

論文

アイドリング時エンジン停止のNO_x低減効果

横田久司 福岡三郎 竹永裕二
梅原秀夫 清宮隆治
(現環境管理部)

要 旨

ディーゼル車は、平均車速10km/h以下程度の低速走行時では、一定距離を走る間に排出するNO_xの排出量が急増する。これは、低速走行時には、アイドリング排出量の寄与が大きいためである。このことに着目し、「一定時間以上のアイドリング時にはエンジンを停止させる」という条件を設定し、NO_x等の低減効果について検討した。

ディーゼル車8台の調査の結果、平均車速8.1km/hの実走行パターンNo.2では、アイドリング時にエンジンを停止することにより、NO_xは18%、燃費は16%が低減できることを確認した。さらに、この方式が、都内全てのディーゼル車に適用された場合のNO_x削減量は、年間1,520トンと推定され、自動車から排出される年間総排出量52,200トンの2.9%に相当し、大きな効果があることが明らかになった。

1 はじめに

著者らは、車載計測システムを用いて幹線道路や交差点周辺走行調査¹⁾を行い、渋滞時や交差点周辺走行時におけるアイドリング(以下、「ID」という。)時のNO_x排出寄与率の大きいことを指摘した。特に、交差点周辺走行時には信号の赤時間による停止が強制的にあり、渋滞と重なった場合には、ID時の排出量が交差点前後300mの走行において排出されるNO_xの35%前後に達するケースも出現した。

これは、走行中の運転モード(ID、加速、定速、減速)のうち、平均車速の低速側ではIDの時間比率が大きくなることと、ディーゼル車は、ID時に100~180ppm程度のNO_xが排出ガス中に存在するため、相対的にIDの排出寄与率が大きくなるのが原因である。自動車の機能を「物を移動する」、「人を運ぶ」という面だけでみた場合、停止中は「外的には、仕事をしていない」無駄な時間である。交通工学の分野では、「交差点のサービス水準の低下」を交差点通過車両の1台当りの平均遅れ時間で定義²⁾している。また、環境面からみた場合には排出ガスばかりでなく、騒音、振動等の問題を引き起こしている。

ここでは、「一定時間以上のID時にはエンジンを停止させる」という条件を設定して、NO_x等の排出ガス、燃費等の測定を行い、この方式のNO_x低減対策として

の有効性を検討した。

2 実 験

(1) 実験条件

大型シャシーダイナモメータ(以下、「C/D」という。)上で車両を東京都実走行パターンNo.2、No.5、No.8に従い運転した場合、及び(2)に述べる条件に従いエンジンを停止した場合について、排出ガス、燃費等を計測し、双方の比較から低減効果を求めた。

また、ID時の排出ガスの安定化を図るため、車両の試験前に暖機運転を十分に行った。

(2) エンジン停止の条件

ID時のエンジン停止の条件は、都内幹線道路走行調査³⁾結果から、平均的な停止時間である25秒以上の場合にエンジンを停止することにした(表1参照)。また、運転者がエンジンの起動、停止を判断する時間として、前後各5秒間を想定した。すなわち、停車5秒後にエンジンを停止し、発車5秒前にエンジンを起動することとした。東京都実走行パターンNo.2、No.5、No.8のそれぞれのエンジン停止位置は図1に示すとおりである。

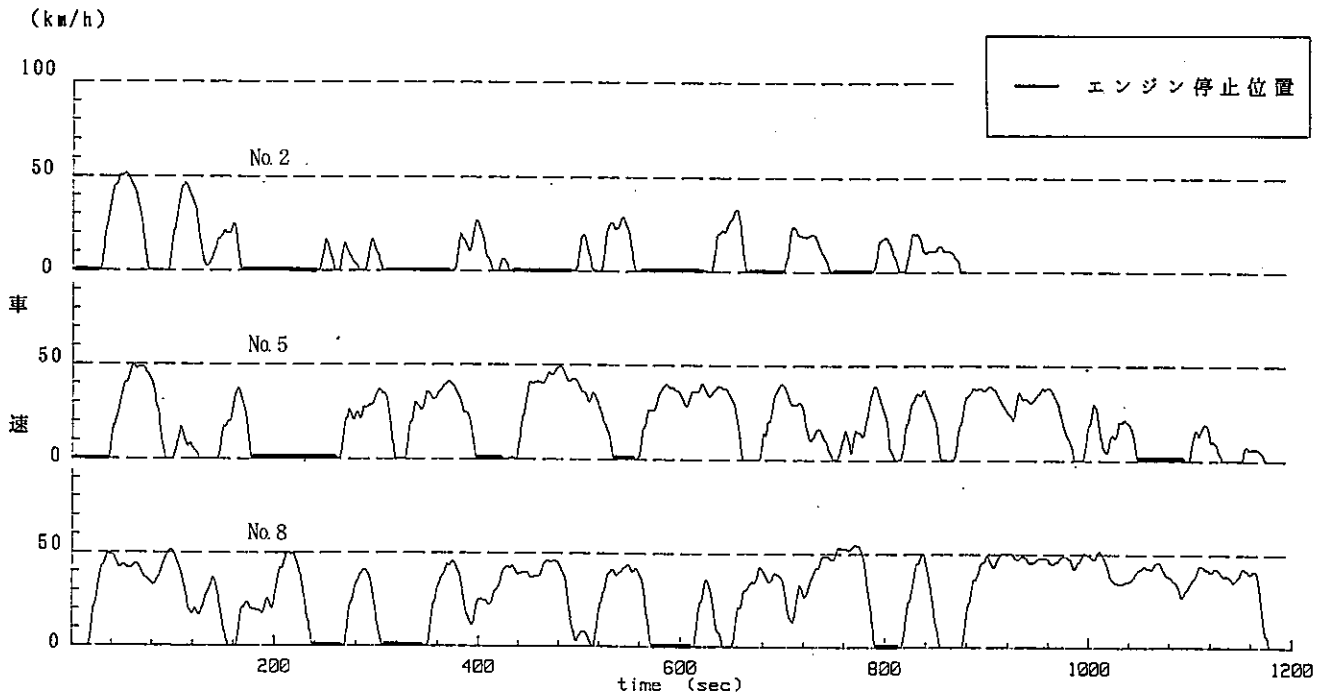


図1 東京都実走行パターンNo.2、5、8とエンジン停止位置

表1 エンジン停止時の条件

1	停止時間が、25秒以上あること。
2	自動車が停止後、5秒後にエンジンを停止する。
3	発進の5秒前にエンジンを起動する。

この条件を設定した場合のエンジン停止時間及び頻度は表2に示すとおりである。

実走行パターンNo.2では、試験時間873秒中、停車時間は520秒(60%)で、エンジン停止時間は330秒、エンジン停止頻度は1 km当たり3.6回となった。パターンNo.5及びパターンNo.8では、それぞれ停車時間は35%、21%であり、エンジン停止の頻度は1 km当たり0.8回、0.4回である。

表2 走行パターンとアイドリング時エンジン条件

実走行パターン	条件	旅行速度(km/h)	走行時間(sec)	アイドリング時間		DN/OFFの頻度(回/km)
				エンジンON(sec)	エンジンOFF(sec)	
NO.02	原パターン	8.1	873	520	0	0.0
	DFFAパターン			190	330	3.6
NO.05	原パターン	18.2	1173	408	0	0.0
	DFFAパターン			226	182	0.8
NO.08	原パターン	28.8	1175	243	0	0.0
	DFFAパターン			140	103	0.4

(3) 測定車両

測定した8台の車両の主要諸元を表3に示した。車両番号1の実験用大型バスの副室式ディーゼルエンジンを

除いて、他の7台はいずれも直接噴射式ディーゼルエンジンを搭載している。

表3 測定車両の主要諸元

車両	エンジン型式	車両重量(kg)	排気量(cc)	最大積載量(kg)	備考
1	副室式	8,800	10,300	(7人)	実験用大型バス
2	直接噴射式	2,470	3,455	2,000	バン型トラック
3	直接噴射式	2,720	3,560	2,000	バン型トラック
4	直接噴射式	4,420	6,014	3,250	バン型トラック
5	直接噴射式	5,120	6,920	2,750	バン型トラック
6	直接噴射式	4,610	6,920	7,000	バン型トラック
7	直接噴射式	12,950	16,683	(55人)	大型観光バス
8	直接噴射式	10,800	17,238	9,000	バン型トラック

3 結果及び考察

(1) 排出ガス等に対する効果

ア 排出ガス

車両別のNO_x低減効果を表4に、他の排出ガス及び粒子状物質(以下、「PM」という。)、燃費については全車両の平均的な影響を表5に示した。また、エンジンON、OFFによる排出ガス濃度の変化の比較を図2に示した。

その結果、NO_xは渋滞時の走行パターンNo.2では、12.6~25.1%のNO_xが低減し、平均車速が大きくなるにつれ低減効果は小さくなった。また、THCはNo.2では34.8%の低減効果があった。COは車両による変動が

大きく低減効果は小さかった。また、エンジンを再起動する際の排出ガスの増加は小さく、無視できる程度であった。

表4 車両NOx低減効果 (単位：%)

車種		1	2	3	4	5	6	7	8	μ	σ
実走行パターン	NO.02	21.0	21.7	25.1	14.8	21.7	12.9	12.6	12.6	17.8	4.8
	NO.05	7.5	8.8	11.2	2.1	8.4	5.7	5.1	1.7	6.3	3.1
	NO.08	4.0	1.8	3.8	0.9	4.3	0.9	0.2	-1.7	1.8	2.0

表5 CO、THC、PM及び燃費の変化 (単位：%)

項目	CO		THC		PM		燃費		
	μ	σ	μ	σ	μ	σ	μ	σ	
実走行パターン	NO.02	4.3	18.1	34.8	4.3	-5.1	27.8	16.1	4.4
	NO.05	3.3	7.2	8.7	9.4	-13.9	21.0	4.7	1.9
	NO.08	-5.9	9.3	-6.0	7.5	-12.7	13.0	0.0	2.0

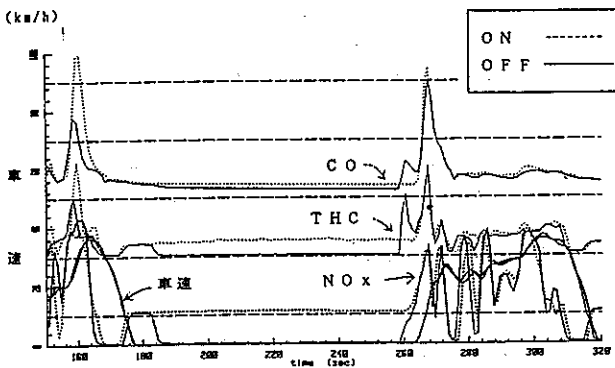


図2 エンジンON、OFFによる排出ガス濃度の変化例

イ PM

PMについては、排出量が増加した。これは、エンジンを再起動する際の粒子状物質の発生が原因と考えられるが、車両による差異が大きいため、測定方法の問題も含めて今後更に検討する必要がある。

ウ 燃費

燃費は、NOxと同様の傾向にあり、No.2では、16.1%の低減効果があった。

(2) 削減効果の試算

この方式が実施された場合の都内の自動車から排出されるNOxの削減量の推定を行った。

ア 前提条件

本方式の適用可能な車種は、ディーゼル貨物車及びディーゼルバスとし、平成2年度の排出量を⁹⁾をベースとして推定を行うこととした。

イ 試算方法

(ア) 簡略法によるNOx排出量推定の妥当性の検証

東京都全体における各車種毎の排出量は、次式によって求めた。

$$Q_n = D_n \cdot \sum (X_i \cdot EFi) \dots\dots\dots ②$$

ただし、

Q_n : 車種毎の排出量 (トン/年)

n は、各車種を示す。

D_n : 各車種別走行量 (万台km/年)

X_i : 都内の平均車速分布

i は 5 km/h毎の各平均車速

EFi : 各車種の平均排出係数 (g/km)

ここで、各車種別走行量を表6、都内平均車速分布を図3、各車種の年度平均排出係数を表7に示した。式による車種毎のNOx排出量計算結果を表8に示した。平成2年度の結果(表9参照)と表8の相関関係を調べたところ次の良好な関係が得られた。

$$\text{回帰式 } Y = 1.08X - 363 \dots\dots\dots ②$$

相関係数 0.99

ただし、 Y : 簡略法による排出量試算結果

X : 表9の車種別排出量

したがって、この簡略法を排出量のおおまかな推定に用いることが有用であると考えられる。

表6 車種別走行量(万台km/年) (平成2年度)

バス	29,510
小型貨物	456,850
普通貨物車	370,980
特種	65,330

表7 年度平均排出係数(g/km) (平成2年度)

旅行速度 (km/h)	バス	小型貨物	普通貨物車	特種
5	10.411	2.345	7.245	5.933
10	8.874	1.946	6.152	4.995
15	7.597	1.620	5.246	4.219
20	6.581	1.367	4.526	3.603
25	5.826	1.186	3.992	3.149
30	5.331	1.078	3.645	2.856
35	5.098	1.042	3.483	2.724
40	5.125	1.079	3.508	2.753
45	5.413	1.189	3.719	2.943

表8 車種毎のNOx排出量試算結果

車種	排出量 (トン / 年)
バス	1, 9 2 0
小型貨物	6, 2 5 0
普通貨物	1 6, 5 8 0
特種	2, 3 3 0

表9 NOx車種別排出量(トン/年)
(平成2年度)

バス	1,800
小型貨物	7,100
普通貨物車	15,300
特種	2,200
合計	52,200

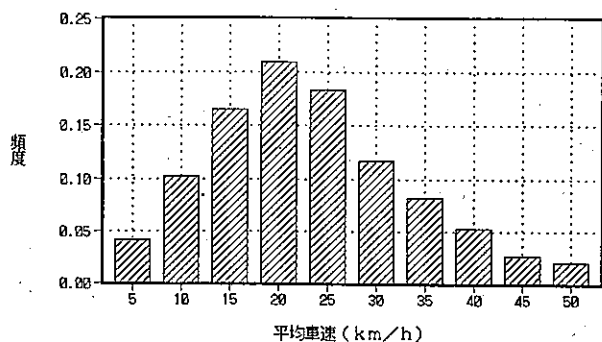


図3 平均車速分布

(i) NOx低減効果の設定

表4の結果から、この方式によるNOx低減効果を平均車速毎に表10のように設定した。ただし、小型貨物に

表10 設定NOx低減効果

平均車速区分 (km/h)	低減効果 (%)
5	20
10	13
15	9
20	5
25	0
30	0
35	0
40	0
45	0

については、ディーゼル車の車種構成比を考慮して計算した。

(ウ) 削減効果の計算

各車種について、それぞれ次式により削減量を求めた。

$$Q_n = D_n \cdot \sum \{ X_i \cdot E_{Fi} (ID_{\eta}/100) \} \dots\dots\dots \textcircled{3}$$

ただし、ID η は表10に示した低減効果

ウ 計算結果

式による各車種別の削減量及び平成2年度排出量に対する削減効果を表11に示した。

本方式による削減量は1,520トンに達し、自動車から排出されるNOxの都内総排出量52,200トンの2.9%に相当する。これは、東京都の環境管理計画において定めた12年度目標を達成するための必要な削減量⁶⁾のうち、低公害車の普及拡大による1,700トンにほぼ匹敵する削減量である。

表11 削減効果試算結果

車種	削減量 (トン / 年)	効果 (%)
バス	1 1 0	6. 1
小型貨物	2 8 0	3. 9
普通貨物	9 9 0	6. 5
特種	1 4 0	6. 4
合計	1, 5 2 0	2. 9

4 まとめ

(1) ディーゼル車のID時にエンジンを停止した場合のNOx等の低減効果について検討した。その結果、渋滞時を代表するNo.2 (平均車速8.1km/h) の低速走行パターンで、ID時にエンジンを停止することにより、8台の平均では、18%のNOxが低減できる。また、THCもNo.2では、35%と大きな低減効果がある。燃費についても、No.2では16%の大きな効果がある。

本方式が、都内全てのディーゼル車に適用された場合のNOx削減量は、年間1,520トンであり、自動車から排出される年間総排出量52,200トンの2.9%に相当する等のことが明らかになった。

停車時にエンジンを止める方法は、一部のバス会社において、燃料節約の目的で試みられていた⁷⁾ものであるが、大気汚染改善の面からみても効果の高いこと、特に渋滞時のNOx低減に有効であることを確認した。

(2) 今後、一般道路において実際に運用されるためには、次の点が解決されると、本方式の実用化が促進されることになるであろう。

① エンジン自動発進停止装置の開発

本方式では、運転者のエンジン停止、起動の操作が頻繁になるので、エンジンON、OFFの自動化が必要である。また、この装置の開発により、エンジン停止時間がより長くなり、より効果が大きくなるといえる。

② スタータ等の部品の耐久性の向上

使用頻度が増大するので、スタータの耐久性、バッテリーの性能等の向上が要求される。

エンジン自動発進停止装置については、一部自動車メーカーでは開発された例⁹⁾もあるが、普及しなかった。今後は、本研究の成果を取り入れた形の自動発進停止装置の実用化に取り組んで行きたい。

(3) 現状で運用することも、一部の運転状態においては可能であると考えられる。例えば、起終点での待機におけるエンジン停止の場合である。

本方式は、自動車の使用者側で行うことのできる大気汚染対策の一つとして推進する価値のあるものと考えられ、早急な実施が望まれる。

なお、本研究の一部は、第33回大気汚染学会(平成4年)において発表⁹⁾し、また平成4年11月25日にその内容についてプレス発表¹⁰⁾を行っている。

参考文献

1) 横田ら：車載計測システムによるディーゼル・トラ

ックからのNO_x排出特性の把握(幹線道路走行時)、大気汚染学会誌、24、4(1989)。

- 2) 横田ら：車載計測システムによるディーゼルトラックからのNO_x排出実態(交差点走行時)、東京都環境科学研究所年報1991(1991)
- 3) 横田ら：幹線道路における信号密度とNO_x排出量、東京都環境科学研究所年報1992(1992)
- 4) (社)交通工学研究会：1985道路の交通容量HIGHWAY CAPACITY MANUAL、コロナ社。
- 5) 東京都環境保全局：都内自動車交通量及び自動車排出ガス量算出調査報告書(概要版)、平成4年3月(1992)。
- 6) 東京都窒素酸化物対策検討会：窒素酸化物対策の目標を達成するために、平成5年4月(1993)。
- 7) (株)西日本鉄道整備事業部：燃料節約ニュース(社内報)。
- 8) 佐々木ら：路線バス用アイドリングストップスタートシステム、自動車技術、41、5(1987)。
- 9) 横田ら：アイドリング時エンジン停止の試み、第33回大気汚染学会講演要旨集、(社)大気汚染研究協会、平成4年(1992)。
- 10) 東京都環境保全局：アイドリング時のエンジン停止による排出ガス低減効果について、平成4年11月25日(1992)。

Effective NO_x emission reduction through turned off engines instead of idling

Hisashi Yokota, Saburo Fukuoka, Yuji Takenaga
Hideo Umecara, Takaharu Kiyomaya

In this paper, we describe a method which is effective for NO_x emission reduction.

The method is following, if diesel vehicles stopped for more than 25 seconds, then these engines is turned off instead of idling.

The test was conducted on 8 diesel vehicles, which GVW were within 3 to 20 tons.

As a result, on the average of test vehicles, it was found that NO_x emissions were reduced by 18% and fuel consumption were improved by 16% when those vehicles ran at an average speed of 8.1km/hr.

And further, if this method is applied for all diesel vehicles in Tokyo, reducing amounts of NO_x from those

vehicles by this method is estimated at 1,520 ton by year, which is equal to 2.9% of all amounts NO_x from all vehicles in Tokyo.

Then, this method is considered effective in reducing NO_x emissions from diesel vehicles in the Tokyo Metropolitan Region, where road traffic congestion is often severe.