

平成18年度八都県市首脳会議環境問題対策委員会委託業務

エコドライブによる自動車（乗用車）排出ガス抑制効果検証

平成19年2月
財団法人 日本車両検査協会

1 目的

八都県市大気保全専門部会では、自動車起因による大気汚染物質の削減のため、ディーゼル車に対する運行規制を中心に施策を実施してきた。今後、新たな手段として、燃料や車種を問わず、自動車を使用する誰もが取り組むことのできる“エコドライブ”を推奨し、さらなる大気環境の改善に寄与することを目指している。

本調査では、利用する者、走行する台数が多く、八都県市における保有台数が約8割を占める乗用車について、エコドライブの明確な効果指標が示されていないことからエコドライブによる排出ガス抑制効果を検証した。

2 調査概要

(1) 調査内容

燃費や地球温暖化防止に効果があるエコドライブであるが、大気汚染防止にどのような効果を発揮するか、シャーシダイナモを用いて乗用車の排出ガスを測定し、通常運転時とエコドライブ時における自動車排出ガス（NOx等）の測定・比較を行った。また、利用に関わる者が幅広く、車の選び方、使い方などが多様である乗用車の特性を勘案し、試験重量や抵抗等の変化⁽¹⁾による排出量の比較を行った。

以上の結果に対し、専門的見地からの考察を行った。

(2) 測定結果の比較項目

- 標準、エコドライブモードそれぞれの総排出量
- 市街地、郊外、高速走行それぞれの区間排出量
- 指定する加速、減速時それぞれの区間排出量

(3) 調査条件

ア 測定モード

次の3モードを走行し、3回の平均値を基本に検証した。

【各モード測定条件】 試験重量；1,150kg《等価慣性重量区分；1,250kg》（車両重量：1,040kg + 2名乗車：110kg）
抵抗等 ；タイヤの空気圧は適正值（210kpa）、エアコンOFF、ホットスタート

1 標準ドライブモードで ~ の使用条件を変更した排出量を比較した。

【使用条件変更 ；重量の変更】重量負荷 + 55kg（1,205kg、《等価慣性重量区分；1,250kg》）

【使用条件変更 ；抵抗の変更】タイヤの空気圧 50kpa低減（160kpa）

【使用条件変更 ；測定環境の変更】コールドスタートによる測定

走行モード	測定モードの概要
標準ドライブモード	NY-2、NY-4、NY-5（横浜市が所有する市街地、郊外、高速走行モード）から省エネルギーセンターが示す各走行の特性を参考に組み合わせて作成。走行の組み合わせは、図.1のとおり。
エコドライブモード	標準ドライブモードに、10・15モードの加速度や経済速度等を参考指標として加速度等を加減し、作成。
走行動態検証モード	急発進や急加速、波状運転、急減速時の排出量を測定するため、標準・エコドライブモードを参考に加速度を加減し、作成。

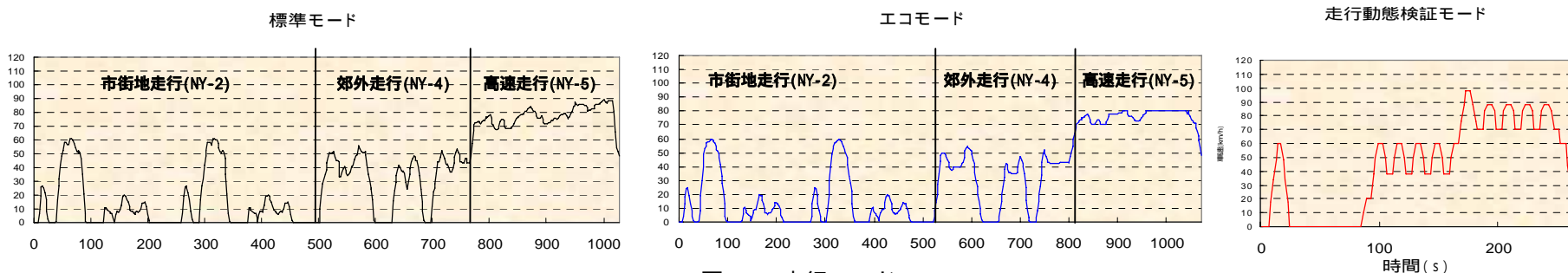


図.1 走行モード

イ エコドライブ手法

エコドライブモードの走行では、次の注意点を考慮した運転をした。なお、標準モードでは停止時にアイドリングストップをせず、エコドライブを意識しない運転をした。

走行モード	走行時の注意点			
	発進（加速）	巡航	減速	停止
エコドライブモード	クリープ現象で始動後、アクセルをゆっくり踏む	<ul style="list-style-type: none"> ・ 早めのアクセルOFF ・ エンジンブレーキの活用 ・ 惰性走行の活用 		常にアイドリングストップ

ウ 測定する項目

○窒素酸化物（NO_x）○一酸化炭素（CO）○炭化水素（HC）○二酸化炭素（CO₂）○燃料消費率

○燃料消費率の算定はカーボンバランス法の次式により算定した。

$$F = 649 / (0.429 \times CO_{mass} + 0.866 \times HC_{mass} + 0.273 \times CO2_{mass})$$

$$F = \text{燃料消費率} \quad km / L \quad mass = g / km$$

エ 車両の選定

- 種別 小型乗用車（乗用車のうち、保有車両数の多い種類）
 - 車種 トヨタカローラほか（小型乗用車のうち、最も多い車種）
 - 型式 TA-NZE121（初度登録年、規制年別保有台数とカローラの普及状況から選定）
- 自動車の諸元は、資料編を参照。

オ 測定機器

- シャンダイナモメータ B C D - 1 0 0 0 E (株)バンザイ
- 排出ガス分析計 M E X A - 7 4 0 0 (株)堀場製作所
- C V S 装置 C V S - 9 3 0 0 (株)堀場製作所

3 調査結果

(1) 標準ドライブモード、エコドライブモードの総排出量

重量・抵抗等の同一条件下において、標準ドライブモード（以下「標準モード」という。）とエコドライブモード（以下「エコモード(1)」という。）を各3回走行し、測定した排出量等の平均値をもって比較した。

エコモード(1)は、概ね標準モードを下回る値を示したが、NOx排出量が上回る値であった。排出状況を時間軸で確認したところ（図9参照）、アイドリングストップからエンジン始動時に高い値が見られるため、アイドリングストップを行わないエコドライブモード（以下「エコモード(2)」という。）を1回走行し、参考値として比較した。

表.1 モード別総排出量

	走行距離 (km)	運転時間 (sec)	排出量 (g/km)				計算燃費 (km/L)
			CO	HC	NOx	CO2	
標準ドライブモード (3回測定の平均値)	9.850	1026.0	1.287	0.032	0.026	154.6	15.17
エコドライブモード(1) (3回測定 of 平均値)	9.842	1070.0	0.511	0.027	0.034	137.1	17.23
エコドライブモード(2) (1回測定値)	9.844	1070.0	0.726	0.027	0.021	143.7	16.40

【測定条件】 試験重量；1,150kg《等価慣性重量区分；1,250kg》
 （車両重量：1,040kg + 2名乗車：110kg）
 抵抗等；タイヤの空気圧は適正值（210kpa）、エアコンOFF、ホットスタート

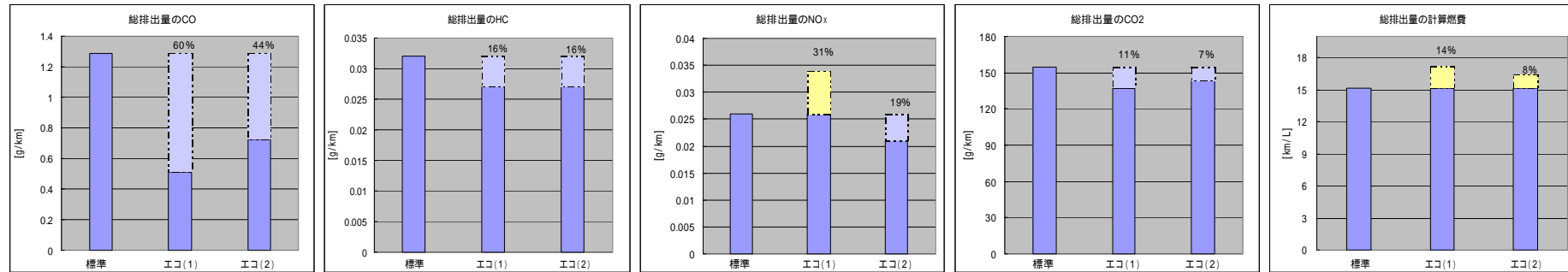


図.2 モード別総排出量の低減割合

測定結果について

エコモード(1)の測定値を標準モードの測定値と比較すると、計算燃費が14%向上し、排出量はCOが60%、HCが16%減少したが、NOxは31%増加した。

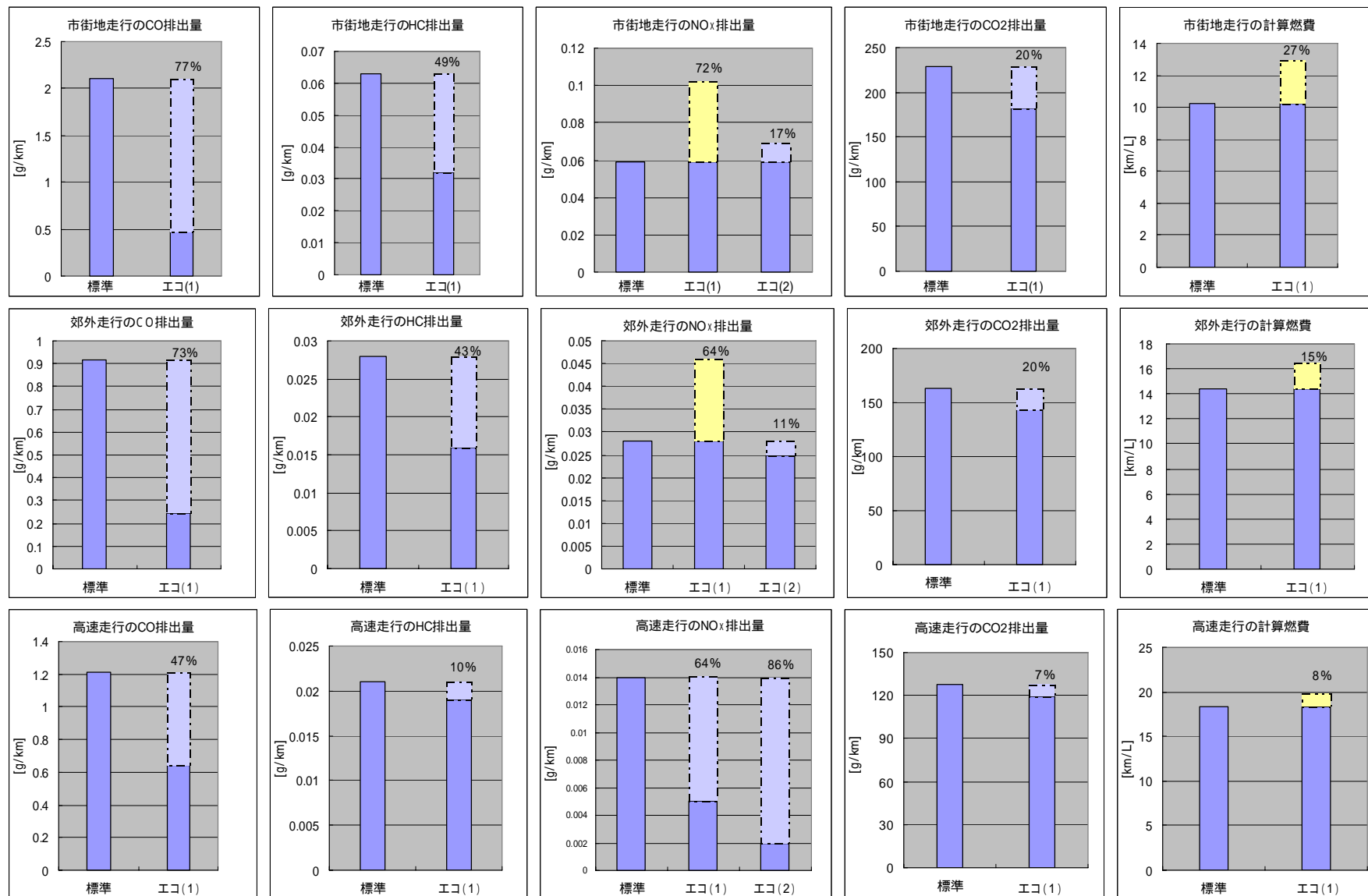
エコモード(2)のNOx測定値は、標準モードとエコモード(1)それぞれと比較して19、38%減少した。

(2) 市街地走行、郊外走行、高速走行の区間毎の排出量

(1)で得られた測定結果について、走行パターン（市街地、郊外、高速走行）毎の特徴を把握するため、それぞれに区分した排出量等を比較した。

表.2 モード別走行パターン毎の排出量

	市街地走行 (g/km)					郊外走行 (g/km)					高速走行 (g/km)				
	CO	HC	NOx	CO2	計算燃費	CO	HC	NOx	CO2	計算燃費	CO	HC	NOx	CO2	計算燃費
標準ドライブモード (3回測定 of 平均値)	2.104	0.063	0.059	229.3	10.21	0.916	0.028	0.028	163.5	14.40	1.214	0.021	0.014	127.5	18.36
エコドライブモード(1) (3回測定 of 平均値)	0.475	0.032	0.102	182.4	12.97	0.247	0.016	0.046	143.5	16.52	0.639	0.019	0.005	119.1	19.78
エコドライブモード(2) (1回測定値)	1.274	0.056	0.069	210.5	11.18	0.501	0.026	0.025	149.3	15.83	0.693	0.015	0.002	119.2	19.76



測定結果について

図.3 モード別走行パターン毎の排出量低減割合

エコモード（１）の測定値を標準モードの測定値と比較すると、計算燃費は市街地、郊外、高速走行パターンで各々 27、15、8% 向上し、排出量は CO が市街地、郊外、高速走行パターンで各々 77、73、47%、HC が市街地、郊外、高速走行パターンで各々 49、43、10% 減少した。NOx は、高速走行では 64% 減少したが、市街地、郊外走行パターンでは各々 72、64% 増加した。

エコモード（２）の NOx 測定値を標準モードの測定値と比較すると、郊外、高速走行パターンでは各々 11、86% 減少したが市街地走行パターンでは 17% 増加した。また、エコモード（１）との比較では、市街地、郊外、高速走行パターンで各々 32、46、60% 減少した。

(3) 指定する区間の排出量

(1) で得られた測定結果について、加速度変化の著しい加速時及び減速時の排出量を把握するため、各走行モードにおいて指定する区間(加速時: 7区間、減速時: 5区間)の排出量を測定し比較した。

表.3 モード別指定区間毎の排出量

	区間1(加速) (g/km)				区間2(加速) (g/km)				区間3(加速) (g/km)			
	CO	HC	NOx	CO2	CO	HC	NOx	CO2	CO	HC	NOx	CO2
標準ドライブモード (3回測定 of 平均値)	2.864	0.256	0.001	341.1	4.309	0.099	0.070	251.6	0.007	0.020	0.112	433.3
エコドライブモード(1) (3回測定 of 平均値)	1.876	0.103	0.083	309.2	1.548	0.071	0.163	308.4	0.009	0.029	0.142	299.9
エコドライブモード(2) (1回測定値)	2.655	0.102	0.001	309.7	3.167	0.127	0.172	311.4	0.000	0.009	0.137	350.5

	区間4(加速) (g/km)				区間5(加速) (g/km)				区間6(加速) (g/km)			
	CO	HC	NOx	CO2	CO	HC	NOx	CO2	CO	HC	NOx	CO2
標準ドライブモード (3回測定 of 平均値)	0.153	0.014	0.049	272.1	4.387	0.124	0.015	281.7	0.495	0.019	0.039	321.1
エコドライブモード(1) (3回測定 of 平均値)	0.058	0.019	0.110	273.1	1.562	0.105	0.387	344.1	0.042	0.021	0.145	323.8
エコドライブモード(2) (1回測定値)	0.000	0.003	0.047	270.9	2.722	0.227	0.170	354.2	0.441	0.031	0.012	343.9

	区間7(加速) (g/km)				区間8(減速) (g/km)				区間9(減速) (g/km)			
	CO	HC	NOx	CO2	CO	HC	NOx	CO2	CO	HC	NOx	CO2
標準ドライブモード (3回測定 of 平均値)	1.687	0.036	0.026	309.0	1.954	0.083	0.006	113.1	0.448	0.011	0.011	58.2
エコドライブモード(1) (3回測定 of 平均値)	0.249	0.035	0.101	311.1	0.492	0.027	0.013	124.8	0.042	0.004	0.003	51.5
エコドライブモード(2) (1回測定値)	1.113	0.041	0.044	310.5	3.761	0.191	0.000	113.2	0.056	0.003	0.000	51.8

	区間10(減速) (g/km)				区間11(減速) (g/km)				区間12(減速) (g/km)			
	CO	HC	NOx	CO2	CO	HC	NOx	CO2	CO	HC	NO	CO2
標準ドライブモード (3回測定 of 平均値)	0.081	0.017	0.007	214.0	1.080	0.021	0.014	76.9	0.075	0.004	0.001	76.6
エコドライブモード(1) (3回測定 of 平均値)	0.000	0.024	0.260	199.0	0.235	0.007	0.001	63.4	0.006	0.003	0.000	65.3
エコドライブモード(2) (1回測定値)	0.000	0.001	0.013	232.4	0.239	0.007	0.002	63.4	0.054	0.002	0.000	65.4

測定結果について

エコモード(1)の測定値を標準モードの測定値と比較すると、排出量は加速時に全区間でNOxが増加し、1区間を除きCOが減少、減速時に全区間でCOが減少、1区間を除きHC、CO₂が減少した。エコモード(2)の測定値を標準モードの測定値と比較すると、排出量は加速時に全区間でCOが減少し、減速時に各1区間を除きCO、HC、NOxが減少した。

標準ドライブモード

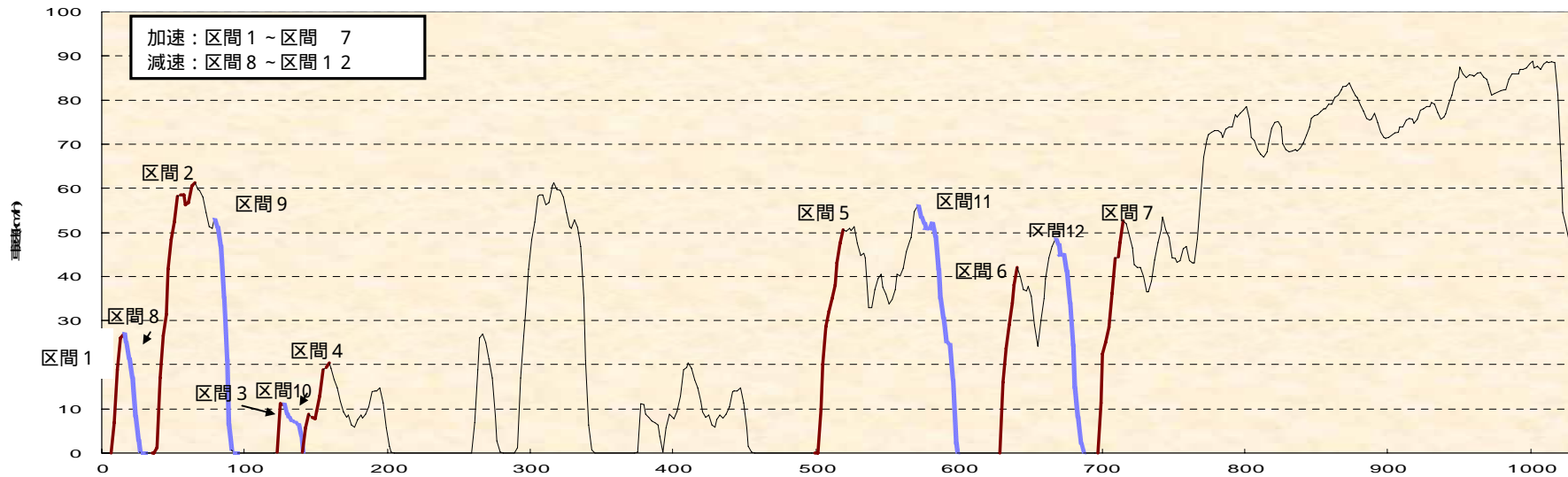


図.4 標準モードにおける指定区間

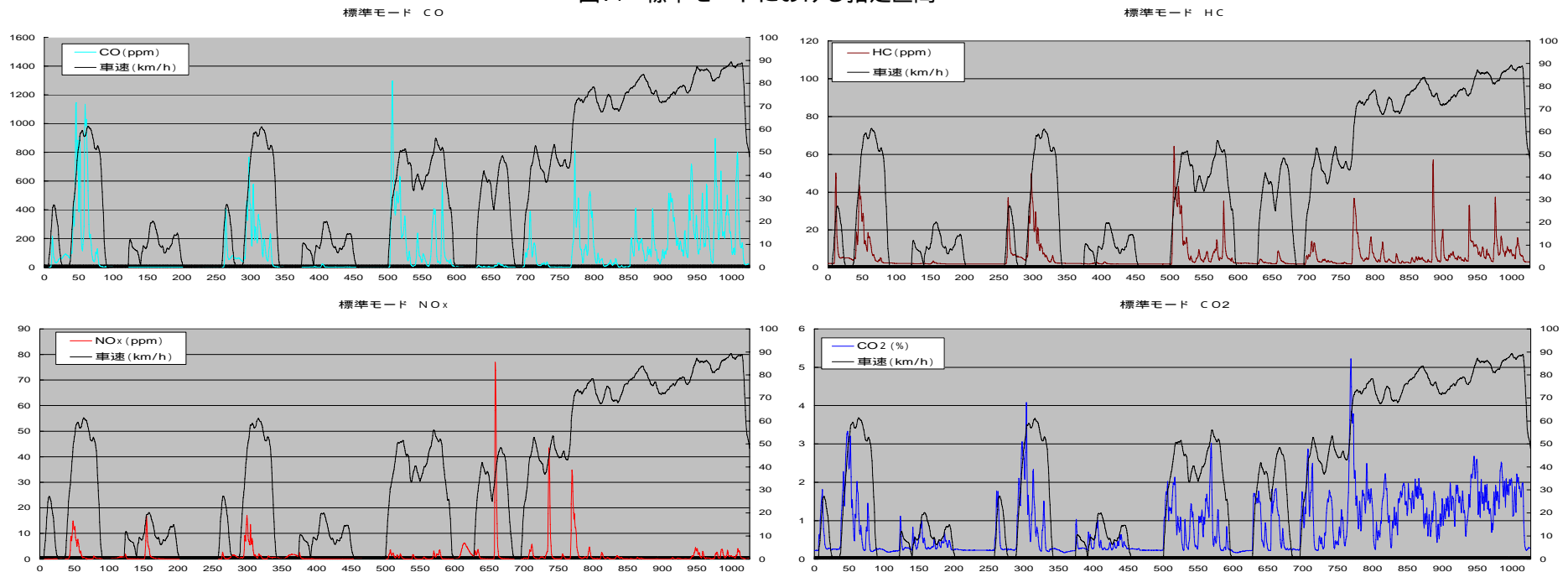


図.5 標準モードにおける排出濃度の推移

エコドライブモード

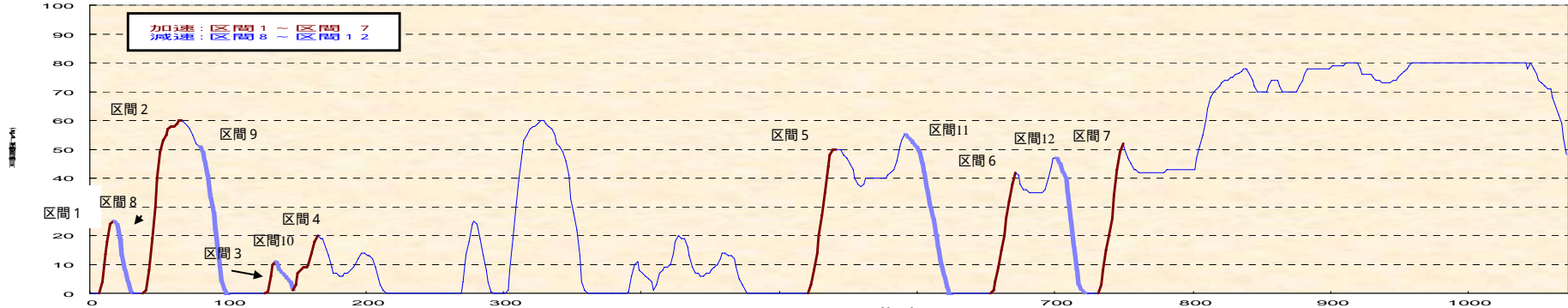


図.6 エコモードにおける指定区間

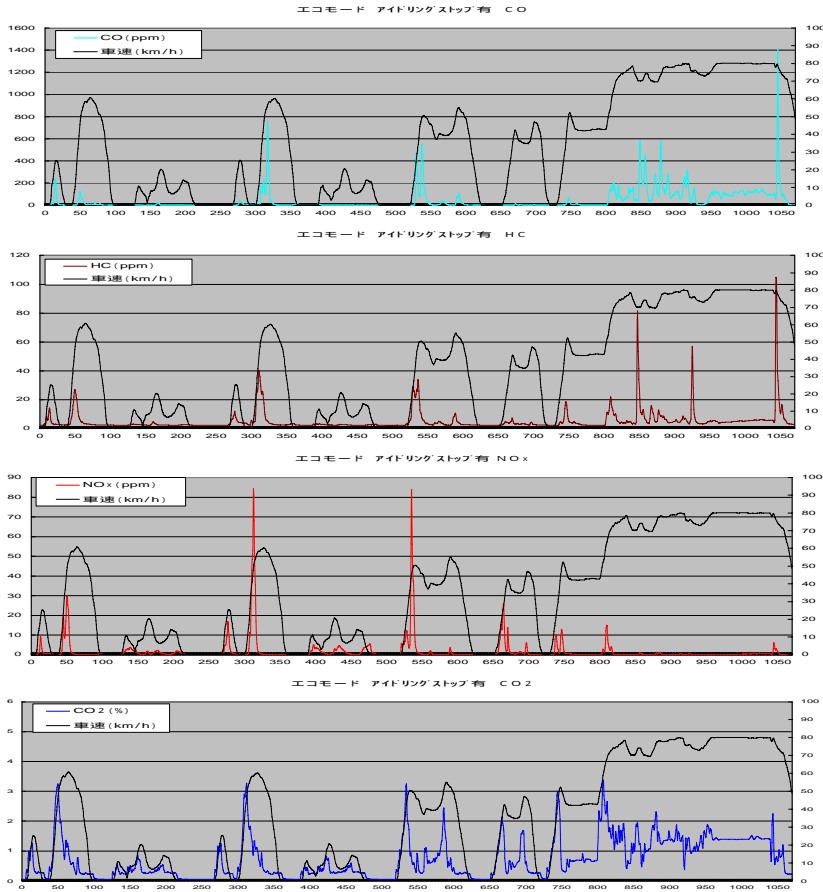


図.7 エコモード(1)における排出濃度の推移

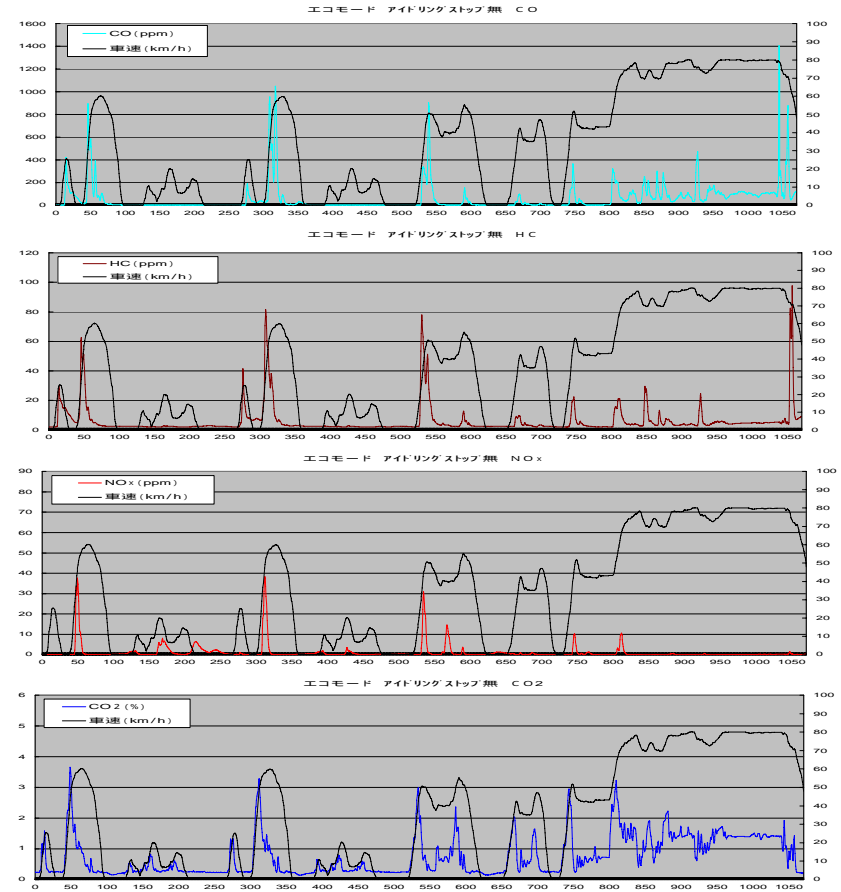


図.8 エコモード(2)における排出濃度の推移

(4) 自動車の使用方法(重量、抵抗の変化、コールドスタート)による総排出量

(1)の条件で測定した標準モードについて、重量・抵抗等に荷重をかけた場合の排出量を把握するため、以下の使用条件を変更(再掲)した走行を各1回行い、測定した排出量等を比較した。

【使用条件変更 ; 重量の変更】

試験重量; 1,205kg《等価慣性重量区分; 1,250kg》
(車両重量: 1,040kg + 2名乗車: 110kg + 重量負荷: 55kg)

【使用条件変更 ; 抵抗の変更】

抵抗等 ; タイヤの空気圧を 50kpa低減(160kpa)

【使用条件変更 ; 測定環境の変更】

コールドスタートによる測定

表.4 使用条件変更別総排出量

	走行距離 (km)	運転時間 (sec)	排出量 (g/km)				計算燃費 (km/L)
			CO	HC	NOx	CO2	
標準ドライブモード (3回測定の平均値)	9.850	1026.0	1.287	0.032	0.026	154.6	15.17
重量負荷(+55kg)	9.850	1026.2	1.479	0.034	0.037	158.9	14.74
タイヤ空気圧(-50kpa)	9.846	1026.3	1.201	0.024	0.036	154.4	15.20
コールドスタート	9.849	1026.2	3.508	0.209	0.125	169.7	13.52

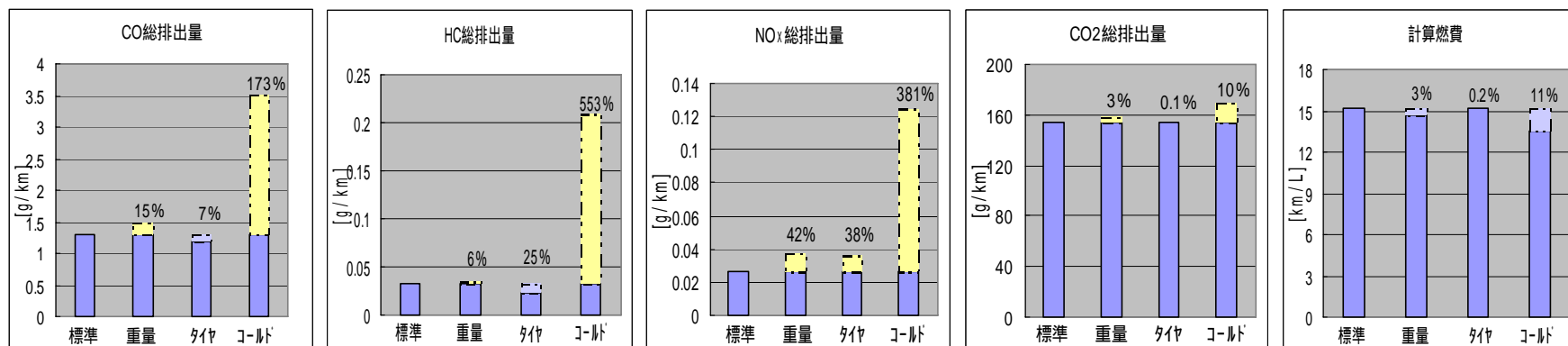


図.9 条件変更別排出量低減割合

測定結果について

条件変更 の測定値を標準モードの測定値と比較すると、計算燃費が3%悪化し、排出量はCOが15%、HCが6%、NOxが42%増加した。

条件変更 の測定値を標準モードの測定値と比較すると、計算燃費が0.2%向上し、排出量はCOが7%、HCが25%減少したが、NOxは38%増加した。

条件変更 の測定値を標準モードの測定値と比較すると、計算燃費が11%悪化し、排出量はCOが173%、HCが553%、NOxが381%と大幅に増加した。

(5) 自動車の使用方法(重量、抵抗の変化、コールドスタート)による市街地走行、郊外走行、高速走行の区間毎の排出量

(4) で得られた測定結果について、走行パターン(市街地、郊外、高速走行)毎の特徴を把握するため、それぞれに区分した排出量等を比較した。

表.5 使用条件変更別走行パターン毎の排出量

	市街地走行(g/km)					郊外走行(g/km)					高速走行(g/km)				
	CO	HC	NOx	CO2	計算燃費	CO	HC	NOx	CO2	計算燃費	CO	HC	NOx	CO2	計算燃費
標準ドライブモード (3回測定の平均値)	2.104	0.063	0.059	229.3	10.21	0.916	0.028	0.028	163.5	14.40	1.214	0.021	0.014	127.5	18.36
重量負荷(+55kg)	2.287	0.052	0.078	235.2	9.95	0.743	0.027	0.026	168.1	14.04	1.586	0.024	0.027	131.0	17.80
タイヤの空気圧(-50kpa)	1.906	0.040	0.090	231.4	10.14	0.852	0.016	0.026	164.7	14.31	1.184	0.020	0.021	127.4	18.38
コールドスタート	10.218	0.978	0.611	289.3	7.71	1.740	0.036	0.076	174.6	13.40	1.986	0.034	0.040	130.0	17.84

測定結果について

(1) 使用条件変更 について

使用条件変更前と比較すると、計算燃費は全ての走行パターンで3%悪化した。

排出量は、COが郊外走行パターンで19%減少したが、市街地、高速走行パターンで各々9、31%増加した。

HCは市街地、郊外走行パターンで各々17、4%減少したが、高速走行パターンでは14%増加した。

NOxは郊外走行パターンでは7%減少したが、市街地、高速走行パターンでは各々32、93%増加した。

(2) 使用条件変更 について

使用条件変更前と比較すると、計算燃費は郊外走行パターンでは1%向上したが、市街地、高速走行パターンでは各々1、0.1%悪化した。

排出量は、COが全ての走行パターンで各々9、7、2%減少し、HCも全ての走行パターンで各々37、43、5%減少した。

NOxは郊外走行パターンでは7%減少したが、市街地、高速走行パターンでは各々53、50%増加した。

(3) 使用条件変更 について

使用条件変更前と比較すると計算燃費は全ての走行パターンで各々24、7、3%悪化した。

排出量は、COが全ての走行パターンで各々386、90、64%増加し、HCも全ての走行パターンで各々1452、29、62%増加し、NOxも全ての走行パターンで各々936、171、186%増加した。

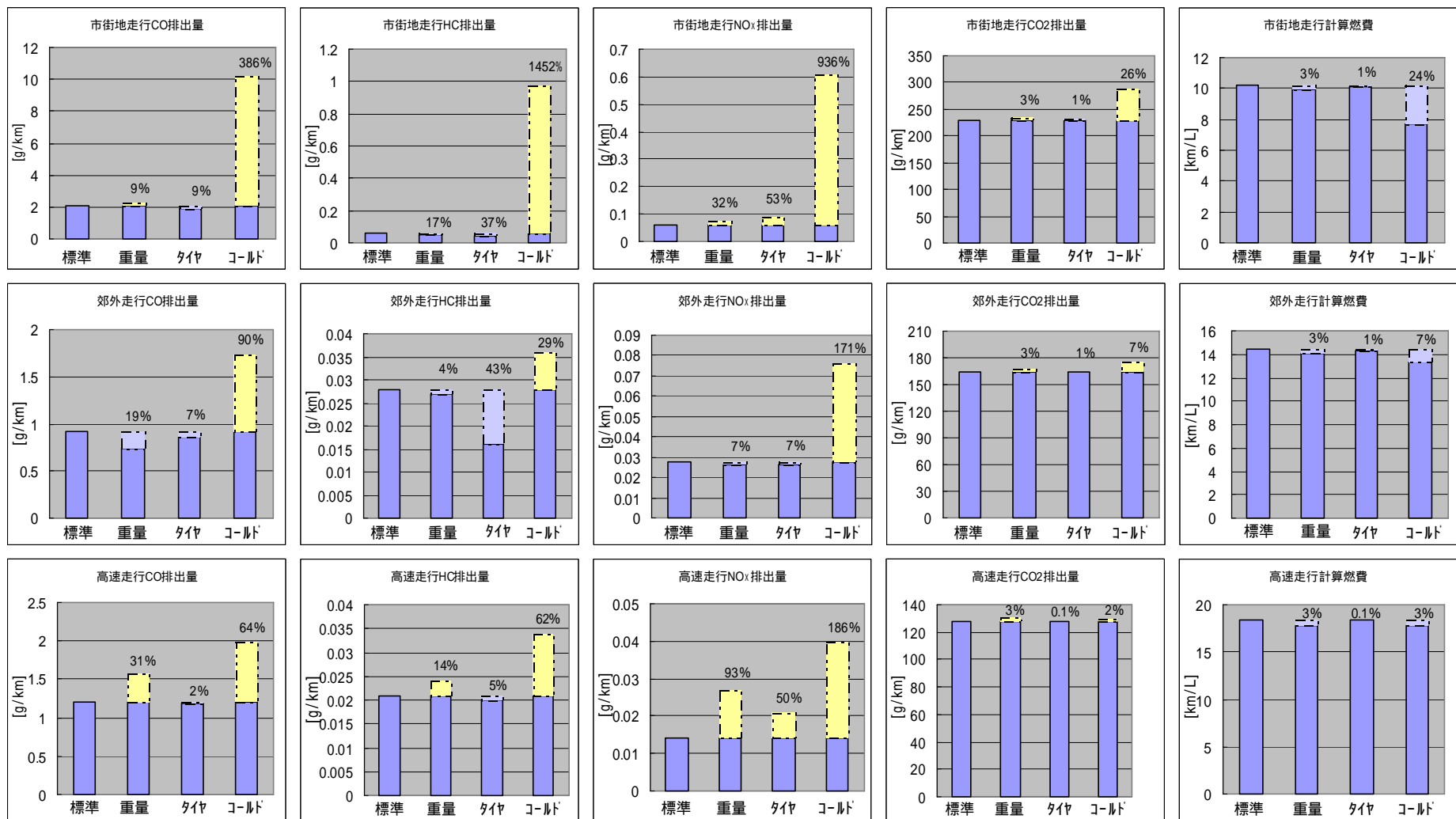


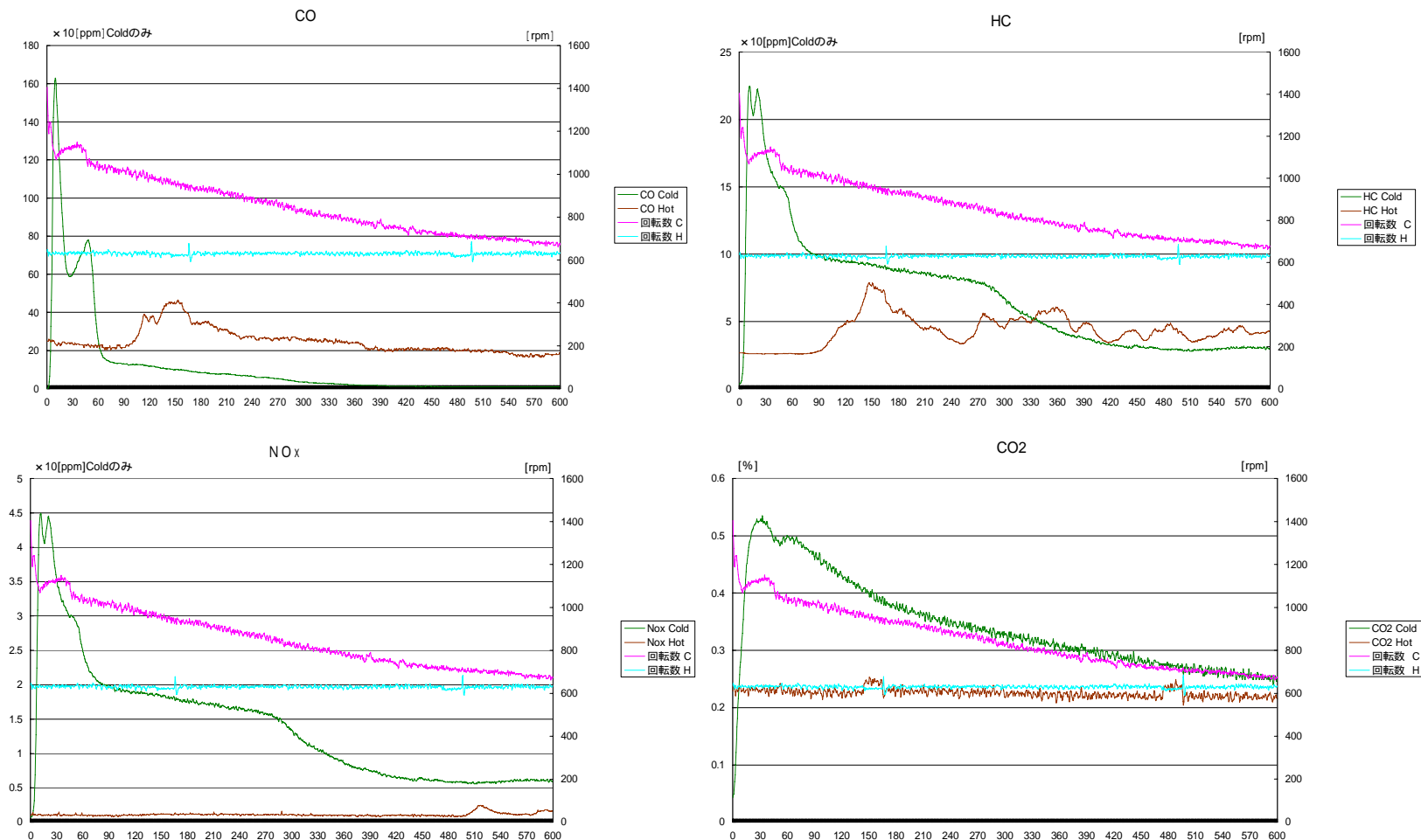
図.10 使用条件変更別走行パターン毎の排出量低減割合

(6) アイドリング時の排出量

アイドリングストップの有効性及び暖機運転時の排出量を検証するため、車両をコールド及びホット状態におき、各10分間のアイドリング時の排出量等を測定した。

表.6 アイドリング時の排出量

	運転時間 (sec)	排出量 (g/test)			
		CO	HC	NO _x	CO ₂
コールドスタート	600.0	8.280	2.184	0.22	333.9
ホットスタート	600.0	0.030	0.010	0.002	209.4



測定結果について

図.11 車両の状態別排出濃度の推移

ホットスタートでは、回転数が約600rpmで安定して推移したが、コールドスタートでは10分間で回転数が約1200rpmから600rpmに徐々に下がり、コールドスタート時の排出量は、ホットスタート時と比較してCOが約276倍、HCが約218倍、NO_xが約110倍、CO₂が約1.6倍であった。

(7) 走行動態毎の排出量

急発進、急加速及び急減速の走行動態を組合せた走行動態検証モードと、エコモード(1)における同じ走行動態の区間の排出量を測定し比較した。

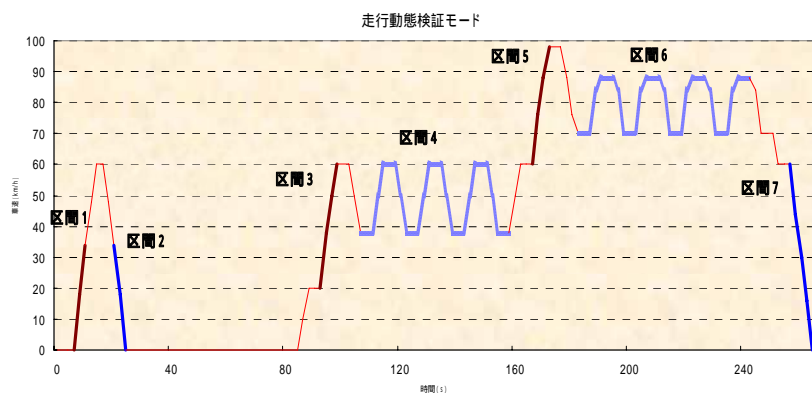


図.12 走行動態検証モードにおける指定区間

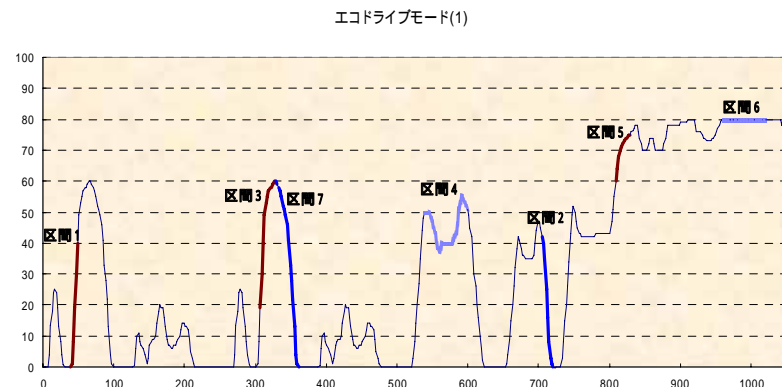


図.13 エコモード(1)モードにおける指定区間

表.7 モード別指定区間毎の排出量

	区間1 (急発進: 0 40km/h)				区間2 (急減速: 40 0km/h)				区間3 (急加速: 20 60km/h)			
	CO	HC	NOx	CO2	CO	HC	NOx	CO2	CO	HC	NOx	CO2
走行動態検証モード	2.777	0.137	0.032	508.4	8.979	0.414	0.240	280.5	13.625	0.221	0.239	507.8
エコドライブモード(1)	1.070	0.076	0.119	470.6	0.000	0.002	0.000	77.3	1.392	0.065	0.124	280.7

単位:g/km

	区間4 (波状運転: 38 60 38...km/h)				区間5 (急加速: 60 98km/h)				区間6 (波状運転: 70 88 70...km/h)				区間7 (急減速: 60 0km/h)			
	CO	HC	NOx	CO2	CO	HC	NOx	CO2	CO	HC	NOx	CO2	CO	HC	NOx	CO2
走行動態検証モード	13.504	0.111	0.093	232.1	----	1.422	0.641	386.6	----	0.586	0.171	188.8	0.771	0.081	0.010	70.9
エコドライブモード(1)	0.343	0.013	0.016	108.6	0.584	0.025	0.031	207.3	0.481	0.010	0.003	116.5	0.048	0.004	0.002	71.5

単位:g/km

数値の----は、測定限界値を超えたことを示す

測定結果について

走行状態検証モードの測定値をエコモード(1)と比較すると、COが急発進では2.6倍、急加速では9.8倍、波状運転では3.9倍、急減速では1.6倍以上増加した。HCが急発進では1.8倍、急加速では3.4~5.6倍、波状運転では8.5~5.9倍、急減速では2.0~2.07倍に増加した。NOxは急加速では1.9~2.1倍、波状運転では5.8~5.9倍、急減速では5倍以上増加したが、急発進では13.7に減少した。また、CO₂は区間7ではほとんど変わらなかったが、他区間では1.1~3.6倍に増加した。

4 測定結果に対する考察

(1) 標準モードとエコモードとの排出量比較

ア 総排出量及び走行パターン毎

総排出量について、エコモードでは、標準モードに比較し、計算燃費が8～14%向上した。

CO₂及びHCも減少したが、NO_xについては、停止時にアイドリングストップをしたエコモード(1)で31%悪化し、アイドリングストップをしないエコモード(2)では19%の低減効果が見られた。

走行パターン毎に区分すると、エコモードの計算燃費は、市街地，郊外，高速パターン全てで向上しており、発進行為の多い市街地が10～27%向上と最も高いことから、発進時の「アクセルをゆっくり踏む」などの対策が排出量低減に有効であることがわかった。

CO₂及びHCも、市街地，郊外，高速パターン全てで低減効果が見られた。しかし、NO_xについては、停止区間のない高速走行パターンでは、エコモード(1)、(2)のいずれも低減したが、市街地，郊外走行パターンにおいて、アイドリングストップした場合に60%以上の増加が見られた。

《アイドリングストップとNO_x排出量について》

エコモード(1)の時間軸における排出状況(図.7を参照)では、アイドリングストップからエンジン始動時に高い値を示したが、エコモード(2)では、その排出状況が改善された(図.8を参照)。

なお、アイドリングストップが三元触媒へ及ぼす影響や、搭載しているエンジンECU(エンジンコントロールユニット)の影響なども考慮されるため、アイドリングストップとNO_x排出量との関連性については、異なる車両や、条件設定なども含め、今後も検証が必要であると思われる。

イ 指定する区間の排出量

加速時におけるNO_xについて、エコモード(1)では、低減効果が見られなかった。

さらに、区間5、区間6、区間7では、エコモード(1)に比較して、エコモード(2)の排出量が50%以上も低減しており、前述したアイドリングストップ後の発進時に排出量が多くなる傾向が見られた。

減速時におけるNO_x排出量について、エコモード(1)では、車速50km/h前後からの減速では、70%以上の高い低減効果が見られるが、低い車速(30km/h未満)からの減速では低減効果が見られなかった。

また、CO₂及びHCについては、加速，減速時ともに概ね低減効果が見られた。CO₂については、減速時には概ね低減効果が見られたが加速時に悪化しているケースが多い。各モードにおける排出濃度の推移(図.5及び図.7並びに図.8を参照)から、減速時の「早めのアクセルOFF」などの対策は、CO₂の低減に寄与していると思われる。

(2) 使用条件の変更による排出量比較

3種の使用条件変更のうち、重量負荷とコールドスタートにおいて、使用条件変更前に比較して総排出量で全ての排出量が悪化しており、走行パターン毎に見ても市街地、高速走行で同様の傾向があった。また、タイヤの空気圧を減じた走行では、NOxを悪化させる傾向が見られた。

ア 重量負荷 (+ 55 kg)

総排出量について、計算燃費はやや悪化し排出量の割合も全て悪化した。CO、HCの増加割合に比べNOxの増加の割合が42%と高かった。

走行パターン毎に区分すると、高速走行パターンでは重量負荷の影響が大きく、NOxの増加割合が最も高かった。

イ タイヤの空気圧 (- 50 kPa)

総排出量について、計算燃費はほとんど変わらず排出量のCO、HCが低減したが、NOxが38%も増加した。走行パターン毎に区分すると、市街地、高速走行パターンでのNOxの増加割合が大きかった。

ウ コールドスタート

総排出量について、計算燃費及び排出量の全てが条件変更前に比較して悪化した。

走行パターン毎に区分すると、全てのパターンでCO、HC、NOxの増加割合が大きかった(図.10を参照)。

《コールドスタートと暖機運転の必要性について》

図.10において、市街地走行(500秒間)よりも郊外走行(500秒超~762秒)における排出量の増加割合がかなりの割合で低下していることから、市街地走行の500秒間において暖機状態となっていることが窺える。

また、図.11で示す停止状態でのアイドリング時の排出量比較では、コールド状態でのエンジン始動時から1分経過までの排出量が非常に多く、エンジンの回転数が安定するまでに480秒~600秒程度を要することがわかった。

総走行時間が10数分程度の今回の測定においては、エンジンが冷えた状態での自動車の短時間使用は環境負荷を与える結果を示したが、時間の経過とともにエンジン回転数及び排出量が安定していく様子の違い(走行時・停止時)や、暖機状態になるまでの排出量も考慮すると、適切な暖機運転の指標を示すことは難しく、また、大気汚染対策としては暖機運転が必要だという結論には至らない。