

日、美歐洲諸國之柴油汽車排放空氣 污染物管制法規及測試法概要

黃 靖 雄*

一、日本

1. 概述

日本對柴油汽車排放空氣污染物管制法規以下列階段逐漸強化規制（註1）。

2. 新車規制

- ①柴油汽車排放黑煙規制，昭和47年7月（1972.7）起開始實施。
- ②柴油汽車排放空氣污染物規制，昭和49年9月（1974.9）起開始實施（49年規制）。
- ③昭和52年8月（1977.8）起柴油汽車的 NO_x 排出量約15%降低的強化法規開始實施。（52年度規制）。
- ④昭和54年4月（1979.4）起柴油汽車的 NO_x 排出量約11~17%降低的強化法規開始實施。（54年度規制）。
- ⑤昭和57年1月（1982.1）起副室式(IDI)柴油乘用車的 NO_x 排出量13%降低，昭和57年10月（1982.10）起副室式(IDI)柴油貨車及客車的 NO_x 排放量13%降低的強化法規開始實施。（57年規制）。
- ⑥昭和58年8月起（1983.8），直接噴射(D.I)柴油車的 NO_x 排出量13%降低的強化法規開始實施。（58年規制）。
- ⑦昭和61年10月（1986.10）起，手動變速之柴油乘用車由濃度規制改為重量規制， NO_x 及 CO 的排出量降低約30%，HC 的排出量降低約50%的強化法規開始實施。（61年規制）。
- ⑧昭和62年10月（1987.10）起，自動變速之柴油乘用車由濃度規制改為重量規制， NO_x 及 CO 的排出量降低約30%，HC 的排出量降低約50%的強化法規開始實施。（62年規制）。
- ⑨昭和63年12月（1988.12）起，直接噴射(D.I)總重2.5噸以下之小型柴油貨車及客車；64年10月（1989.10）起，直接噴射(D.I)總重2.5噸以上之中型柴油貨車及客車；65年10月（1990.10）起，直接噴射(D.I)總重8噸以上之柴油曳引車、吊車等的 NO_x 強化法規開始實施。（63年規制、64年規制、65年規制）。

現將日本柴油汽車排放空氣污染物管制法規之演進整理如表1（註1）

* 廣島大學工學部研究員

（註1）日本自動車整備振興會連合會編，運輸省地域交通局監修：「自動車整備圖係法令と解説」63年度版（1988）

表 1 日本柴油汽車排放空氣污染物管制法規之演進 (新車規制) (註 1)

汽 車 類 別	測試基準	排 放 成 分	1974 49年	1977 52年	1979 54年	1982 57年	1983 58年	1986 61年	1987 62年	1988 63年	1989 64年	1990 65年
乘 用 車	(49年～)	CO	↓					2.70 (2.10)	←			
	6 (ppm)	HC		↓	↓	↓	↓	0.62 (0.40)	(AT)			
	(61年～)	NO _x (1265kg以下)						0.98 (0.70)				
	10(g/km)	NO _x (1265kg超)						1.26 (0.90)		(註 3)		
貨 機量 GVW≤1.7t	6 (ppm)	CO	↓							2.70 (2.10)		
	(63年～)	HC		↓	↓	↓	↓			0.62 (0.40)		
	10(g/km)	NO _x (IDI)								1.26 (0.90)		
	6 (ppm)	CO										
中 量 1.7<GVW≤ 2.5t	↓	HC		↓	↓	↓	↓					
		NO _x (DI)								500 (380)		
		NO _x (IDI)								350 (260)		
		CO		980 (790)								
重 量 2.5t<GVW	6 (ppm)	HC	←	←	←	←	←		←	(註 4)	(註 5)	(註 6)
		NO _x (DI)		1000 (770)	850 (650)	700 (540)		610 (470)		520 (400)	← (3.5t超)	(大型曳引車吊車)
		NO _x (IDI)		590 (450)	500 (380)	450 (340)	390 (290)	←		350 (260)	←	(大型曳引車吊車)

註 1. 柴油汽車之黑煙規制

- 全負荷時 (3段試法)
- 無負荷急加速時全部在50%以下

註 2. () 為平均值

GVW 為車輛總重量

註 3. 適用於柴油乘用車

MT 為 61.10~

AT 為 62.10~

註 4. 適 用

3.5t 以下之 DI 為 63.12.1~

註 5. 適 用

3.5t 超過 DI 及全部 IDI 為 64.10.1~

註 6. 適 用

大型曳引車及吊車用之 DI 及 IDI 為 65.10.1~

日本柴油汽車各階段排放空氣污染物規制減少比率如圖 1 ~ 5 所示。(註 2)

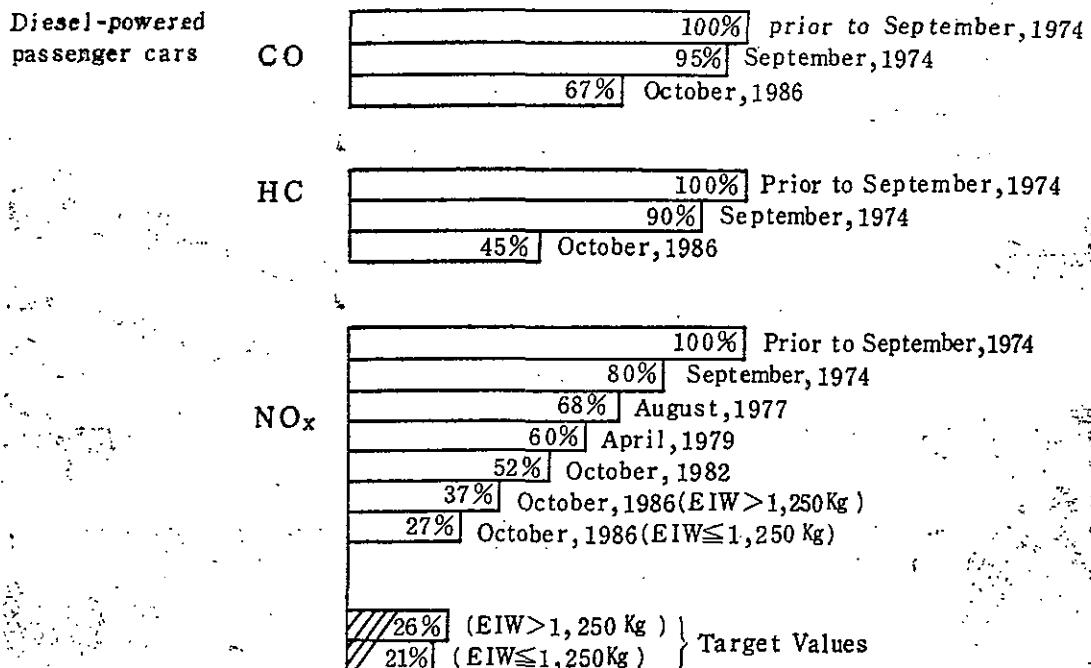


圖 1 日本柴油乘用車各階段排放空氣污染物規制降低比率(註 2)

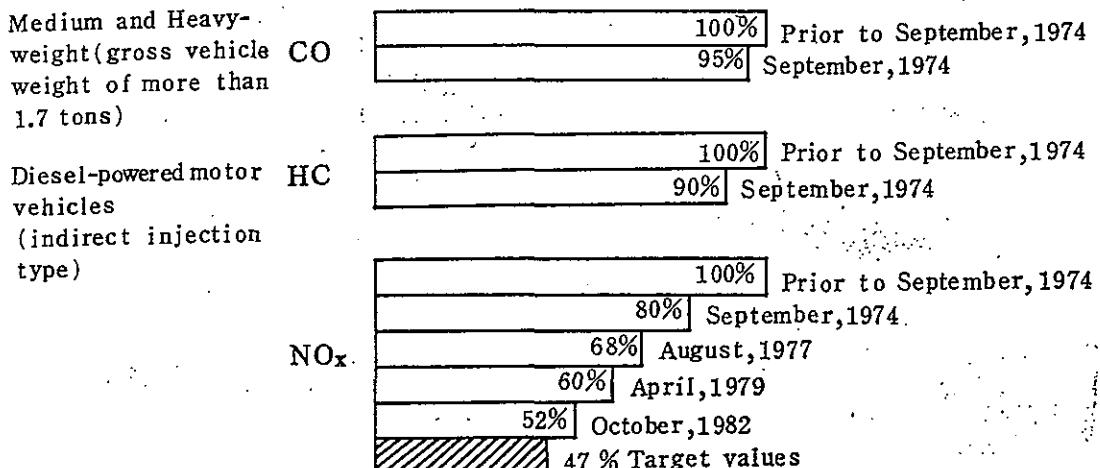


圖 2 日本副室式(I. D. I.) 柴油貨車及客車總重 1.7噸以上各階段排放空氣污染物規制降低比率(註 2)

(註 2) Automotive Pollution Control Division, Air Quality Bureau, Environment Agency, Japan "MOTOR VEHICLE POLLUTION CONTROL IN JAPAN" 2nd Revision (Jan. 1987)

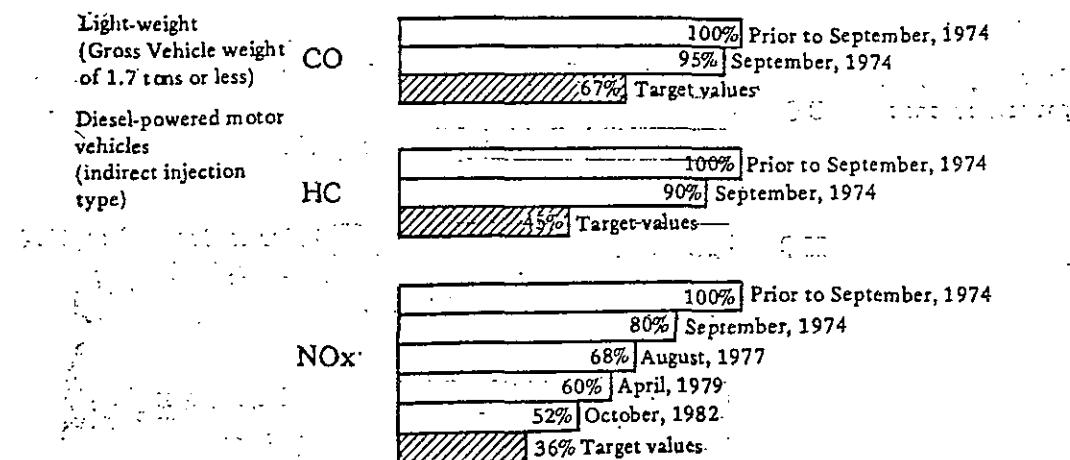


圖 3 日本副室式 (L. D. I.) 柴油小型車 (總重1.7噸以下) 各階段排放空氣污染物規制降低比率 (註 2)

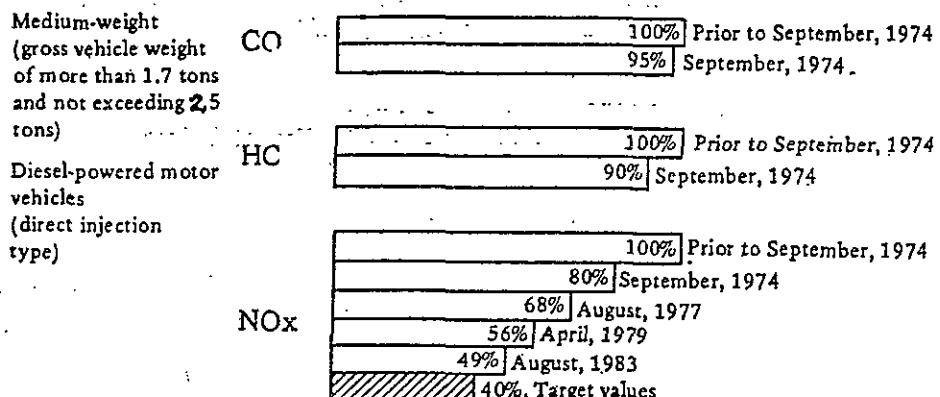


圖 4 日本中型直接噴射 (D. I.) 柴油車 (總重 1.7 噸到 2.5 噸) 各階段排放空氣污染物規制降低比率 (註 2)

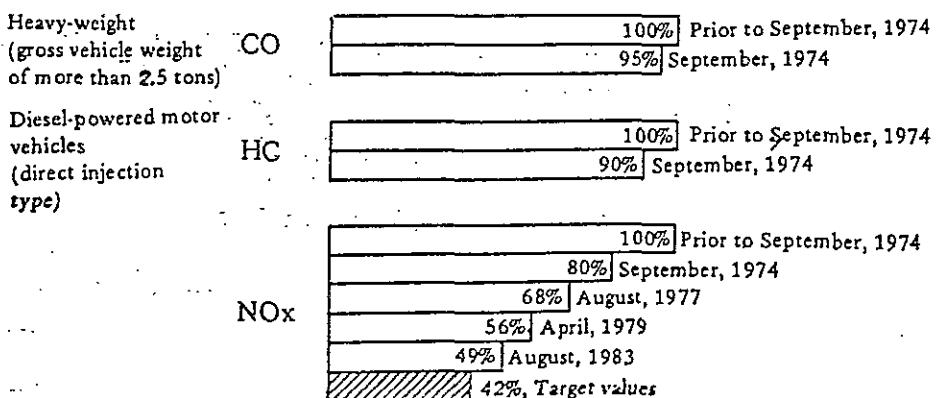


圖 5 日本大型直接噴射 (D. I.) 柴油車 (總重2.5噸以上) 各階段排放空氣污染物規制降低比率 (註 2)

3. 使用過程車規制

使用中之柴油汽車僅檢驗黑煙排放量，自昭和50年1月(1975.1)起開始實施，在無負荷急加速狀態下，排煙污染度為50%以下。

4. 柴油車排放空氣污染物試驗法

柴油汽車之排放空氣污染物試驗方法有下列四種：

- 柴油車用六段試驗法 (Diesel 6 mode Test 以下簡稱 D-6 mode)，用以檢查柴油車排氣中空氣污染物 (O.HC, NO_x) 之濃度試驗法。
- 全負荷時排氣黑煙濃度試驗。
- 無負荷急加速排煙濃度試驗。
- 一般汽車十段試驗法 (柴油乘用車適用)。

(1) 柴油車六段試驗法

D-6 mode 試驗，依引擎轉速及負荷率區分為六個等速運轉階段，以測量柴油車的排氣濃度，再乘以指定之份量係數 (weighting factor) 後合計之。

① 試驗條件

a. 試驗室溫度 25±5°C 引擎吸入空氣亦儘可能保持 25+5°C。

b. 受檢汽車及引擎的要件：

①須與量產車同一規格。

②排氣系不能有洩漏，使排出之瓦斯洩漏。

③汽車在良好調整狀態。

④汽車行駛時必要之引擎附屬裝置，及排氣控制裝置均需安裝。

c. 燃 料

依 JIS K 2204 規定相同之油料，如表 2。

表 2. 日本 D6-mode 柴油車試驗用油料規格 (註 3)

項 目	詳 細 規 格	JIS 規 格
十六烷值	45以上	JIS K 2271
90%留出溫度 [°C]	350以下	JIS K 2254
硫黃成分 [%]	1.20以下	JIS K 2273
引火點 [°C]	50以上	JIS K 2265
動粘度 (30°C) (Centistok)	2.5以上	JIS K 2283

② 馬力試驗機之調整

D-6mode 試驗法，可以整台汽車試驗，亦可以僅測試引擎。因此有使用底盤馬力試驗機 (汽車試驗用) 及引擎馬力試驗 (引擎試驗用) 兩情種形。

④等價慣性質量的設定

使用底盤力試驗機測試時，須依受檢汽車的車輛重量相當之標準設定等價慣性質量，如表 3 所示（註 3）。

表 3. 等價慣性質量（註 3）

試 驗 自 動 車 重 量 [Kg]	等 價 慣 性 質 量 の 標 準 值 [kg]
— 562	500
563~ 687	625
688~ 812	750
813~ 937	875
938~1,125	1,000
1,126~1,375	1,250
1,376~1,625	1,500
1,626~1,875	1,750
1,876~2,125	2,000
2,126~2,375	2,250
2,376~2,625	2,500
2,626~2,875	2,750
2,876~3,250	3,000
以下500kg間隔	以下500kg間隔

⑤馬力試驗機負荷的設定

D-6 mode 試驗時，依各引擎轉速的最大負荷時的驅動輪的驅動力設定。若以引擎馬力試驗機測試時，依各引擎轉速的最大出力時之軸扭力設定。D-6 mode 各階段轉速、負荷、時間及份量係數如表 4 所示。

表 4. 日本 D-6mode 之運轉型態（註 3）

階 段	引 繫 轉 速 (rpm)	引 繫 負 荷 [%]	運 轉 時 間 [分]	份 量 係 數
1	怠速 (Idling)	0		0.355
2	Nmax (最大出力時之轉速) 之40%	100	3	0.071
3	Nmax 之40%	25	3	0.059
4	Nmax 之60%	100	3	0.107
5	Nmax 之60%	25	3	0.122
6	Nmax 之80%	75	3	0.286

(註 3) 八田、淺沼、松木編 内燃機關計測ハンドブック朝倉書店 p. 401 (1979)

式中 H 為絕對濕度，試驗室內的空氣中之水份 [g] 與乾燥空氣 [kg] 的重量比。
D6-mode 測試結果之測試成績記錄表如表 6 所示。

表 6 柴油汽車六段排氣試驗成績記錄表

柴油汽車排氣試驗成績表 (6 mode)												
試驗年月日 天候 試驗場所 試驗者											No.	
<u>車輛等諸元</u>												
車名型式				引擎型式				最高出力	ps/rpm			
車身號碼				行程	缸數	總排氣量			cc			
行駛里程	km			燃燒室形式 (直接噴射式・副室式)								
車輛總重	kg			變速機	手動	自動	前進	段				
試驗汽車重	kg			減速比								
使用燃料 (比重)												
<u>試驗裝置</u>												
引擎馬力試驗器或底盤馬力試驗器名稱、型式												
排出瓦斯分析計的名稱、型式												
<u>排出瓦斯試驗</u>												
試驗開始時刻 時 分 終了時刻 時 分												
大氣壓	mmHg			水 溫				°C				
室內溫度或吸入空氣溫度	°C			油 溫				°C				
濕 度	%											
運轉 mode	引 擎 回 轉 數 (rpm)	負荷率 (%)	A 空氣流量 (g/h)	F 燃料流量 (g/h)	排出濃度測定值 (ppm)			K 補正 係數	Wf 份量 係數	排出濃度(ppm)		
			CO	HC	NO _x	CO	HC			NO _x		
1	怠速							0.355				
2	40%	100						0.071				
3	40%	25						0.059				
4	60%	100						0.107				
5	60%	25						0.122				
6	80%	75						0.286				
NO _x 修正係數 (KH)								平均排出濃度				

(2) 柴油車全負荷排煙試驗（新車規制用三段試驗）

新車之排煙試驗，係使用全負荷試驗法，使引擎在全負荷穩定狀態，以 Robert Bosch type 採氣裝置及反射式煙度計測試排氣黑煙之濃度。採氣裝置有手動式及自動式兩種，使一定量的排氣瓦斯通過濾紙，以濾紙上附着之碳微粒子的黑的程度，或光的反射率來判定排氣煙的濃度。

① 試驗條件：

a. 受檢引擎，已經磨合運轉完成，調整良好之引擎。

b. 燃料：同 D-6 mode 試驗用燃料（表 2）。

C. 試驗環境：周圍溫度 20°C，氣壓 760mm Hg 之標準狀態，若無法符合本條件時，依 (6) 式修正測定值。

② 試驗方法：

引擎適當暖機後，依以下的運轉條件運轉，各運轉條件分別做二次測驗。

a. Nmax (最大出力時的引擎轉速) 的 40% ± 50rpm 全負荷運轉，但引擎 Nmax 的 40% 低於 1,000rpm 時，以 1,000rpm ± 50rpm 全負荷運轉。

b. Nmax 的 60% ± 50rpm 全負荷運轉。

c. Nmax ± 50rpm 全負荷運轉。

測量時，從排氣管抽出 330 ± 15ml 之排氣瓦斯（注意不可以受到空氣稀釋）以排氣煙採取裝置通過濾紙採取之，此濾紙的污染程度，以污染測量裝置測量之，各運轉條件各做二回，以測定值的平均值為測試結果。若試驗時之周圍溫度、氣壓不符合標準狀態時，以下式修正之：

$$\text{污染度修正值 \%} = \text{測定值 \%} - 0.24(t - 20) + 0.16(p - 760) \dots\dots\dots(6)$$

式中，t 為測試時之周圍溫度 [°C]，p 為壓力 [mmHg]。

③ 測量裝置

a. 排氣煙採取裝置，構造如圖 6 所示。依 JIS 8004 之規定為泵式。左側的活塞把手在 1.0 ~ 2.0 之間拉動，使 330 ± 15ml 之排氣瓦斯通過濾紙。

b. 濾紙；使用 JIS 3801 定量濾紙之 5 種 A 規格濾紙。

c. 污染度測量裝置，構造如圖 7 所示。依 JIS 8004 規定為反射光式測量得到之明度 (JIS E 8721)，依表 7 換算成污染度。測量結果之排氣煙濃度試驗表如表 8。

表 7 日本排煙測試明度與污染度對照表（註 3）

明度	9.0	8.5	8.0	7.5	7.0	6.5	6.0	5.5	5.0	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0
污染度 (%)	16	27	37	46	54	61	68	74	79	84	87	90	93	95	97

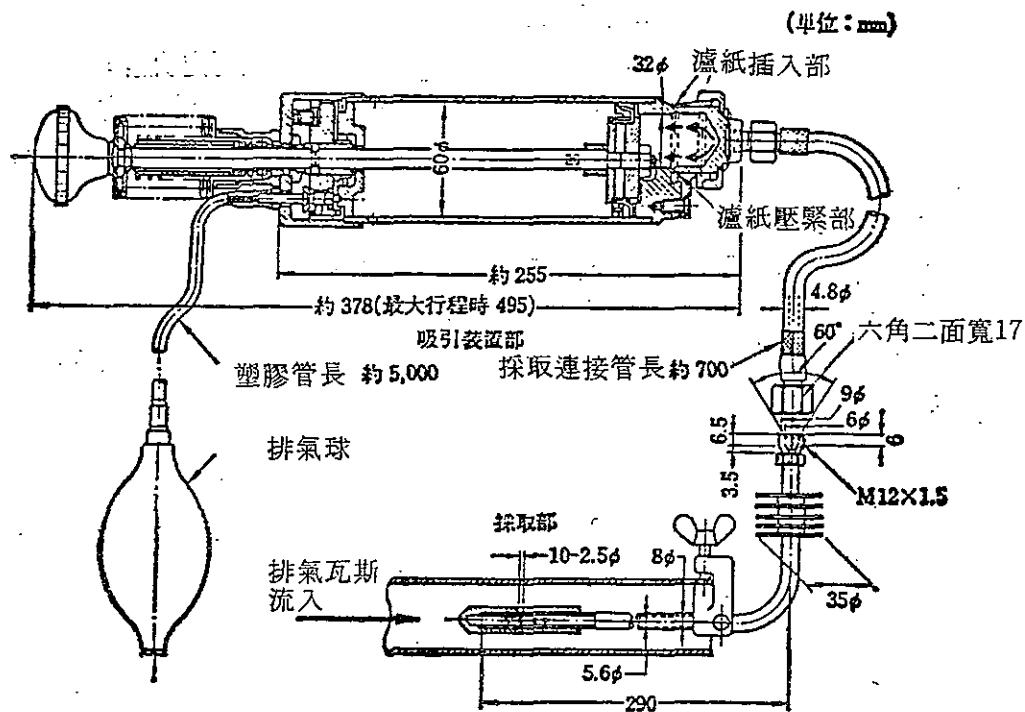


圖 6 柴油排煙試驗排氣瓦斯採取裝置（註 3）

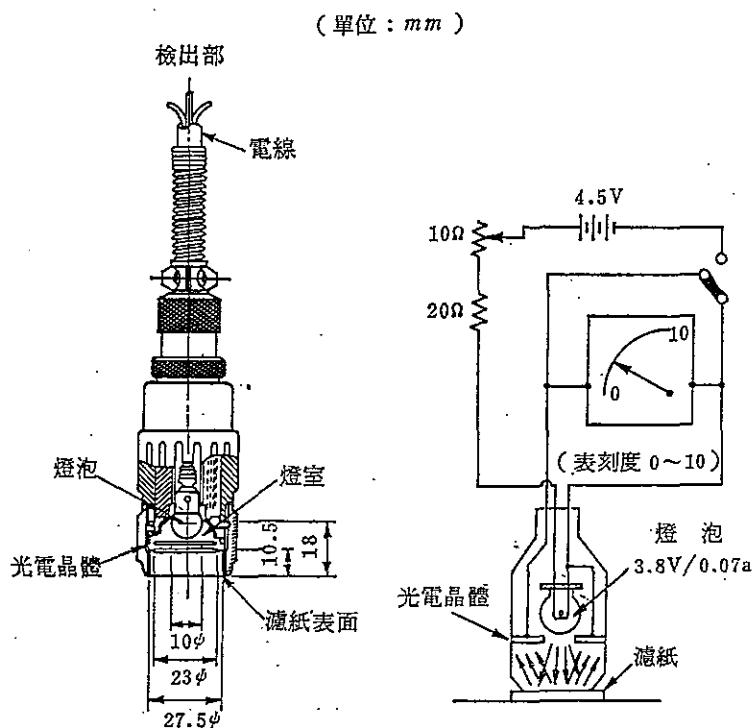


圖 7 柴油車排煙污染測定裝置（註 3）

表 8 日本柴油車排氣煙濃度試驗成績表

柴油汽車排氣煙濃度試驗成績表			
車名及型式	試驗期日		
引擎型式	天候， 氣壓 mmHg		
汽缸數 × ×行程 × ×mm mm	室溫， 濕度 °C %		
壓縮比及總排氣量	試驗場所及測定者		
動力計型式			
最高出力時回轉數之轉速比率	40% or 1,000rpm	60%	100%
引擎回轉數 rpm			
軸出力 or 扭力，動軸出力 or 驅動力			
濾紙			
測定值			
修正值			
備考			

(3)柴油車無負荷急加速排煙試驗(使用過程車檢查用)

使用過程中之柴油汽車，以無負荷急加速來檢查排氣管排出瓦斯之黑煙濃度，使用前述之儀器檢驗。

引擎由怠速急加速到無負荷最高轉速，在最高轉速停留數秒，排煙採氣係從開始加速時開始，測量三次，求其平均值，為排煙濃度。

試驗方法如圖9所示。

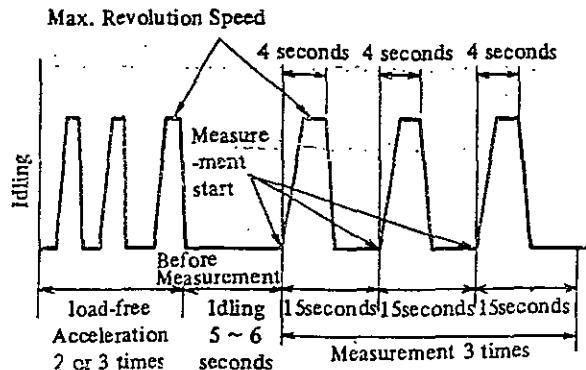


圖 9 日本柴油車無負荷急加速排煙試驗方法（註2）

- 在開始測試前，引擎先以無負荷急加速2~3次，然後怠速運轉5~6秒。
- 開始急加速到最高轉速期間採氣4秒，放鬆油門經11秒後再做第二次測試，每次期間15秒，共做三次求其平均值。

(4)一般汽車十段試驗法

日本之柴油乘用車自昭和61年10月(1986.10)起，總重量1.7噸以下之小型柴油客貨車自昭和63年12月(1988.12)起，改採重量規制。使用一般汽油車與LPG車使用之十段試驗法測試。

①十段(10-mode)測試法概述

汽車固定在底盤馬力試驗機上，依汽車在道路模擬行駛之典型模式驅動，在這段期間收集排氣管排出之CO、HC、NO_x等空氣污染物成分加以測量分析排出量是否超過規定之試驗法，規制值以g/km單位表示。圖10為日本之十段排氣測試裝置配置情形，十段測試法為熱起動試驗，各階段之運轉狀況如表9所示。

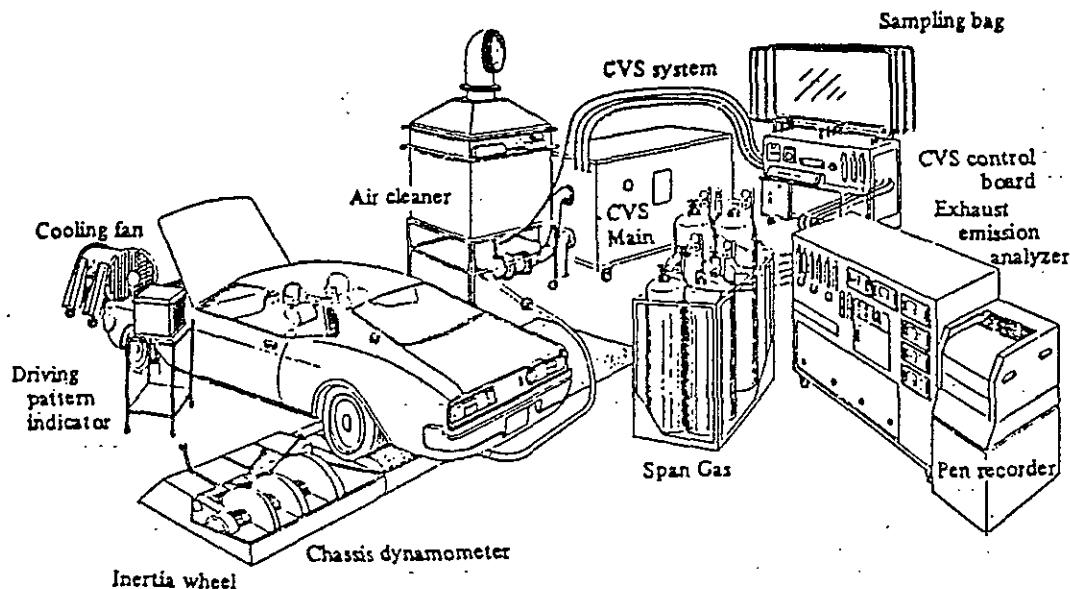


圖 10 日本之十段汽車排氣試驗裝置（註2）

表 9 日本十段測試法各階段之運轉狀態 (註 3)

運轉 mode	運轉狀態 [km/h]	運轉時間 [s]	累積時間 [s]	標準變速位置		加速度減速度 [g]
				3段變速機	4段變速機	
1	怠速	20	20	—	—	—
2	0→20	7	27	(0→20) Low	(0→15) (15→20) Low•2nd	0.08
3	20	15	42	2nd	2nd	—
4	20→0	7	49	2nd	2nd	0.08
5	怠速	16	65	—	—	—
6	0→40	14	79	(0→20) (20→40) Low•2nd	(0→15) (15→30) (30→40) Low•2nd•3rd	0.08
7	40	15	94	Top	Top	—
8	40→20	10	104	Top	Top	0.06
9	20	2	106	Top→2nd	Top→3rd	—
10	20→40	12	118	2nd	3rd	0.05
	40→20	10	128	Top	Top	0.06
	20→0	7	135	Top	Top	0.08

(註) 上表，標準變速位置欄括號 () 內數字為變速位置對應之車速。

汽車在室溫保持 $25^{\circ}\pm 5^{\circ}\text{C}$ 之底盤馬力試驗機上，以 $40\pm 2\text{km/h}$ 之固定速度連續運轉15分以上，使引擎及汽車各部達到正常工作溫度，以表 9 之運轉模式返復操作六次，最初一回除外，其餘五回以定容量採取裝置 (CVS) 稀釋採取之。以後述之分析計測量濃度，再以計算方法算出排出污染氣之重量。

② 試驗條件

- 試驗室內溫度： $25\pm 5^{\circ}\text{C}$ ，溫度測量位置，要在車速比例送風裝置附近的氣溫相似的位置。
- 試驗室的環境濃度：試驗室內的 CO. HC. NO_x 及 CO₂ 的濃度需穩定。
- 受檢汽車之要件：
 - ④ 汽車在良好調整狀態下。
 - ⑤ 引擎室蓋需關閉。
 - ⑥ 潤滑油、冷卻水等均應加滿。行駛必要的裝備全部安裝完全。油箱中加滿記載容量的40~80% 燃油。
 - ⑦ 輪胎氣壓，在行駛前依標準壓充氣。但底盤馬力試驗機的滾筒直徑小於 500 mm 時，依標準壓的1.5倍充氣。
 - ⑧ 燃料：同表 2 之規格。

③試驗裝置的準備

a. 底盤馬力試驗機

④等價慣性質量的設定：以車輛之空車重量加 2 名乘坐人員相當的重量 110kg 後，依表 3 之值附加之。對應之等價重量無法設定時，以標準值 +10% 以內之值設定。

⑤暖機：等價慣性質量設定後，汽車以 40km/h 以上速度連續運轉 15 分鐘以上，使引擎及汽車各部達到正常工作溫度，馬力試驗機的驅動裝置等也應同樣運轉使達正常工作溫度。

⑥定常行駛阻力相當吸收負荷的設定：底盤馬力試驗機必須設定相當於汽車行駛之滾動阻力及空氣阻力之負荷。

通常採用進汽岐管升壓法 (boost) 設定，即將欲測之汽車以一定速度在路上行駛，將此時進汽岐管內之壓力加以測量記錄。在底盤馬力試驗機上，該車以同樣速度驅動，調整馬力試驗器上之吸收負荷，使路上行駛及底盤馬力試驗機上驅動之進汽岐管內之壓力相等即可。

⑦校正等：底盤馬力試驗機依製造廠家規定之方法做保養、校正工作。

b. CVS:

排氣瓦斯的採取，使用定容量採取裝置 (Constant Volume Sampler, 簡稱 CVS)。圖 11 為 CVS 裝置之概念圖。依製造廠規定的程序做保養及校正工作。

c. 排放瓦斯分析器：

CO, CO₂ 用非分散形紅外線分析計 (NDIR), HC 用氫焰離子化形分析器

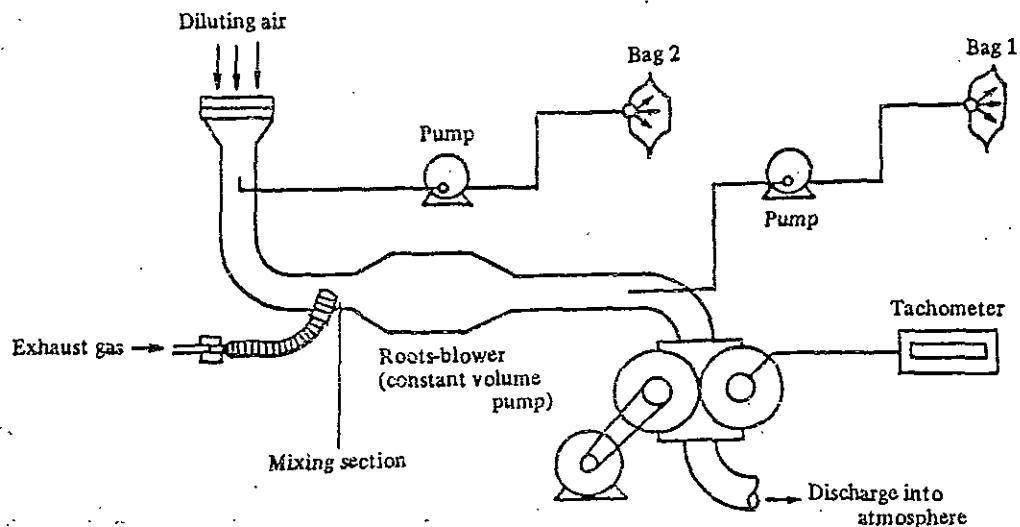


圖 11. 定容量試料採取裝置 (CVS) 概念圖 (註 2)

, NO_x 用化學發光分析計 (CLD) 來做分析工作。依照製造廠家規定的方法做保養調整工作，依 JIS K0055 瓦斯分析裝置校正方法通則規定校正之。

d. 受檢汽車的準備：

- ① 將受檢汽車開到底盤馬力試驗機上，要用使運轉中之車子的搖動儘可能減少的方法固定，但注意勿增加驅動輪的荷重。
- ② 受檢汽車驅動輪之輪胎上的砂、石、水等雜物必須清除乾淨，以免發生危險或造成打滑 (Slip)。
- ③ 受檢汽車的排汽管開口部與 CVS 的排氣瓦斯吸入口的連接部份必須良好，並防止因振動產生脫離或破損，連接時注意勿使排氣瓦斯洩漏。
- ④ 受檢汽車若裝置有排氣壓力控制之排出瓦斯發散防止控制裝置時，使用 CVS 採取排氣瓦斯時，會使此種裝置產生不良影響。故在連接後與連接前的靜壓差在 $40 \pm 2 \text{ km/h}$ 的等速行駛時調整在 10 mm Hg 以內。若發生排氣系脈動效果不良時，可以使用擴散室以防止之。
- ⑤ 受檢汽車坐上 1 位駕駛員，以 $40 \pm 2 \text{ km/h}$ 的固定速度連續運轉 15 分鐘以上，使達到正常工作溫度後接着馬上做十段測試。

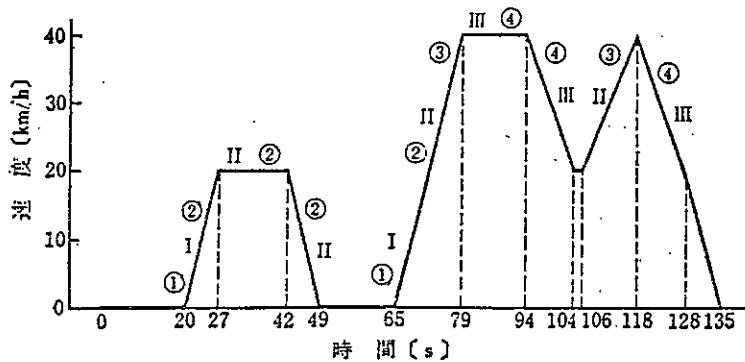
④ 試驗順序：

分為 1 依十段模式運轉並採取試料 → 2. 瓦斯分析 → 3. 排出瓦斯重的計算等，3 階段實施試驗。

a. 十段運轉操作：

依前述各項準備工作完成後即可依表 9 之順序及運轉狀態操作，返復六次，第一次循環除外，自第二～六次五個循環的全部排氣瓦斯由 CVS 裝置採取之。其稀釋排氣以 100 l 之袋子收集後，分析 CO, HC, NO_x 之濃度，並依後述的計算式算出排出瓦斯 kg/km 之重量。十段運轉之運轉程序如圖12所示。全部試驗過程如圖13所示。

1) 10 モード



(註) 上圖，圖內之阿拉伯數字為 4 段變速機裝着車之場合
羅馬數字為 3 段變速機裝着車之場合

圖 12. 日本十段汽車排氣瓦斯試驗方法（一循環）（註 3）

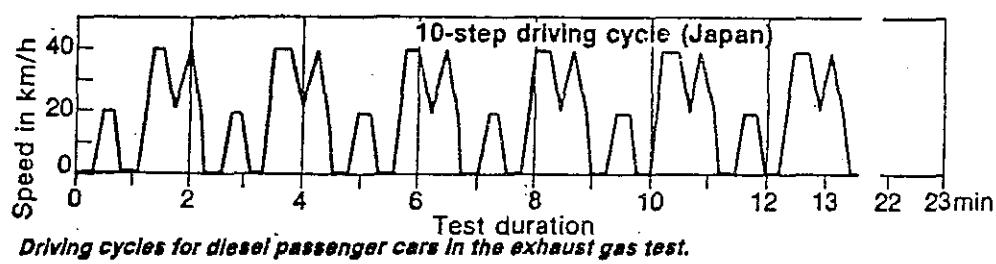


圖 13 日本十段汽車排氣測試之全部過程（註 4）

b. 十段運轉時的注意事項：

- ④ 引擎的冷卻：在運轉中，與實際行駛狀態同樣的使受檢汽車受到冷卻，（採用車速同步型之冷卻風扇冷卻）。
- ⑤ 運轉時間及速度的容許誤差：表 9 內各階段的運轉時間容許誤差為±1秒以內。速度的容許誤差為±2km/h 以內，但無法得到表中規定的加速度，節汽門非全開不可之場合，可以通融。
- ⑥怠速運轉的要領：怠速為變速箱在空檔位置，油門不加油之狀態。

在怠速運轉階段，開始加速階段前之 5 秒，將排檔桿打入 1 檔位置。

半自動變速箱之汽車（裝置液體扭力變換器、液體離合器、電磁離合器等自動離合器，但不能自動變速之汽車）。在怠速階段開始加速階段前 5 秒，將變速排檔打入傳速檔 (Low) 。

自動變速的汽車，在怠速運轉階段到開始加速階段前 5 秒，將選擇桿的位置放在行駛 (D) 位置，以後不需變速操作。

⑦ 減速運轉的要領：

20→0km/h 之減速時，在 10km/h 之中途位置踩下離合器，
40→0km/h 之減速時，在 20km/h 之中途位置踩下離合器。

⑧ 五檔手動變速汽車的排檔位置：

如表 9 及圖 12 所示，四檔變速汽車之第四檔以 Top 代表，一般第五檔為超速傳動時，第五檔不使用，依四檔變速汽車同樣的方法操作。

但通常 Low 不使用之五檔變速汽車，則以第二檔 (2nd) 起步，此種變速裝置之汽車，表 9 之 Low——以 2nd 取代，以下 2nd→3rd, 3rd→4th, Top→5th 取代操作。

⑨ 半自動變速汽車的排檔位置：

由怠速階段開始加速之第二，第六階段，排檔位置放在 Low，其他階段之排檔位置放在 High。

⑩ 變速操作：必須圓滑、迅速。

⑪ 排出瓦斯的重量計算：排放空氣污染氣體之重量依下式計算：

$$\text{CO 排出重量} = V_{\text{mix}} \times \text{CO 密度} \times \text{CO}_{\text{conc}} \times 10^{-6} \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \quad (7)$$

HC 排出重量 = $V_{mix} \times HC\text{ 密度} \times HC_{conc} \times 10^{-6}$ (8)

NOx 排出重量 = $V_{mix} \times NO_x\text{ 密度} \times NOx_{conc} \times 10^{-6} \times KH$ (9)

式中 CO 密度 = 1.17[g/l]at 標準狀態 (20°C, 760mm Hg)

HC 密度 = 0.577[g/l]at 標準狀態，但 C:H=1:1.85

NO_x 密度 = 1.91[g/l]

CO_{conc} 為以 ppm 表示的 CO 容積濃度，稀釋空氣中的 CO 之影響

已修正 = $CO_e - CO_d(1-1/DF)$

HC_{conc} 為以 ppm 表示的 HC 容積濃度，稀釋空氣中的 HC 之影響

已修正 = $HC_e - HC_d(1-1/DF)$

NOx_{conc} 為以 ppm 表示的 NO_x 容積濃度，稀釋空氣中的 NO_x 之影響

已修正 = $NOx_e - NOx_d(1-1/DF)$

式中 CO_e, HC_e, NOx_e 為稀釋排出瓦斯中的 CO, NC, NO_x 之濃度 [ppm]。

CO_d, HC_d, NOx_d 為稀釋空氣中的 CO, HC, NO_x 之濃度 [ppm]。

為了除去水蒸氣及 CO₂，有使用吸收劑時，因為水蒸氣及 CO₂ 之吸收會使 CO 的測定濃度增加，故需以下式修正：

$$CO_e = (1-0.01925 CO_{2e} - 0.000323R) CO_{em}(10)$$

式中 CO_{em} 為使用吸收劑時，稀釋排出瓦斯中的 CO 濃度 [ppm]，R 為稀釋空氣的相對溫度 [%]。

a. V_{mix} : 為相當行駛 1km 的稀釋排出瓦斯的標準狀態 (20°C, 760mmHg) 下之容積 [l/km]。

$$\begin{aligned} V_{mix} &= V_e \times N \times \frac{P_p}{760\text{mm Hg}} \times \frac{293^\circ k}{T_p} \times \frac{1}{L} \\ &= K_1 \times V_e \times N \times \frac{P_p}{T_p}(11) \end{aligned}$$

$$K_1 = \frac{293^\circ k}{760\text{mm Hg}} \times \frac{1}{L} = 0.116 [\text{km, 5cycle}](12)$$

式中 V_e 為容積形排氣稀釋泵的吐出量 [l/1 轉]，此值隨容積形泵前後的壓力差而改變。N 為試料瓦斯採取中，容積形泵的累計回轉數； P_p 為容積形泵進入之稀釋排出瓦斯的絕對壓力（由氣壓指示值減去容積形泵吸入混合氣的壓力降 mmHg）； T_p 為容積形泵吸入排出瓦斯的平均絕對溫度 [°k]；L 為行駛距離 [km]。

b. 濕度修正係數 KH：濕度對 NO_x 濃度的影響很大，濕度高時混合氣的實質空燃比濃化。因此分析時必須將不同濕度之狀態修正為標準濕度狀態，即 75grain H₂O/乾燥空氣 lb。在 NO_x 排出重量的計算時加入 KH 修正係數。

$$KH = \frac{1}{1-0.0047(7H-75)}(13)$$

表 10 各種溫度下水的飽和水蒸氣壓力（註 3）

水的飽和水蒸氣壓〔單位 mmHg〕

溫度 [°C]	.0	.1	.2	.3	.4	.5	.6	.7	.8	.9
0	4.581	4.615	4.648	4.682	4.716	4.750	4.785	4.820	4.855	4.890
1	4.925	4.961	4.997	5.033	5.069	5.105	5.142	5.179	5.216	5.254
2	5.292	5.329	5.368	5.406	5.445	5.484	5.523	5.562	5.602	5.642
3	5.681	5.722	5.763	5.804	5.845	5.886	5.928	5.970	6.012	6.055
4	6.098	6.141	6.184	6.227	6.271	6.315	6.360	6.404	6.449	6.494
5	6.540	6.586	6.632	6.678	6.725	6.772	6.819	6.866	6.914	6.962
6	7.010	7.059	7.108	7.157	7.207	7.257	7.307	7.357	7.408	7.459
7	7.510	7.562	7.614	7.666	7.719	7.772	7.825	7.879	7.933	7.987
8	8.042	8.097	8.152	8.208	8.263	8.320	8.377	8.433	8.491	8.548
9	8.606	8.665	8.723	8.782	8.841	8.901	8.961	9.021	9.082	9.143
10	9.205	9.267	9.329	9.392	9.455	9.518	9.582	9.646	9.710	9.775
11	9.840	9.906	9.972	10.04	10.10	10.17	10.24	10.31	10.38	10.45
12	10.51	10.58	10.65	10.72	10.79	10.87	10.94	11.01	11.08	11.15
13	11.23	11.30	11.38	11.45	11.52	11.60	11.68	11.75	11.83	11.91
14	11.98	12.06	12.14	12.22	12.30	12.38	12.46	12.54	12.62	12.70
15	12.78	12.87	12.95	13.03	13.12	13.20	13.29	13.37	13.46	13.54
16	13.63	13.72	13.81	13.89	13.89	14.07	14.16	14.25	14.34	14.43
17	14.53	14.62	14.71	14.81	14.90	14.99	15.09	15.18	15.28	15.38
18	15.47	15.57	15.67	15.77	15.87	15.97	16.07	16.17	16.27	16.37
19	16.47	16.58	16.68	16.79	16.89	17.00	17.10	17.21	17.32	17.42
20	17.53	17.64	17.75	17.86	17.99	18.08	18.19	18.31	18.42	18.53
21	18.65	18.76	18.88	18.99	19.11	19.23	19.35	19.46	19.58	19.70
22	19.82	19.95	20.07	20.19	20.31	20.44	20.56	20.69	20.81	20.94
23	21.07	21.19	21.32	21.45	21.58	21.71	21.84	21.98	22.11	22.24
24	22.38	22.51	22.65	22.78	22.92	23.06	23.19	23.33	23.47	23.61
25	23.76	23.90	24.04	24.18	24.33	24.47	24.62	24.76	24.91	25.06
26	25.21	25.36	25.51	25.66	25.81	25.96	26.12	26.27	26.43	26.58
27	26.74	26.90	27.05	27.21	27.37	27.53	27.70	27.86	28.02	28.18
28	28.35	28.52	28.68	28.85	29.02	29.19	29.36	29.53	29.70	29.87
29	30.04	30.22	30.39	30.57	30.75	30.92	31.10	31.28	31.46	31.64
30	31.83	32.01	32.19	32.38	32.56	32.75	32.94	33.13	33.32	33.51
31	33.70	33.89	34.08	34.28	34.47	34.67	34.87	35.07	35.27	35.47
32	35.67	35.87	36.07	36.28	36.48	36.69	36.89	37.10	37.31	37.52
33	37.73	37.95	38.16	38.37	38.59	38.81	39.02	39.24	39.46	39.68
34	39.90	40.13	40.35	40.58	40.80	41.03	41.26	41.49	41.72	41.95
35	42.18	42.41	42.65	42.89	43.12	43.36	43.60	43.84	44.08	44.33
36	44.57	44.82	45.06	45.31	45.56	45.81	46.06	46.31	46.56	46.82
37	47.08	47.33	47.59	47.85	48.11	48.37	48.64	48.90	49.17	49.43
38	49.70	49.97	50.24	50.51	50.79	51.06	51.34	51.62	51.89	52.17
39	52.45	52.74	53.02	53.31	53.59	53.88	54.17	54.46	54.75	55.04
40	55.34	55.63	55.93	56.23	56.53	56.83	57.13	57.44	57.74	58.05
41	58.36	58.67	58.98	59.29	59.60	59.92	60.24	60.55	60.87	61.19
42	61.52	61.84	62.17	62.49	62.82	63.15	63.48	63.81	64.15	64.49
43	64.82	65.16	65.50	65.84	66.19	66.53	66.88	67.23	67.58	67.93
44	68.28	68.64	68.99	69.35	69.71	70.07	70.43	70.80	71.16	71.53
45	71.90	72.27	72.64	73.01	73.39	73.77	74.15	74.53	74.91	75.29
46	75.67	76.06	76.45	76.84	77.23	77.63	78.03	78.43	78.82	79.22
47	79.63	80.03	80.44	80.84	81.25	81.67	82.08	82.49	82.91	83.33
48	83.75	84.17	84.60	85.03	85.45	85.88	86.31	86.74	87.18	87.62
49	88.06	88.50	88.94	89.39	89.84	90.29	90.74	91.19	91.64	92.10
50	92.56	93.02	93.48	93.95	94.41	94.88	95.35	95.82	96.29	96.77

表 11 底盤馬力試驗器負荷設定用引擎進氣管內壓力記錄表

汽油汽車引擎進氣管內壓力測定記錄表										
測定年月日			天候		測定場所			測定擔當者		
<u>汽車規格</u>										
車名	型式	原動機型式	總排氣量	cc						
車身號碼	用途	變速機	自動	半自動	手動	前進	段			
行駛里程	km	輪胎尺寸	PR							
車輛重量	kg	輪胎空氣壓 (標準)	前輪 kg/cm ²	後輪 kg/cm ²						
試驗自動車重量	kg	輪胎空氣壓 (實測)	前輪 kg/cm ²	後輪 kg/cm ²						
使用燃料		風速	m/s							
大氣壓 (Pa ₁)	mmHg									
大氣溫	°C	風向								
指定 車速 km/h	實車速 km/h	走行 方向	進氣管內壓力 (ΔP _{m1})-mmHg		絕對壓 (P _m)-mmHg		變速 位置	底盤馬力試驗器記錄		
			Ⓐ 正規狀態	Ⓑ 裝置除去 狀 態	Ⓐ	Ⓑ		吸氣壓 (ΔP _{m2})-mmHg	刻 度	備 考
20										
		平均								
30										
		平均								
40										
		平均								
50										
		平均								
60										
		平均								
注 1) Ⓛ之裝置拆下時，請在下欄記入名稱 裝置名								大氣壓 (Pa ₂)	mmHg	
注 2) P _m : 絶對壓 ΔP _{m1} : 吸氣壓 (參考底盤馬力記錄欄參照) ΔP _{m2} =P _{a2} -P _m								年月日		
諸元表記載值			引擎回轉速度 rpm	CO 濃度 ppm %	HC 濃度 ppm					
引擎始動方法										
① 阻風門機構之種類 自動 手動 他 ()										
② 始動方法 (含阻風門操作法)										
備 考										

表 12 日本十段汽車排出瓦斯試驗結果記錄表

						No.		
<u>汽油汽車排出瓦斯試驗結果記錄表 (10mode及怠速)</u>								
<u>試驗年月日</u>	<u>天候</u>	<u>試驗場所</u>		<u>試驗擔當者</u>				
<u>汽車規格</u>								
<u>車名</u>	<u>型式</u>	<u>原動機型式</u>	<u>最高出力</u>	PS/rpm				
<u>車身號碼</u>	<u>用途</u>	<u>行程</u>	<u>缸數</u>	總排氣量		cc		
<u>行駛里程</u>		km		自動	半自動	手動	前進	段
<u>車輛總重量</u>		kg		變速機				
<u>試驗自動車重量</u>		kg		減速比				
<u>等價慣性質量</u>		kg		使用燃料				
				驅動車輪輪胎空氣壓(標準)	kg/cm ²			
				驅動車輪輪胎空氣壓(實測)	kg/cm ²			
<u>試驗裝置</u>								
<u>底盤馬力試驗器</u>								
<u>排出瓦斯分析計</u>						(怠速排出瓦斯試驗)		
						(10mode排出瓦斯試驗)		
<u>CVS 裝置</u>						(採取量 m ³ /min)		
<u>◎怠速排出瓦斯試驗</u>								
<u>室內溫度</u>		°C	<u>冷卻水溫度</u>		°C			
<u>大氣壓</u>	mmHg		<u>潤滑油溫度</u>		°C			
<u>引擎回轉速度 rpm</u>	<u>吸氣壓 mmHg</u>		<u>測定值 (NDIR)</u>		<u>濃度正値</u>			
		CO ppm %	HC ppm	CO ₂ %	CO ppm %	HC ppm		
<u>◎10mode 排出瓦斯試驗</u>								
<u>試驗室內乾球溫度 °C</u>		<u>試驗自動車暖機開始時刻 時 分</u>						
<u>試驗室內濕球溫度 °C</u>		<u>冷卻水溫度 °C</u>		<u>試驗室內相對濕度 %</u>		<u>°C</u>		
<u>試驗室內相對濕度 %</u>		<u>潤滑油溫度 °C</u>				<u>°C</u>		
<u>試驗室內大氣壓 mmHg</u>		<u>底盤馬力試驗器負荷 mmHg(20km/h)</u>						
<u>10mode 運轉開始時刻 時 分</u>		<u>相當的引擎吸氣壓 mmHg(40km/h)</u>						
<u>燃料消費率 km/l</u>		<u>排氣管開口部靜壓差 mmHg(60km/h)</u>						
<u>KH (NO_x 濕度修正係數)</u>		<u>mmAq(40km/h)</u>						
<u>成分</u>	<u>稀釋排出瓦斯濃度 A</u>	<u>環境濃度 B</u>	<u>濃度 A-[B×(1-1/DF)]</u>	<u>正味濃度</u>	<u>排出重量</u>			
CO(NDIR)	ppm	ppm		ppm	g/km			
HC(FID)	ppmc	ppmc		ppmc	g/km			
NO _x (CLD)	ppm	ppm		ppm	g/km			
CO ₂ (NDIR)	%	%		%	g/km			
<u>◎備考</u>								

式中 H 為絕對濕度（空氣中水份重量 [g] / 乾燥空氣重量 [kg]）。
 $75\text{grain}/1\text{b}=7\text{g}/\text{kg}$ (絕對濕度)

$$H = \frac{622e}{P_a - e}$$

式中 P_a 為大氣壓 [mmHg]， e 為空氣的水蒸氣分壓 [mmHg]

$$e = es' - 0.5(t - t') \frac{P_a}{755}$$

式中 t 為乾球溫度 [$^{\circ}\text{C}$]， t' 為濕球溫度 [$^{\circ}\text{C}$]， P_a 為大氣壓 [mmHg]， $[es']_t$ [mmHg] 為溫度相對之飽和水蒸汽壓 [mmHg]，由表10 (JIS8806) 求之。

c. 稀釋空氣的修正係數 DF：

$$DF = \frac{13.4}{CO_{2e} + (HC_e + CO_e) \times 10^{-4}} \dots \quad (14)$$

式中 CO_{2e} 為稀釋排出瓦斯中的 CO_2 濃度 [%] 13.4 的一般空燃比下碳層子之 mole %。

表11為底盤馬力試驗器負荷設定用之進汽岐管內壓力記錄表，表12為十段試驗結果記錄表。

二、美 國

美國之柴油汽車排放空氣污染物的管制法規，可分乘用車 (Passenger car) 及輕型貨

表 13 美國柴油乘用車排出空氣污染物限制及耗油量限制值 (註 4)

Model year	Limits at sea level				Altitude limits ¹			Consumption	
	HC	CO	NO _x	Part	HC	CO	NO _x		
	g/mile							mpg	
1986	Fed	0.41	3.4	1.0	0.6	0.41	3.4	1.0	26.0
	Cal	0.41	7.0	1.0	0.2	—	7.0	—	
1987	Fed	0.41	3.4	1.0	0.2	0.41	3.4	1.0	27.5
	Cal	0.41	7.0	1.0	0.2	—	7.0	—	
1988	Fed	0.41	3.4	1.0	0.2	0.41	3.4	1.0	²⁾
	Cal	0.41	7.0	1.0	0.2	—	7.0	—	
1989	Fed	0.41	3.4	1.0	0.2	0.41	3.4	1.0	²⁾
	Cal	0.41	7.0	1.0	0.08	—	7.0	—	
1990	Fed	0.41	3.4	1.0	0.2	0.41	3.4	1.0	²⁾
	Cal	0.41	7.0	1.0	0.08	—	7.0	—	

¹⁾ Federal: at 1,620m above sea level; California: at 1,829 m above sea level.

²⁾ Limits not yet fixed.

(註 4) BOSCH: AUTOMOTIVE HANDBOOK 2nd Ed., Robert Bosch GmbH, (1986)

表 14 美國柴油輕型貨車排出空氣污染物限制，及耗油量限制（註 4）

Model year	Weight class	Limits at sea level				Altitude limits ¹⁾			Consumption
		HC	CO	NO _x	Part.	HC	CO	NO _x	
		lbs	g/mile						mpg
1986	Fed	≤8500	0.80	10.0	2.3	0.6	1.0	14.0	2.3
		≤3999	0.46	10.6	1.0	0.2	—	10.6	—
	Cal	4000—5999	0.50	9.0	1.5	0.2	—	9.0	—
		6000—8500	0.60	9.0	2.0	0.2	—	9.0	—
1987	Fed	≤8500	0.80	10.0	2.3	0.26	1.0	14.0	2.3
		≤3999	0.46	10.6	1.0	0.2	—	10.6	—
	Cal	4000—5999	0.50	9.0	1.5	0.2	—	9.0	—
		6000—8500	0.60	9.0	2.0	0.2	—	9.0	—
1988	Fed	≤3999	0.80	10.0	1.2	0.26	1.0	14.0	1.2
		4000—5999	0.80	10.0	1.7	0.26	1.0	14.0	1.7
		6000—8500	0.80	10.0	1.7	0.26	1.0	14.0	1.7
	Cal	≤3999	0.46	10.6	1.0	0.2	—	10.6	—
		4000—5999	0.50	9.0	1.5	0.2	—	9.0	—
		6000—8500	0.50	9.0	2.0	0.2	—	9.0	—
1989	Fed	≤3999	0.80	10.0	1.2	0.26	1.0	14.6	1.2
		4000—8500	0.80	10.0	1.7	0.26	1.0	14.6	1.7
	Cal	≤3999	0.46	10.6	1.0	0.08	—	10.6	—
		4000—5999	0.50	9.0	1.5	0.08	—	9.0	—
		6000—8500	0.50	9.0	2.0	0.08	—	9.0	—

¹⁾ Federal: at 1,620 m above sea level; California: at 1,829 m above sea level.

²⁾ Limits not yet fixed.

車兩種不同規制，且加州 (California) 及聯邦 (Federal) 之標準亦不相同。重型貨車則以引擎測試。

1. 乘用車及輕型貨車之規制

柴油乘用車及輕型貨車 (light-duty truck) 以 FTP (Federal Test Procedure) 測試程序測試，以 CVS 採取裝置採氣分析，最大允許空氣污染物排出量如表13及表14所示。

2. 重型貨車之規制

重型貨車引擎係在引擎試驗器上測試，依照不穩定狀態駕駛循環 (non-steady-state driving cycle) 測試法試驗。重型貨車之排放空氣污染物量規制如表所15示。

3. US FTP 評驗法概要

美國聯邦汽車排氣污染試驗 (US FTP) 之試驗裝置系統如圖14所示。試驗程序如圖15所示。

表 15 美國柴油重型貨車排放空氣污染物限制 (註 4)

Model Year		HC	CO	NO _x	Part.	Smoke	
		g/Hph				% opacity	
1987	Fed	1.3	15.5	10.7	—	A Acceleration	20%
	Cal	1.3	15.5	5.0 6.0	0.6*		
1988	Fed/Cal	1.30	15.5	6.0	0.6		
1989							
1990							
1991	Fed/Cal	1.30	15.5	5.0	0.25		
1992							
1993							
1994	Fed/Cal	1.30	15.5	5.0	0.10		

*) either 5.1g NO_x/Hph without particulate emission or 6.0g NO_x/Hph and 0.6g particulate emissions.

Test system for US Federal Test (shown here with the venturi system)
 1 Brake, 2 inertia flywheel, 3 Exhaust gases, 4 Air filter, 5 Dilution air, 6 Sampling venturi,
 7 Gas temperature, 8 Pressure, 9 Venturi, 10 Blower, 11 Sample bag, 12 To outlet.

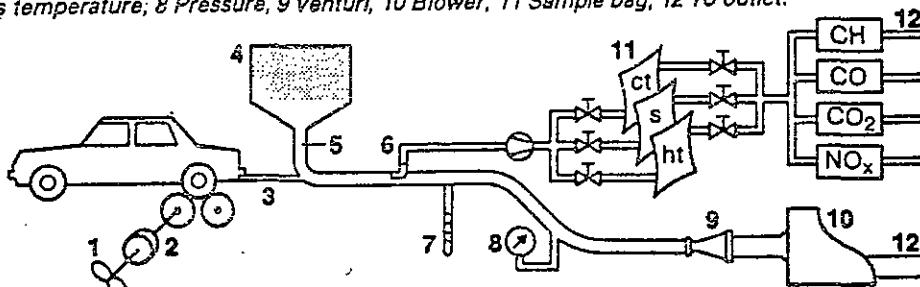


圖 14. US FTP 汽車排氣試驗裝置系統圖 (註 4)

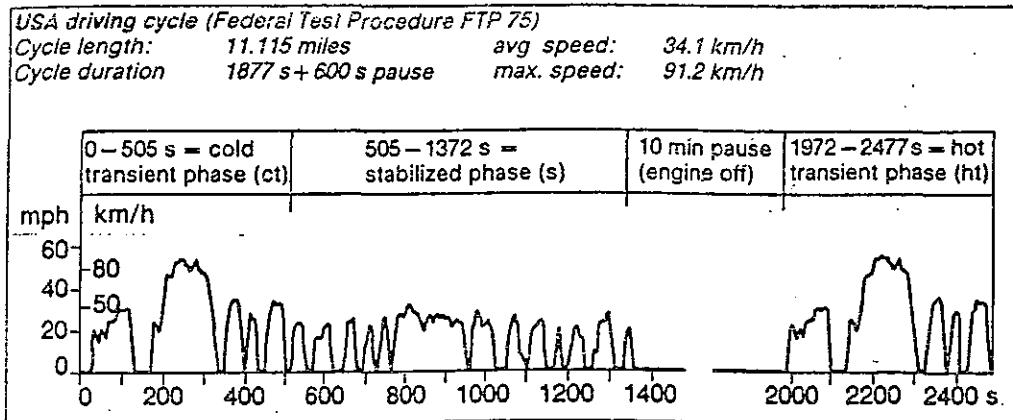
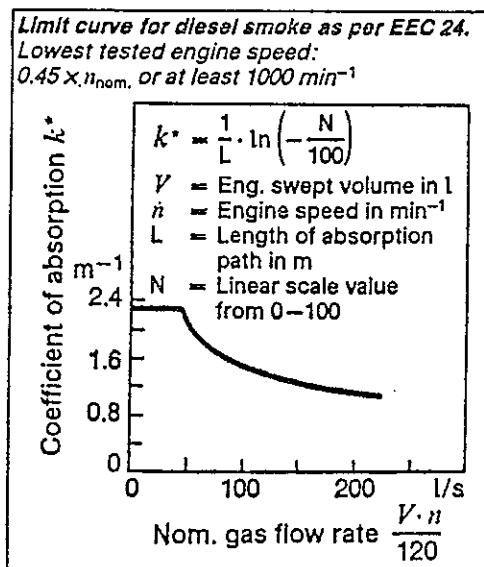


圖 15. US FTP75 汽車排氣試驗過程 (註 4)



歐 16. 歐洲經濟共同體對汽車排放黑煙之限制（註 4）

2. 商業用車之排氣規制

有關商業用柴油車方面（即乘座人數在 8 人以上之客車及總重 3.5 公噸以上之貨車）EEC 以 Regulation 49 來規定，引擎在 13 種不同運轉情況下運轉，再求其平均值，此規制在 1982 年 4 月 15 日制定，其限制值為 CO: 14g/kwh, HC: 3.5g/kwh, NO_x: 18g/kwh，但該規制並未實施，上述規定值要降低 20%，排煙不透光率同 EEC 24。

3. EEC-15 汽車排氣試驗法概要

EEC 汽車排氣測試裝置系統如圖 17 所示。試驗程序如圖 18 及 19 所示。

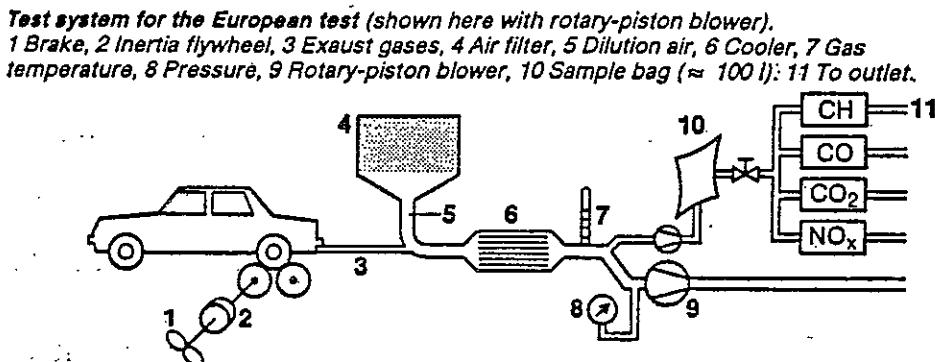


圖 17. 歐洲經濟共同體 EEC-15 汽車排氣測試裝置系統（註 4）

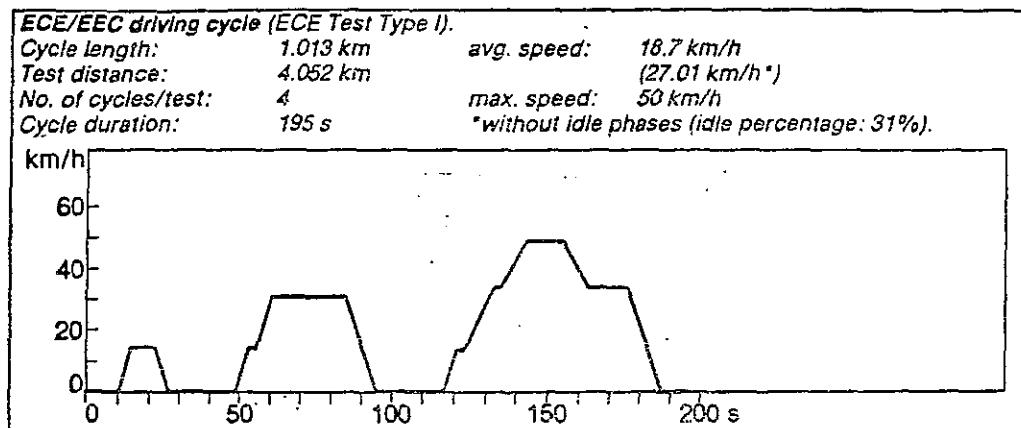


圖 18. 歐洲 EEC-15 汽車排氣測試程序 (1 循環) (註 4)

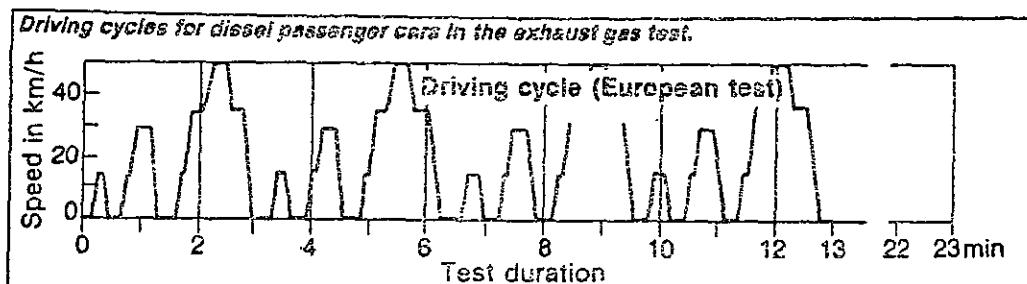


圖 19. 歐洲 EEC-15 汽車排氣測試程序 (全部過程) (註 4)

測試車輛在 20~30°C 之試驗室環境放置六小時後開始試驗，一循環需時 195秒，相當行駛 1.01km，最高車速 50km/h，平均車速 18.65km/h，需循環四次，共 800 秒。依重量不同而規定不同排放量。

參考文獻

- (註 1) 日本自動車整備振興會連合會編，運輸省地域交通局監修：「自動車整備關係法令と解説」昭和63年版 (1988)
- (註 2) Automotive Pollution Control Division, Air Quality Bureau, Environment Agency, Japan: "MOTOR VEHICLE POLLUTION CONTROL IN JAPAN" 2nd Revision (Jan. 1987)
- (註 3) 八田，淺沼、松木編集：「內燃機關計測ハンドブック」朝倉書店 (1979)
- (註 4) BOSCH: "AUTOMOTIVE HAND BOOK" 2nd Ed Robert Bosch GmbH (1986)