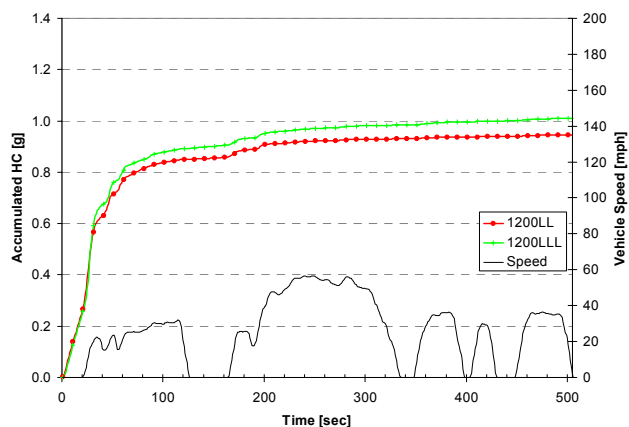


Figure 34: Accumulated HC after the 1200LLL and 1200LL catalyst during 1st Phase of the FTP test cycle

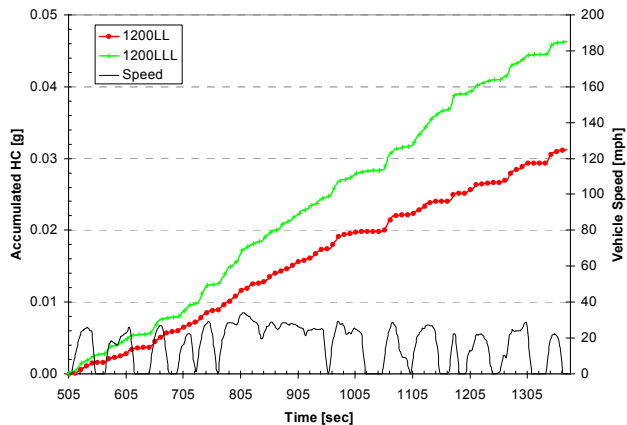


Figure 35: Accumulated HC after the 1200LLL and 1200LL catalyst during 2nd Phase of the FTP test cycle

累積 CO および HC エミッションを Figure 36 と Figure 37 に示す. NOx テールパイプエミッションは、両コンバーターでほぼ同等であった. 1200LL は、40 秒から 80 秒間の累積 CO エミッションは高い値を示したが、200 秒後ではほぼ同程度となった.

FTP トータルエミッション値を Figure 38 に示す. Bag-1 の HC は、1200LL の方が低い値となったが、CO および NOx エミッション値は、1200LLL の方が低いという結果になった.

この結果は、Figure 39 に示した空燃比スイープテスト結果とは一致しなかった. Figure 39 では、三要素とも 1200LL 触媒が優れているという結果であった.

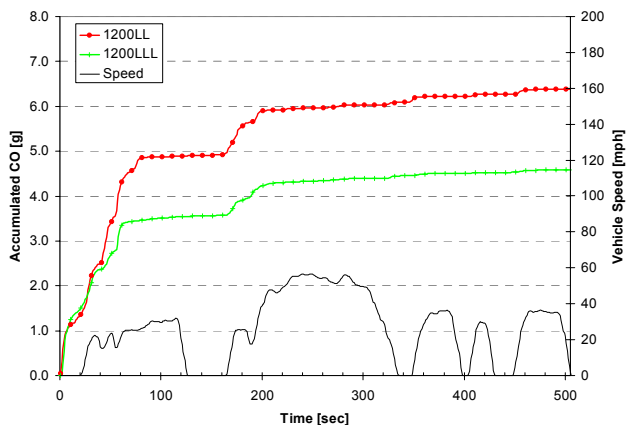


Figure 36: Accumulated CO after the 1200LLL and 1200LL catalyst during 1st Phase of the FTP test cycle

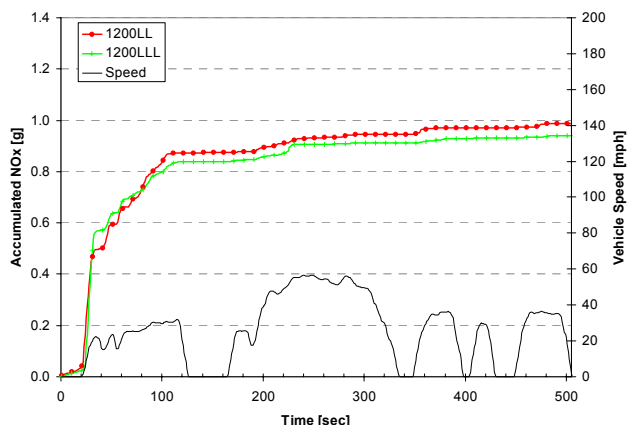


Figure 37: Accumulated NOx after the 1200LLL and 1200LL catalyst during 1st Phase of the FTP test cycle

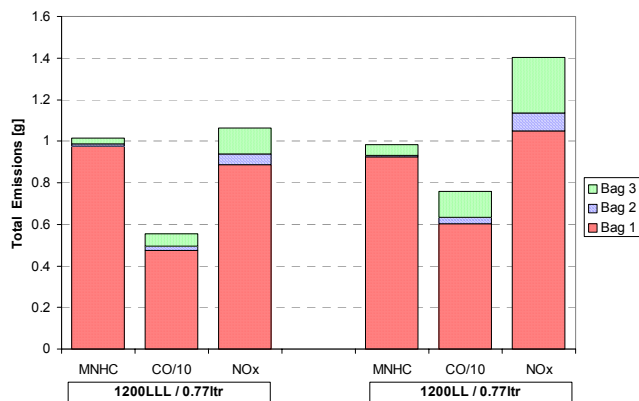


Figure 38: Emission bag data of the 1200LLL and 1200LL

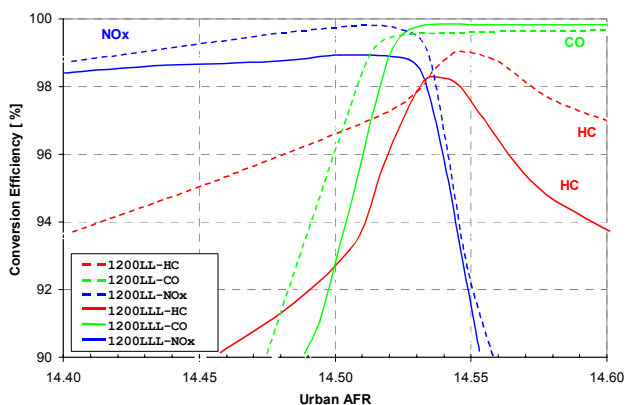


Figure 39: Air/Fuel Sweep – 1200LLL aged compared to 1200LL aged (exhaust gas temperature 650°C, mass flow 49scfm, AFR perturbation 1Hz, ±1 AFR)

OVERALL SUMMARY OF FTP DATA

テスト触媒の FTP コールドスタート時の性能を Figure 40 にまとめて示す. 全ての担体は、ユニット単位では類似の熱

容量を有している (Table 1 参照)。従って、500cpsi 担体に比べ、900cpsi/1200cpsi 担体では、昇温速度が速くなるため大きな活性表面積が得られることになった。結果的に、FTP の最初の加速域と 40 秒から 80 秒間の浄化率が向上し、累積 HC エミッションも低い値となった (Figure 41)。

触媒効率、Pd 担持量にも大きく影響された。最もライトオフ特性が優れていたのは、900HL 触媒であった。500HL 触媒に比べ、累積 THC は、900HL では約 20% 低く、また 900LL では 15% 高い値であった。

1200LL 触媒は、900LL 触媒に比べ、ライトオフ性能では優れていた。1200LLL は 1200LL と同様の熱容量であるが、Pd 担持量が少ないため、ライトオフが遅れ、累積 THC は高い値を示した。

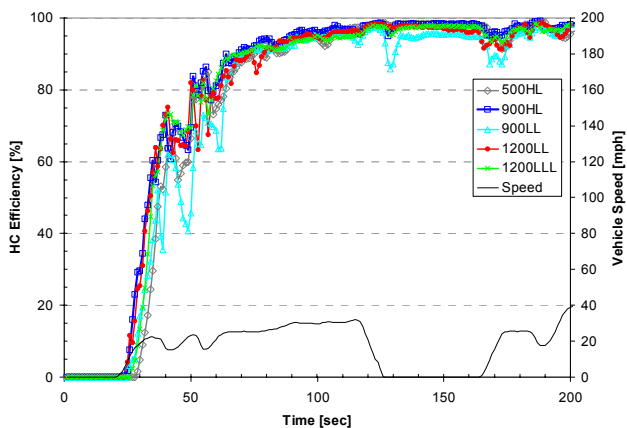


Figure 40: HC light-off of the tested catalyst during FTP Cold Start

ズにおける触媒床温度の影響を受けるが、その値は Figure 9 と Figure 10 に見られる通りである。全ての触媒の NOx 浄化率は、エージング後も 99.1% から 99.6% の範囲であった。各触媒に最適な空燃比設定を行うことで更なる浄化効率向上が期待できる。

1200LL 触媒は、NOx および CO の浄化に関しては他より優れていたが、これは空燃比バイアスが小さかったことに起因すると思われる。触媒反応の観点からすると、1200LLL 触媒は、1200LL 触媒より性能が悪いと考えられるが、1200LLL 触媒は Pd 量が少ないため、Rh 上での CO-NOx 反応が促進されたのではないかと考えられる。

これらの現象を解明するためには、更なる研究が必要である。

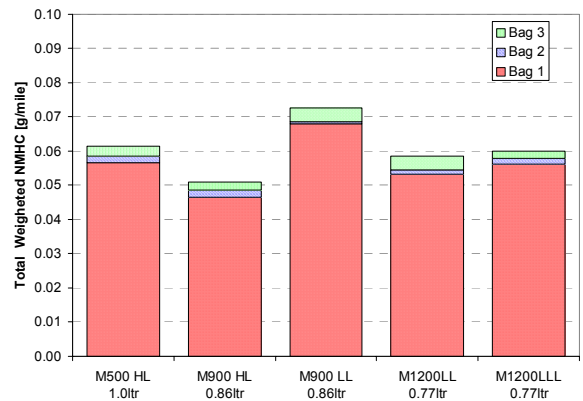


Figure 42: Total weighted NMHC results

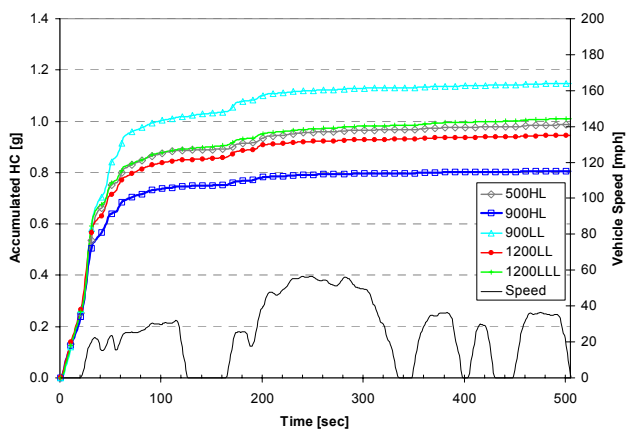


Figure 41: Accumulated THC emissions during the first phase of the FTP cycle

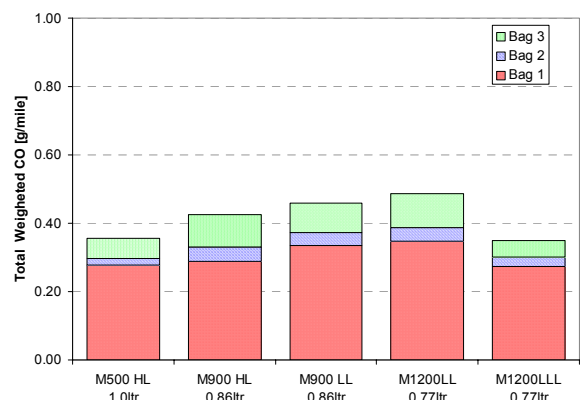


Figure 43: Total weighted CO results

FTP の Bag データを Figure 42, 43 および 44 に示す。トータル NMHC と CO は、Bag-1 の影響が大きく反映され、高セル化および高貴金属担持によってエミッション値は低減した。Figure 44 は、NOx の Bag データを示しているが、明確な貴金属担持量に対する傾向は見られなかった。

NOx 浄化率変化はエンジンが閉ループ制御に入るフェー

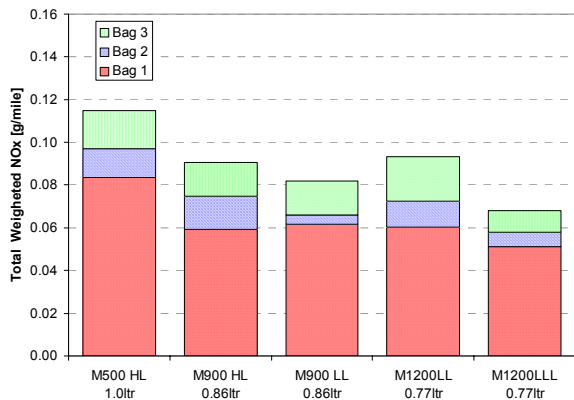


Figure 44: Total weighted NOx results

US06 TEST RESULTS

NMHC+NOx の Bag データを Figure 45 に示す。500cpsl 担体と比べ、900cpsl 担体では同程度のテールパイプエミッション値が得られた。500cpsl と 900cpsl の NOx エミッションは、1200cpsl システムと比べ、約 10%程度低い値であった。1200LL と 1200LLL 触媒は、同等の性能を示した。

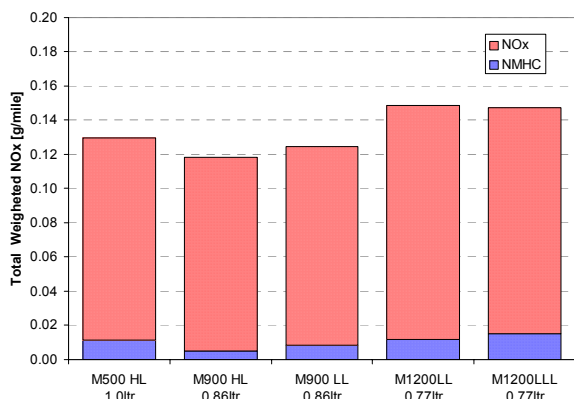


Figure 45: Combined NMHC+NOx emissions for the US06 test

CONCLUSION

次のような結論が当テストプログラムによって導き出された。

- 900HL 触媒は、その熱反応性の早さにより、500LL 触媒に比べ Bag-1 で約 34%エミッションが低減した。
- 高セル担体技術によりライトオフ特性が改善された。
- 1200LL は、900LL よりライトオフ特性が優れていた。
- 500cpsl 触媒に比べ、高セル担体触媒では、同等の HC および CO の低温浄化率特性の改善が見られた。

- 900LL と 1200LL 触媒の NOx 浄化率は同程度であった。
- US06 テストでは、担体システム間での大きな差は見られなかった。
- 水力直径が小さく、優れた物質移動係数を持つ高セル密度担体は、触媒反応を向上させ、同じ浄化率を得る場合、少ない貴金属量で達成できることが認められた。
- 標準セル担体に比べ、高セル密度担体では、ライトオフ性能が向上するため、より低エミッションを達成可能もしくはは貴金属担持量を低減できる。
- ベンチエンジンによるライトオフ特性とスweepテスト結果は、実車による FTP モードエミッション特性とよく一致していた。

エージングコンバーターの FTP における触媒浄化率を向上させるため、エンジン空燃比が変調された。エンジン制御は、FTP コールドスタート時には変更せず同一とした。従って、高セル密度担体の優れたライトオフ性能により、テールパイプエミッションが低減された。それぞれの触媒に最適な空燃比制御を行うことにより、更なる性能向上が期待できる。この手法により、特に、FTP の 40 秒から 100 秒間の NOx の浄化率向上が期待できる。

高マスフロー条件である US06 では、通常、触媒容量や担持貴金属量低減は不利に働くと考えられるが、高セル密度担体を用いる場合、それらの影響度は極めて小さく、従って触媒による大きな性能差は認められなかった。

全体的に、高セル密度担体により次のことが期待できる。

- 触媒容量が低減でき、従って搭載性上の設計自由度が向上する。
- ライトオフ性能向上と容量当りの浄化効率が向上し、貴金属量を低減することができる。

REFERENCES

- [1] Katherine W. Hughes, Wade Witte, "Ultra Thin Wall Substrates in FTP and US06 Tests, SAE Paper 2002-01-0356
- [2] Rolf Brueck, Klaus Mueller-Haas, Juergen Breuer, Cynthia Webb, "Advanced Performance of Metallic Converter Systems Demonstrated on a Production V8 Engine", SAE-Paper 2002-01-0347
- [3] J.Schmidt, J.Franz, N. Merdes, Mike Brady, W.Mueller, D.Lindner, T.Bog, D.Clark, F.Abe, M.Makino,A.Kunz,C.D.Vogt, T.Buckel, W.Stoepler, R. Henninger, E.Ermer, "Utilization of Advanced Three-Way Catalyst Formulations on Ceramic Ultra Thin Wall Substrates for Future Legislation" SAE-Paper-2002-01-0349
- [4] Per Marsh, Dr. Filip Acke, Roman Konieczny, Rolf Brueck, Peter Hirth, "Application Guideline to Define a Catalyst Layout for Maximum Catalytic Efficiency" SAE-Paper 2001-01-0929

- [5] R. Brueck, J. Diringer, U. Martin, W. Maus, "Flow Improved Efficiency by New Cell Structures in Metallic Substrates", SAE-Paper 950788
- [6] Cynthia C. Webb, "ERIC – A System to Modify Vehicle Emissions through Computer Controlled Signal Interception", SAE-Paper 1999-01-0773

DEFINITIONS, ACRONYMS, ABBREVIATIONS

AFR:	Air to Fuel Ratio
CO:	Carbon Monoxide
FLEXER:	FLexible EXhaust Evaluation Rig
FTP:	Federal Test Procedure
HL:	High Load
LL:	Low Load
LLL:	Low Low Load
NMHC:	Non Methan Hydrocarbons
NOx:	Oxides of Nitrogen
THC:	Total Hydrocarbons
TS:	Transversal Structure