

出國報告（出國類別：參訪研習）

參訪日本京都電動車推廣現況及柴油 車黑煙檢測程序

服務機關：行政院環境保護署

姓名職稱：張和中 環境技術師

赴派國家：日本

出國期間：100 年 12 月 17 日至 20 日

報告日期：101 年 3 月 10 日

目錄

壹、前言	1
貳、參訪地點及行程	2
參、參訪成果	3
1.日本電動車推廣.....	3
1.1 日本推廣電動車政策	3
1.2 京都電動計程車示範運行.....	5
1.3 京都實地參訪行程	7
2.日本黑煙檢測程序.....	4
2.1 歐美日各國黑煙管制規範比較.....	4
2.2 日本黑煙檢測法規沿革	9
2.3 黑煙不透光率的量測原理與裝置	11
2.4 不同黑煙檢測方式的差異.....	14
2.5 日本黑煙不透光率的檢測程序與判定方式	20
2.6 心得與小結.....	26
肆、心得與建議	28

圖目錄

圖 1.1	日本 EV/PHEV 城市計畫	4
圖 1.2	京都府綠色旅遊推廣策略	5
圖 1.3	LEAF 電動計程車外觀	7
圖 1.4	日產公司之快速充電站	8
圖 1.5	快速充電站作業情況	8
圖 1.6	京都各地電動車專用停車位	9
圖 1.7	電動車專用充電座	9
圖 1.8	戶外充電座操作情況	1
圖 1.9	衛星導航系統內建充電站資訊	1
圖 1.10	車商展示之電動車宣導文宣	2
圖 2.1	不透光率煙度計的量測原理	11
圖 2.2	不透光率煙度計(HORIBA MEXA-130S)	12
圖 2.3	反射式煙度計與不透光率煙度計的關係	14
圖 2.4	反射式黑煙濃度與不透光率黑煙濃度間的關係	15
圖 2.5	不透光率黑煙濃度與光吸收係數間的關係	15
圖 2.6	不透光率黑煙濃度與光吸收係數間的關係	16
圖 2.7	NO ₂ 濃度對於不透光率測值的影響	17
圖 2.8	柴油引擎在無負載急加速情況下的特性[8]	18
圖 2.9	柴油車黑煙相關性實車測試結果	19

圖 2.10	柴油汽車排氣煙度試驗方法及程序	20
圖 2.11	無負載急加速排氣煙度試驗法(台灣-光反射式)	21
圖 2.12	無負載急加速排氣煙度試驗法(日本-光透過式)	23
圖 2.13	無負載急加速排氣煙度測試結果判定方式(日本-光透過式)	23
圖 2.14	無負載急加速排氣煙度試驗法(日本-光反射式)	24

表目錄

表 1.1	京都電動車示範運行計畫成員資料	6
表 2.1	美國重型柴油引擎污染排放標準[2].....	5
表 2.2	美國各州使用中柴油車輛之管制方式[3].....	5
表 2.3	美國各州使用中柴油車輛之黑煙管制標準[3]	6
表 2.4	日本柴油車黑煙管制標準與實施期程.....	8
表 2.5	日本使用中柴油車輛黑煙管制標準	9
表 2.6	日本不透光率檢測方法推動歷程	10
表 2.7	不透光率煙度計規格表(HORIBA MEXA-130S)[6]	13
表 2.8	三種煙度計量測值讀值(例)	14
表 2.9	反射式煙度計與不透光率煙度計的檢測特點比較	19
表 2.10	無負載急加速排氣煙度試驗的規範值(光吸收係數).....	24
表 2.11	無負載急加速排氣煙度試驗法的差異.....	25

壹、前言

日本為汽車生產大國，不論傳統汽、柴油內燃機車輛、油電複合動力車輛或純電動車，均居領導地位，其推廣方式足堪借鏡，故規劃本次參訪行程，藉由實地參訪過程，除瞭解日本推廣電動車之方式外，亦藉由與使用者與銷售商之對談，瞭解一般民眾看法，俾利做為我方規劃相關政策之參考。

另有鑑於我國柴油車排煙測試方法係參考日本管制規範訂定，且日方業於 2009 年導入新的檢測程序，除大幅簡化檢測流程外，使用之檢測儀器與管制標準亦有所改變。為與國際間柴油車管制潮流接軌，本次亦安排赴全球最大車輛排氣檢驗儀器設備商 HORIBA 公司進行拜訪，瞭解日方修訂排煙檢測程序之相關歷程，作為我國檢討修訂柴油車管制策略之參考。

貳、參訪地點及行程

有鑑於本次參訪行程緊湊，參訪項目包括電動車推廣辦理情況及黑煙檢測程序修訂沿革，為免交通往返影響參訪行程，爰選定京都為參訪地點，除可實地體驗京都電動車示範運行外，並就近拜訪全球最大排氣檢測儀器設備商HORIBA公司。相關參訪行程如下：

活動日期	活動內容	活動地點
100年12月17日	搭機赴日	台北、京都
100年12月18日	參訪京都電動車運行及充电站設置現況	京都
100年12月19日	參訪HORIBA公司 瞭解日本柴油車黑煙檢測程序修訂內容	京都
100年12月20日	搭機返台	京都、台北

參、參訪成果

1.日本電動車推廣

隨著全球原油儲量日漸枯竭及氣候暖化影響程度日漸擴大，發展節能、低排碳、低污染科技已是各國共識。依國際能源總署（IEA）統計，目前交通運輸部門在全球總排放溫室氣體所佔的比率最高，並且估計在 2020 年之前，交通運輸部門將是全球最大的能源消耗者。在此背景下，傳統低燃燒效率的汽/柴油引擎若無法有大幅度之技術突破，最終勢必遭到淘汰，並由使用其他替代能源之車輛取代。

目前包括電能、太陽能等各種替代能源雖然都具備長期發展的潛在價值，惟就實務應用的層面而言，電動車應是現階段可行性最高之選項。依經濟合作與發展組織(OECD)在 2011 年所做的評估報告中提到，預估至2030年全球電動車年產量可達 3,400萬輛，成爲未來20年內，產值最高的新興產業，更是所有車輛製造廠、車輛零組件、機電設備廠與新興企業拓展規模與市場的大商機。

在世界各先進國家中，日本是最早投入電動車產業的國家之一，並已擁有電池與混合動力車等關鍵技術。日本電動車工業的進步，不管是外觀、性能、技術、政策等都被當作各國所觀摩的對象。近年日本官方進一步整合學界與產業，從技術等面向制定相關政策，全面推動電動車及其他環保車款的普及，而日本汽車大廠日產、以三菱、本田、豐田等也紛紛投入電動車的量產，甚至有部分業者組成策略聯盟，推動電動車產業的快速普及，並統一日本國內充電設施等爲目標。

本次參訪日本京都地區，目的即希望透過實地參訪過程，瞭解日本推廣電動車之過程及民眾反應，以作爲國內推廣電動車輛政策之參考。

1.1 日本推廣電動車政策

爲了促進電動車的普及，經濟產業省發表「次世代自動車戰略2010」[\[1\]](#)，目標爲2020年全日本電動車與插電式混合動力車的年銷量達到200萬輛，佔當年新車銷售20%；而周邊設施部分，至2020年將建置普通充電站200萬座、快速充

電站5000座。日本政府希望規劃藉由示範運行，歸納出電動車的最佳營運模式，再以提供全方位解決方案的方式進行海外輸出，最終目的則是讓日本的電池與充電設備規格成爲國際標準，藉此奠定日本在國際電動車市場的領導地位。爲了讓示範運行有系統地進行，日本政府公佈了EV/PHEV城市計畫，透過中央與地方政府聯手提供各種政策誘因鼓勵購買、使用電動車的方式，創造初期的市場需求。

有鑑於使用環境是否完善是影響推廣成效的主要因素，所以各地方政府、車廠與充電站設備商等也共同參與充電基礎設備的建設，日本政府希望透過示範運行吸引民眾對電動車之關注，讓民眾有機會體驗、認識電動車，並藉由不斷累積的正面口碑與獎勵措施，激發民眾購買電動車的意願，且2011年就已投入近三百億日圓在補助購買電動車及充電設備。

圖1.1爲日本全國各地提出的電動車與充電站的推廣方案，其中京都府希望至2013年可達成電動車5,000輛、快速充電站50座、一般充電站7,000座。



圖 1.1 日本 EV/PHEV 城市計畫

日本京都府為落實推動其政策目標，成立「次世代汽車普及促進協會」，發表「推動電動車普及化計畫書」[2]，短期目標為至2013年時，轄內電動車達5,000輛、快速充電站50座、一般充電站7,000座；中程目標為至2020年時，年度市售新車有1/2為電動車，轄內電動車總數達20萬輛。除政府提供購車補助、賦稅減免等措施外，京都府更結合轄內旅遊業者、車輛租賃業者、計程車業者、旅館業者、寺廟等單位共同合作，提倡「綠色旅遊」[3]。圖1.2為京都綠色旅遊策略推廣架構。

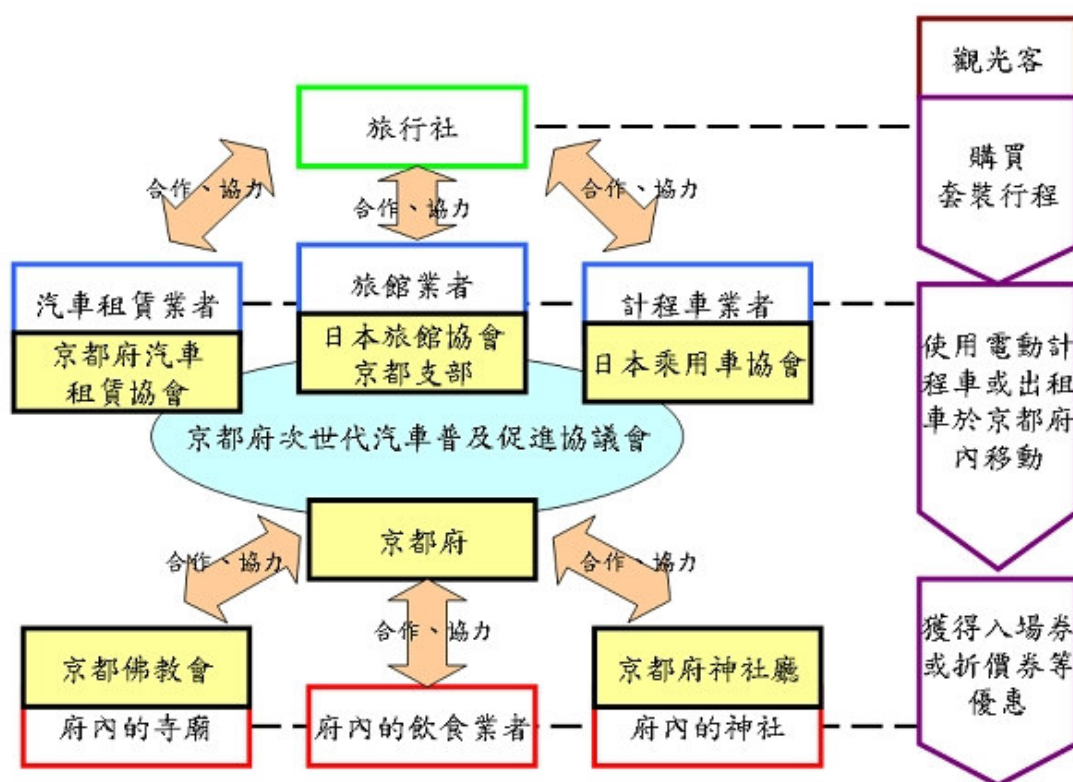


圖 1.2 京都府綠色旅遊推廣策略

1.2 京都電動計程車示範運行

目前京都有7家出租車公司、各式電動車共34部參與示範運行計畫[4]，車輛種類為分別為日產（NISSAN）LEAF 電動車、三菱（MITSUBISHI）i MiEV 電動車及豐田（TOYOTA）PRIUS 油電複合動力車。表1.1所示為電動車示範運行計畫成員資料。

表 1.1 京都電動車示範運行計畫成員資料

參加業者	使用車種	台數
 株式会社キャビック WEB	LEAF	2 台
	PRIUS	5 台
 京都第一交通株式会社 WEB	LEAF	2 台
 興進タクシー株式会社 WEB	LEAF	1 台
 高速タクシー株式会社 WEB	LEAF	2 台
	PRIUS	3 台
 帝産京都自動車株式会社 WEB	PRIUS	2 台
 都タクシー株式会社 WEB	LEAF	1 台
	i-MiEV	1 台
	PRIUS	5 台
 彌榮自動車株式会社 WEB	PRIUS	10 台

三菱i-MiEV於2009年公開銷售，係首款商業量產之純電動車，截至2010年底累積已生產超過5,000輛。該款車極為小巧，入門款續航力可達120公里，建議

售價288萬日幣，扣除日本政府補貼78萬日幣後，民眾實際僅需負擔202萬日幣(約台幣75萬元)。

日產LEAF於2010年商業量產，與i-MiEV不同，LEAF體積較大(體積與傳統1800 c.c.小轎車相當)，更適合一般家庭或車隊使用。日產原本規劃LEAF產能為年產1萬輛，惟上市第一年累積訂單即超過1.9萬輛，由於銷售情況超出預期，日產公司甚至一度暫停接收訂單，並緊急擴充產能以滿足市場需求。LEAF續航力可達120公里，日本當地售價約400萬日幣，扣除日本政府補助78萬日幣後，民眾實際僅需負擔322萬日幣(約台幣114萬)。

豐田PRIUS於1997年正式量產，是首款量產的油電複合動力車，目前全球累積銷售量已突破350萬輛。最新款的PRIUS為插電式複合動力電動車(簡稱：PHEV)，藉由加大車上電池容量，以及可由外部電源(例如家庭用電)為車輛進行充電，進一步提升車輛實用性。據原廠表示，該車依歐盟之標準測試方法所測得油耗為45.45公里/公升，國內售價約台幣125萬。

在獎勵措施部分，除日本中央政府提供78萬日圓購車補助外，京都地方政府另提供免除新車購置稅及年度汽車稅減半之優惠措施。設置充電座之成本約10萬日圓，扣除電動車業者與配合之充電設備商提供約5萬日圓補貼後，民眾實際僅需負擔約5萬日圓費用。

1.3 京都實地參訪行程

圖1.3為本次參訪搭乘之大都會計程車公司(都タクシー株式会社)LEAF電動車，本次參訪除體驗電動車實際表現外，亦觀摩京都地區充電站設置情況。



圖 1.3 LEAF 電動計程車外觀

京都府面積計827.9平方公里，截至2011年底為止，已設置快速充電站25座、普通充電站121座（充電接頭163個）[5]，平均每5.7平方公里就有一個充電站，使用尚稱便利，且充電座採統一規格接頭，故不同廠牌電動車均可充電。

以LEAF為例，電池由車上儀表板低電量警示燈亮起充電至100%，使用普通充電站約需6~8小時，若使用快速充電站則約30分鐘即可完成，且LEAF車主可參加成為日產專屬會員，享有至日產公司設置之快速充電站免費充電30分鐘之優惠，非會員充電30分鐘亦僅收費日幣525元（約台幣186元）。圖1.4及圖1.5為日產快速充電站外觀及操作情況。



圖 1.4 日產公司之快速充電站



圖 1.5 快速充電站作業情況

京都係日本古都，向以宗教文化遺產豐富著稱，相關團體對推廣低污染車輛亦相當配合，多於停車場劃設電動車專用停車位並設置充電接頭，惟本次參訪所到之處，停車場站均僅提供一席電動車專用停車位，為美中不足之處。圖1.6為

京都各地設置之電動車停車位，圖1.7為不同業者生產之充電座，圖1.8為電動車戶外充電實際作業情形。



圖 1.6 京都各地電動車專用停車位



圖 1.7 電動車專用充電座



圖 1.8 戶外充電座操作情況

實際搭乘電動車後，可發覺其噪音較傳統汽油車輛為低，馬力與加速性能則無明顯差異。當日陪同之駕駛為該輛電動車之專屬駕駛，依其使用經驗，電動車各項表現與汽油車相當，由於續航力可達120公里，且必要時尚可利用中午休息時間，至快速充電站補充電能，故整體而言電動車之經營型態與汽油車並無太大差異。

日本當地車輛普遍配備衛星定位導航裝置，電動車亦不例外，且均內建充電站位置資訊，故可快速引導車輛至最近之充電站，圖1.9 顯示電動車上衛星導航設備內建之充電站分佈資訊，及實際到訪之充電站。圖1.10為日產經銷商於展售間內陳設之電動車文宣品。



圖 1.9 衛星導航系統內建充電站資訊



圖 1.10 車商展示之電動車宣導文宣

1.4 心得與小結

隨著原油耗竭及暖化等因素之影響，電動車全面取代內燃機引擎車輛是必然的趨勢，然受限於現階段車用電池性能仍未能兼顧「價格低廉」與「性能優異」，短期內電動車之推廣應是漸進式穩健發展。日本政府據此制訂出「次世代自動車戰略2010」等相關政策，輔導企業界建構整車、電池、基礎設施建構理等關鍵技術，並整合不同業者，建立充電接頭共用標準，整合各界朝電動車產業領導者之目標前進。環顧自2009年以來，於歐美日等先進國家正式商業銷售之三款電動車中（分別為三菱i-MiEV、日產LEAF及通用集團旗下之Chevrolet Volt），日本品牌即佔其二，顯見日本發展電動車策略有其成效，相關經驗值得我國參考。

依實地參訪過程中與車輛駕駛人及電動車銷售業者訪談結果，車輛價格偏高確實影響部分民眾使用意願，已使用者對於電池壽命及整車耐用性亦抱持懷疑態度，相關問題除有賴政府單位與業者共同努力外，也需累積長期使用經驗以解除民眾疑慮。

另有關國內各界較為關切之充電議題，日本全國除已設置2,000餘座充電站外，一般家庭均自備有停車位可增設充電設施，民眾返家後即可自行充電，故使用上並無太大困難。至於電池是否考量採交換式設計，日方認為設計較為複雜，將導致成本增加及安全性疑慮，特別在安全問題上，若不幸發生意外事件，電池供應商、車輛製造商、充電站設備商/操作營運商

及使用者之間如何釐清責任，不無疑慮。日方並舉例，快速充電站雖可短時間內補充電能，惟屬高電壓、大電流之充電方式，仍有一定程度之危險性，故並不允許民眾設置快速充電站。

2.日本黑煙檢測程序

依相關研究顯示，柴油車輛所排放之粒狀污染物（俗稱：黑煙）含有約1萬種化學物質，且部分物質經醫學實驗可能導致細胞病變等疾病[6]，故各國對柴油車之黑煙排放均積極進行管制。我國自77年開始針對車輛排放之各類空氣污染物進行管制，柴油車黑煙亦為納管對象之一，並參考鄰近日本之檢測方法，於93年公告「柴油汽車排氣煙度試驗方法及程序」，並於95年進行修正，提高馬力比退驗標準至35%。

「柴油汽車排氣煙度試驗方法及程序」共包括「無負載急加速排氣煙度試驗法」與「全負載定轉速排氣煙度試驗法」等兩種檢測程序，並藉由濾紙反射式煙度計來量測車輛的黑煙排放值。有鑑於國內汽車產業與日本關係密切，國情亦較為接近，且日本已參考歐美等國管制策略，於2007年開始實施新的黑煙檢測方法，為與國際柴油車管制法規趨勢調和，本次透過拜會全球最大之移動污染源檢測設備商HORIBA公司，瞭解日本國內最新柴油車黑煙管制措施，俾利供國內檢討修訂相關法令之參考。

2.1 歐美日各國黑煙管制規範比較

美國對於柴油新車(引擎)的管制標準向來嚴謹，對於NO_x、PM等污染物的法規標準愈趨嚴格；惟黑煙的認證標準則自1990年開始就未再更動，表2.1所示為美國重型柴油引擎的污染排放標準[7]。表2.1中黑煙的污染排放標準值為在acceleration/lug/peak modes下的黑煙不透光率濃度值，測試程序與方法則依據40 CFR Part 86 Subpart I在引擎動力計上進行測試。

在使用中車輛方面，管制方法可分為路邊攔檢(Roadside Inspection)、定期檢查(Periodic Inspection)及車隊自我認證(Self-Certification)等，表2.2為美國各州實施使用中車輛管制的方式[8]。以馬里蘭州為例，自2000年開始以路邊攔檢的方式執行重型柴油車的黑煙排放檢測，使用的測試方法為SAE J1667無負載急加速測試，黑煙管制標準則如表2.3所示。表2.3中之管制標準是由Environmental Protection Agency (EPA)、California Air Resources Board (CARB)、Society of Automotive Engineers (SAE)以及Maryland Motor Truck Association (MMTA)所共同制定，美國其他州亦採用此管制值。

表 2.1 美國重型柴油引擎污染排放標準[2]

	Year	CO (g/bhp-hr)	Idle CO (percent exhaust gas flow)	HC (g/bhp-hr)	NMHC + NOx (g/bhp-hr)	NOx (g/bhp-hr)	PM (g/bhp-hr)	Smoke ^a (percentage)
Federal ^b	1990	15.5	0.5 ^c	1.3 ^d		6.0 (NCP)	0.60 (NCP)	20/15/50
	1991-93	15.5	0.5 ^c	1.3		5.0 (ABT, NCP)	0.25 (ABT, NCP), 0.10 ^e	20/15/50
	1994-97	15.5	0.5 ^c	1.3		5.0 (ABT, NCP)	0.10 (ABT, NCP), 0.07 ^f , 0.05 ^g	20/15/50
	1998+	15.5	0.5 ^c	1.3		4.0 (ABT, NCP)	0.10 (ABT, NCP), 0.05 ^g	20/15/50
Proposed Federal ^b	2004+	15.5	0.5		2.4 or 2.5 with a limit of 0.5 on NMHC (ABT)		0.10 (ABT, NCP), 0.05 ^g	20/15/50
Federal ^b	1990	15.5	0.5 ^c	1.3 ^d		6.0 (NCP)	0.60 (NCP)	20/15/50
	1991-93	15.5	0.5 ^c	1.3		5.0 (ABT, NCP)	0.25 (ABT, NCP), 0.10 ^e	20/15/50
	1994-97	15.5	0.5 ^c	1.3		5.0 (ABT, NCP)	0.10 (ABT, NCP), 0.07 ^f , 0.05 ^g	20/15/50
	1998+	15.5	0.5 ^c	1.3		4.0 (ABT, NCP)	0.10 (ABT, NCP), 0.05 ^g	20/15/50
Proposed Federal ^b	2004+	15.5	0.5		2.4 or 2.5 with a limit of 0.5 on NMHC (ABT)		0.10 (ABT, NCP), 0.05 ^g	20/15/50

表 2.2 美國各州使用中柴油車輛之管制方式[3]

State	Roadside Inspection	Periodic Inspection	Self-Certification
Arizona (select areas)		×	
California	×		×
Colorado		×	×
Connecticut	×		
Idaho		×	
Illinois		×	×
Maine	×		
Maryland	×		
Massachusetts		×	
Nevada	×		
New Hampshire	×		
New Jersey	×	×	×
New York	×	×	×
Rhode Island	×		
Utah (select areas)		×	
Vermont	×		
Washington		×	

表 2.3 美國各州使用中柴油車輛之黑煙管制標準[3]

車型年	黑煙管制值(不透光率%)
1973 年以前	70
1974-1990 年	55
1991 年以後	40

歐盟部分，柴油新車的黑煙管制按車輛公稱排氣流量(Nominal flow；單位為 litres/second)區分而有不同管制值，且自 1972 年 8 月 20 日公告 EURO I 標準 (72/306/EEC 指令)以後就不再加嚴其規範；另聯合國於研擬調和國際規範之排煙試驗法(WHDC)時，亦針對低污染排放之引擎是否需進行黑煙測試進行討論。

日本部分，過去之檢測方式與我國幾乎相同，在新車型認證時須執行全負載定轉速與無負載急加速測試，惟自 2009 年 10 開始實施的後新長期規範中，已取消全負載定轉速的試驗，無論是新車型及使用中車輛皆僅執行無負載急加速測試。表 2.4 所示為日本黑煙排放的管制標準與實施期程[9]，表中包括新車型與使用中車輛的黑煙管制，以及車檢廠煙度計之汰換期程。由表 2.4 中可知，日本新長期規範自 2005 年 10 月 1 日開始實施，而重型車(GVW3.5 噸以上客貨車)新車與進口車自 2007 年 9 月以後開始以不透光率作為黑煙的檢測方式，黑煙不透光率管制標準為 0.8 m^{-1} ，2009 年 10 月 1 日開始實施的後新長期規範則再加嚴為 0.5 m^{-1} 。

對於使用中車輛黑煙的管制，則依符合之新車管制規範期別可分為三種：

(1)符合「新長期規範」且採不透光率黑煙認證之使用中車輛

符合新長期污染規範的車輛，黑煙認證的方式有兩種，2007 年 8 月 31 日(含)以前的車輛係採反射式黑煙濃度進行認證，管制值為黑煙濃度 25%；2007 年 9 月 1 日以後的車輛則是以黑煙不透光率進行黑煙檢測，管制值為 0.8 m^{-1} 。其中，採用不透光率認證的新長期規範車輛，在 2010 年 9 月 30 日以前，於辦理黑煙檢測時，可就反射式黑煙濃度或是不透光率兩者擇一進行測試，使用中車輛的管制標準與新車認證標準相同。但自 2010 年 10 月 1 日以後，採用不透光率認證的新長期規範車輛則僅能以不透光率進行檢測，如表 2.4 所示。

(2)符合「後新長期規範」之使用中車輛

自 2009 年 10 月 1 日開始，符合後新長期污染規範的車輛須以不透光率進行

黑煙認證，管制限值為 0.5 m^{-1} ，且因車輛使用過程中的黑煙檢測是以不透光率進行測試，所以使用中車輛的管制標準與新車認證標準相同。

(3)以光反射式黑煙濃度認證之使用中車輛

過去採用光反射式（即國內所稱之濾紙反射式）黑煙濃度進行黑煙認證的車輛，在車輛使用的過程當中，黑煙的檢測除了可以使用原本的光反射式黑煙檢測方式進行測試之外，亦可採用不透光率作為黑煙檢測的方式，管制值則依新車認證時的黑煙管制標準來做判定。舉例而言，1990年出廠之某車(黑煙認證管制標準為 50%)進行使用中車輛黑煙檢測時，若以光反射式進行黑煙檢測，則以黑煙濃度 50%作為合格與否的判定；若同一輛車是以不透光率進行黑煙檢測，則以 2.76 m^{-1} 作為判定標準。

表 2.4 中同時顯示車檢廠的不透光率煙度計導入與保留光反射式煙度計的期程，以光反射式煙度計而言，車檢場仍可保留光反射式煙度計，以對應光反射式黑煙濃度認證車輛的檢測需求。而在不透光率煙度計的導入方面，至 2010 年 9 月 30 日止，車檢廠仍可以光反射式煙度計檢測所有進場測試的車輛，包括光反射式黑煙濃度認證車輛以及不透光率進行黑煙認證的車輛；但自 2010 年 10 月 1 日開始，以不透光率進行黑煙認證的車輛則僅能以不透光率煙度計進行黑煙檢測。

表 2.4 日本柴油車黑煙管制標準與實施期程

		2007年 (9月)	2008年	2009年 (10月)	2010年 (10月)	2011年	...
法規期別		新長期			後新長期		
新車型認證 ^{*1}		黑煙 25%	不透光率 0.80 m ⁻¹		不透光率 0.50 m ⁻¹		
使用中 車輛	符合新長期不透光 率測試之車型	--	不透光率 0.80 m ⁻¹ 黑煙 25%		不透光率 0.80 m ⁻¹		
	符合後新長期不透 光率測試之車型	--		不透光率 0.50 m ⁻¹			
	符合光反射式黑煙 測試之車型	黑煙 25%、40%、50%				黑煙 25%、40%、50% ^{*3}	
特定維修 廠不透光 率導入與 保留光反 射式檢測 的期程	光反射式煙度計	保留光反射式黑煙認證車輛之測試需求 (當車檢場配有不透光率煙度計時，考量大部分車輛仍採用 光反射式煙度計進行測試之作法。)				保留光反射式黑煙認 證車輛之測試需求 ^{*3}	
	不透光率煙度計	至2010年9月底前，光反射式煙度計可用來 測試以不透光率進行黑煙認證之車輛。			以不透光率進行黑煙認證之車輛需 以不透光率煙度計進行測試		

備註：

*1 於2008年8月1日以後經車型認證後之進口車輛亦適用此標準。

*2 不透光率煙度檢測係指黑煙濃度值(25%、40%、50%)亦可以不透光率煙度值(0.80 m⁻¹、1.62 m⁻¹、2.76 m⁻¹)作為合格與否的判定。

*3 同時考慮以光反射式黑煙認證之車輛的數據蒐集和未來管制措施運作之檢討。

2.2 日本黑煙檢測法規沿革

為與世界法規潮流調和，並加強使用中柴油車 PM 與 NO_x 的檢測能力，日本已自 2007 年導入不透光率檢測方法的使用[10]。日本過去在使用中車輛的黑煙檢測是採用光反射式煙度計進行無負載急加速測試，光反射式檢測方法僅能量測黑煙濃度，而無法檢測出廢氣排放中的 PM 與 NO_x 排放量，無法有效納管柴油車各類污染物，因此國土交通省在 2003 年開始就檢測方法進行檢討，並自 2007 年開始導入不透光率檢測方法的使用，該方法已可將 PM 納入檢驗，惟針對 NO_x 之檢測部分，因涉及再現性欠佳等技術性問題，目前尚在評估中。

日本使用中柴油車輛的管制標準如表 2.5 所示，屬車重達 3.5 噸以上重型柴油車的管制值，由表中可知，日本自 2007 年的新長期規範開始導入黑煙不透光率的檢測方法，在這期間屬於過渡時期，對於黑煙的檢測方式採用濾紙反射式與不透光率兩者並行。而自 2009 年 10 月開始的後新長期規範中，新車型已取消濾紙反射式黑煙檢測。使用中車輛有一年緩衝期，至 2010 年 10 月前需全面改用不透光率煙度計進行黑煙檢測。

表 2.5 日本使用中柴油車輛黑煙管制標準

規制レベル	光反射式	光透過式	
	Bosch式 スモークメーター	オパシメーター	
	%	オパシティー濃度	光吸収係数
	%	%	m ⁻¹
ポスト新長期 ('09/10/1~)	—	—	0.5
新長期 ('07/9/1~)	25	29	0.8
長期規制~ 新長期('07/8/31)	25	29	0.8
短期規制	40	(49)	1.62
元年規制以前	50	(67)	2.76

備註：實線為主要實施規範，虛線為同步實施者。

此外，有鑑於原有的黑煙檢測方法需進行 3 次測試，檢驗過程中產生的噪音問題引起許多關切；同時為簡化操作流程，提升排氣檢測之效率，新的檢測方法最低只測試 1 次即可完成。日本導入不透光率檢測方法之說明資料詳如附件 1。

表 2.6 為日本不透光率檢測方法的推動歷程，在 2003 年邀集環境、交通等政府單位與研究機構共同召開之「新排氣檢測方法檢討會議」中，對使用中柴油車 NO_x 與 PM 的檢測方法提出草案，其中 NO_x 濃度的檢測方式是規劃在引擎全負載、60%最大馬力轉速下進行測試，而黑煙排放檢測則是在無負載急加速下進行測試。

表 2.6 日本不透光率檢測方法推動歷程

西元年	日本年號	會議場次	內容概要
2001	H13	第一次	<ul style="list-style-type: none"> • 黑煙測試方法(不透光率煙度計)
2002	H14	第一次	<ul style="list-style-type: none"> • 黑煙測試方法(檢測方法等) • 簡易底盤動力計排氣檢測意見調查
		第二次	<ul style="list-style-type: none"> • 檢測方法意見調查 • 簡易底盤動力計導入意見調查
		第三次	<ul style="list-style-type: none"> • 檢測方法、車檢廠意見調查 • 精密測試方法的意見調查 • 簡易底盤動力計負載測試導入方法
2003	H15	第一次	<ul style="list-style-type: none"> • H14 年度調查結果概要說明 • 負載檢測方法的調查方式
		第二次	<ul style="list-style-type: none"> • 有負載時黑煙、NO_x 的測試法概要 • 特定維修廠的排氣檢查方法調查 (京都南車檢廠 H15.10.20~H16 年度)
2005	H17	第一次	<ul style="list-style-type: none"> • 跟 PM 相關的新檢測方法介紹 (不透光率煙度計導入草案) • 關於 NO_x 檢查的必要性
2006	H18	第一次	<ul style="list-style-type: none"> • 跟 PM 相關的新檢測方法介紹 (不透光率煙度計導入草案)
2007	H19		<ul style="list-style-type: none"> • ~2 月 門檻值、檢測方法驗證、改善 (低溫環境試驗等) • ~3 月 不透光率檢測方法修正案 • 3 月 修正案公眾意見調查 • 5~7 月 標準檢測儀器的校正測試 • 7/31 法規修正公告 • 10/1~ 法規實施

2.3 黑煙不透光率的量測原理與裝置

柴油車所排放的黑煙濃度可以不透光率(opacity)來表示，採用的是光透過法。工作原理是由發射器端射出一束光線，使其穿過排氣管煙柱後達到接收器端，並計算其比例，稱之為「透光率」(transmittance)，而不透光率與透光率的總和為1.0。簡言之，不透光率乃指發射器射出光線穿過引擎煙柱後，無法到達接收器的比例。光透過法主要以可見光範圍的吸光度來量測，對引擎所產生的排煙進行量測，有反應快、能進行暫態循環連續測試等特點。圖2.1所示為不透光率煙度計的量測原理，由入射光強度與穿過排煙後的透射光強度就可用來計算透光率。

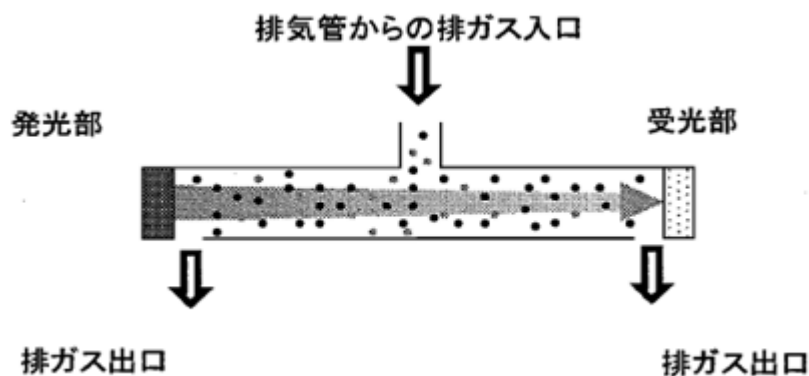


圖 2.1 不透光率煙度計的量測原理

不透光率與排氣中所含懸浮微粒的吸收、反射及折射等光學特性有關，也與光線穿過排煙的路徑長度有關，其關係可用Beer-Lambert Law來表示。

Beer-Lambert Law $I = I_0 \cdot e^{-kL}$ (1)

其中，I 為透射光強度； I_0 為入射光強度；k 為光吸收係數，單位為 m^{-1} ；L 為光學路徑長度，意即光線穿過排煙的路徑長度，單位為公尺(m)。

經換算可得計算式如下：

透光率(%) $T = \frac{I}{I_0} \cdot 100 = 100 - N$ (2)

不透光率(%) $N = (1 - \frac{I}{I_0}) \cdot 100$ (3)

光吸收係數(m⁻¹) $k = -\frac{1}{L} \cdot \ln(1 - \frac{N}{100})$ (4)

在不透光率量測裝置方面，[圖2.2](#)所示為HORIBA公司所生產的不透光率煙度計[11]，其裝置組成包括一個偵測器、一個取樣管，及一個控制器，並用來顯示測試結果。[表2.7](#)為不透光率煙度計的規格，符合ISO 11614標準的規範，詳細資料可參考[附件2](#)。



圖 2.2 不透光率煙度計(HORIBA MEXA-130S)

表 2.7 不透光率煙度計規格表(HORIBA MEXA-130S)[6]

Model	MEXA-130S
Approved standards	ISO-11614 (conformed)
Application	Measurement of smoke in the exhaust gas emitted from diesel engines
Principle	Opacity method Detector: Photo sensor Light source: 560 nm (green LED)
Range	Opacity: 0.00 to 100 % Light absorption coefficient: 0.000 to 10.00 m ⁻¹
Sampling method	Partial flow
Connection of sample gas	Dedicated probe (included), 2.5m, I.D. 10mm
Display and resolution	Liquid crystal display Opacity: 0.1 % Light absorption coefficient: 0.001 m ⁻¹
Input/output	Digital input/output: RS-232C Analog output: optional
Dimensions	Control unit: 240(W)×357(D)×156(H) mm Detector unit: 380(W)×90(D)×235(H) mm (excluding legs)
Mass	Control unit: Approx. 2 kg Detector unit: Approx. 4.5 kg

2.4 不同黑煙檢測方式的差異

由SAE的測試規範可知，在穩態下(steady state)所量測到之反射式煙度計與不透光率煙度計讀值間的關係，如圖2.3所示[12]。此為Bosch型煙度計(光反射式)、Celesco型煙度計(不透光率)及Hartridge型煙度計(不透光率)三者量測值間的關係，其中Celesco型煙度計又分成四種不同的管徑。圖2.3中同時列出三種煙度計量測值的對照表，煙度計讀值範例則列如表2.8所示。

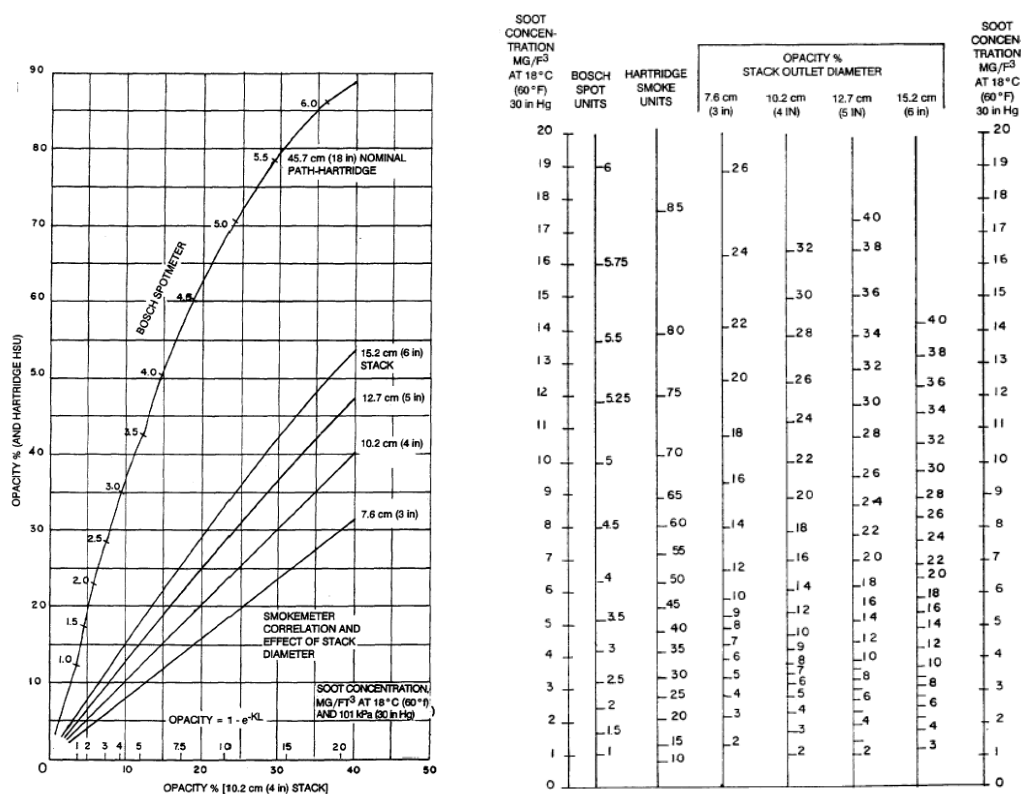


圖 2.3 反射式煙度計與不透光率煙度計的關係

表 2.8 三種煙度計量測值讀值(例)

	Bosch 型 (光反射式) [0~10 單位]	Hartridge 型 (不透光率) [0~100 單位]	Celesco 型 (不透光率) [%]				碳粒濃度 @18°C, 101 kPa [mg/ft ³]
			3 in	4 in	5 in	6 in	
範例 1	4.0	50	11.5	14.5	19	21	6.3
範例 2	3.0	35.5	7.5	9.5	12	14	4.2

利用圖2.3中反射式煙度計與不透光率煙度計讀值，並以多項式進行迴歸後，可得一關係式如圖2.4所示。由圖可看出經過六次多項式進行迴歸後，相關係數(R²值)達0.9999，此方程式可用來代表反射式黑煙濃度與不透光率黑煙濃度間的關係。以新長期規範(2007年9月1日實施)的光反射式黑煙濃度標準為25%而言，換算可得不透光率黑煙濃度為29%，再藉由第(4)式則可計算出光吸收係數(k值)為0.8 m⁻¹，如圖2.5，其中光學路徑長度(L值)為0.43 m (Hartridge 不透光煙度計的光學路徑長度)。圖2.5中同時標示出新長期規範與後新長期規範的管制值，分別為0.8 m⁻¹與0.5 m⁻¹，此管制值係參考歐洲的法規標準訂定的。

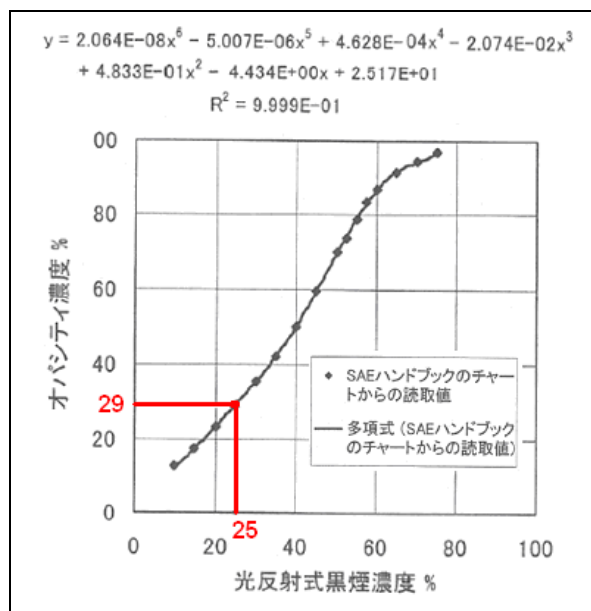


圖 2.4 反射式黑煙濃度與不透光率黑煙濃度間的關係

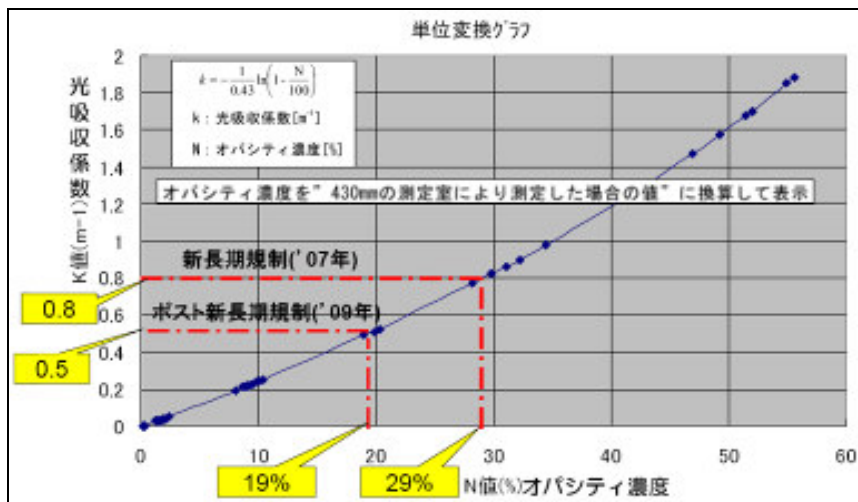


圖 2.5 不透光率黑煙濃度與光吸收係數間的關係

此外，光反射式黑煙檢測與不透光率黑煙檢測雖然都用於檢驗柴油車排煙情況，但兩者檢測的方式仍有諸多相異之處。圖2.6為AVL公司所生產的煙度計在黑煙測試過程中的煙度變化情形，包括AVL Smoke Meter 439(實驗室用煙度計)，以及AVL DiSmoke 4000(簡易型煙度計)，皆為不透光率煙度計。光反射式(即國內現行之濾紙反射式法)黑煙檢測是以定量的排氣氣體通過濾紙，藉由濾紙捕集累積排氣中碳微粒，相當於圖2.6中藍色面積的區域；不透光率煙度計(光透過法)則是量測排煙的透光率，擷取排氣煙度的峰值。此外，圖中兩種不透光率煙度計在引擎轉速達到最高轉速時，所擷取到的不透光率煙度峰值相當接近，顯示兩種儀器間的測值差異不大。

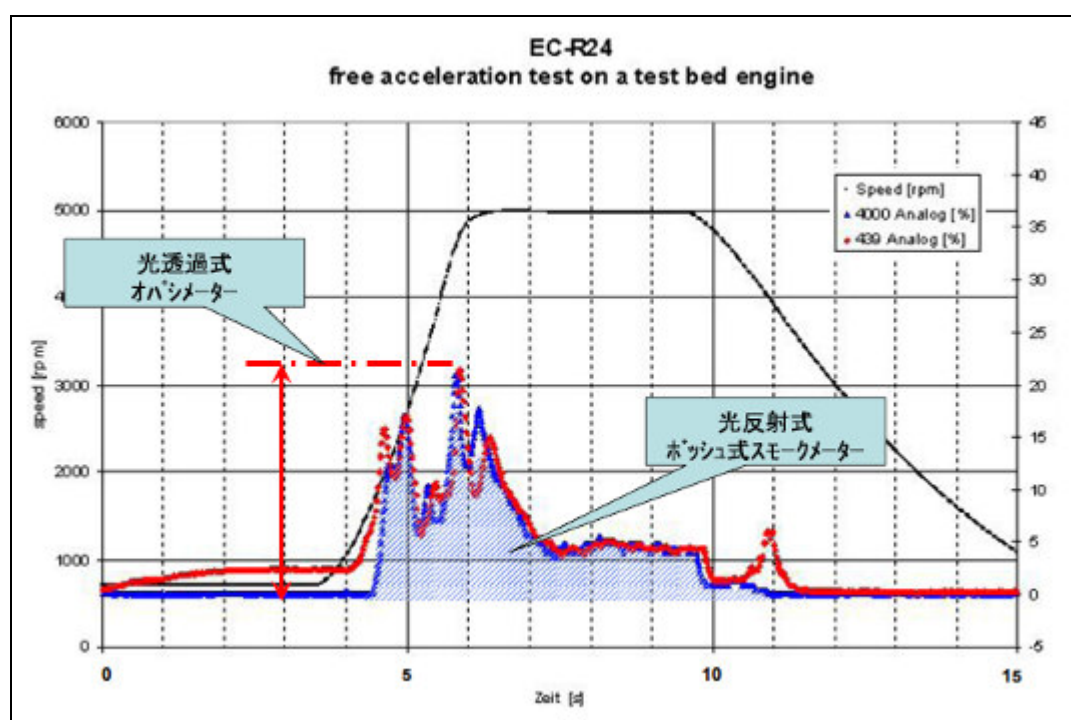


圖 2.6 不透光率黑煙濃度與光吸收係數間的關係

不透光率煙度計是以可見光範圍的吸光度來量測，在引擎所排放的廢氣中，除了黑煙以外，不透光率煙度計的測值亦會受水氣與NO₂等影響，圖2.7為光吸收係數與排氣中NO₂濃度的關係，這是以AVL Smoke Meter 439型煙度計所測得的結果。

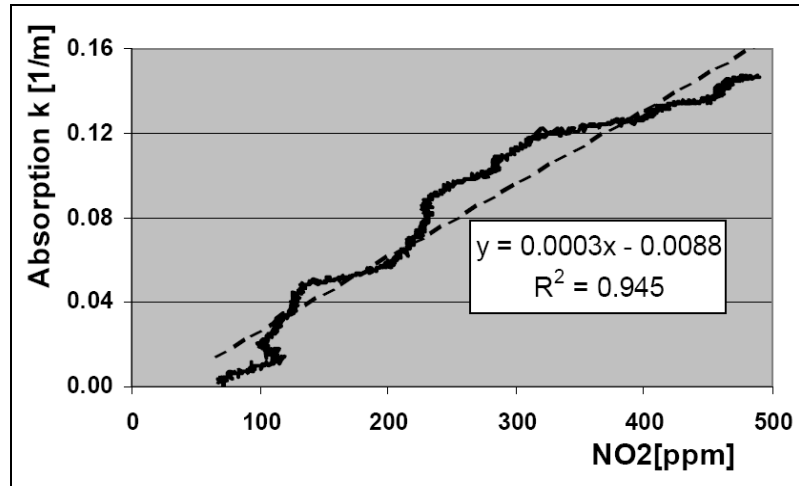


圖 2.7 NO₂ 濃度對於不透光率測值的影響

由於法令規定不同，國內過去對不透光率黑煙檢測方法的研究較少，李浩然等人曾進行過無負載急加速黑煙濃度的量測與分析[13]，使用KOMYO ST-100型反射式煙度計與Celesco 300型不透光率煙度計作為量測黑煙濃度的儀器，測試方法為CNS11644「柴油車無負載急加速排氣煙度試驗法」與CNS11645「柴油車全負載定轉速排氣煙度檢驗法」。根據研究結果，在無負載急加速過程中，排氣不透光率的變化是先有一段約0.3 sec的遲滯期，然後開始上升，到達最高點後又開始下降，整個變化共約1.0 sec，如圖2.8所示為柴油引擎在無負載急加速過程中引擎狀態的變化，圖中所示的變化是從信號產生器被踩下前0.1 sec開始記錄起。由圖可看出在踩下油門約0.09 sec後油門即已踩到底，不再有變化，而引擎轉速則在2 sec後趨於穩定，約為4800 rpm。

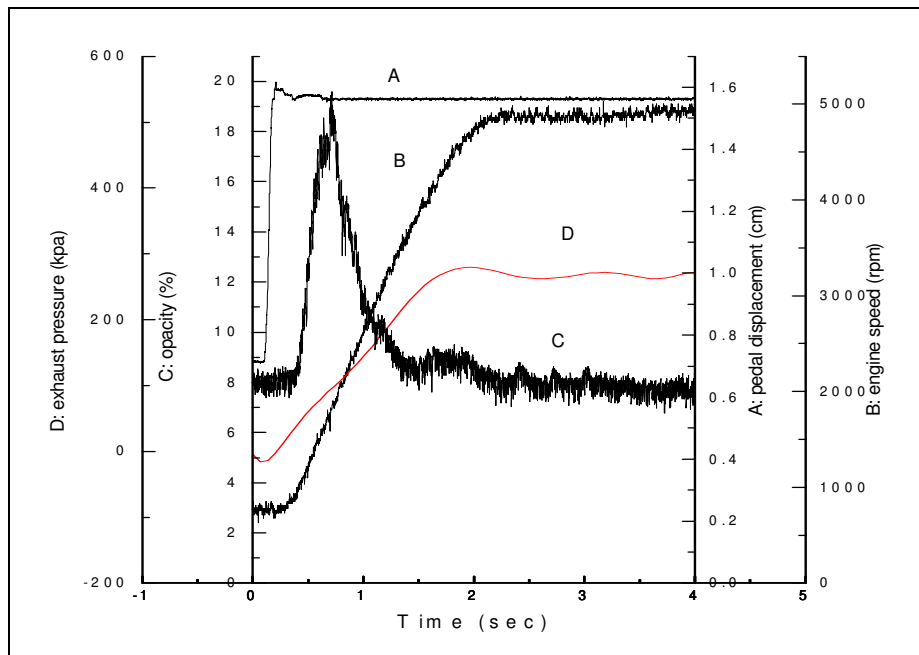


圖 2.8 柴油引擎在無負載急加速情況下的特性[8]

(A: 油門位移 B: 引擎轉速 C: 不透光率 D: 排氣管背壓)

由於無負載急加速係為引擎暫態的檢測方式，過去的研究顯示，在相同的測試程序下，光反射式與不透光率的煙度測試結果兩者間沒有明顯的相關性。圖2.9為日本柴油車的黑煙實車測試結果，這是利用符合長期規範(1999年車型)的車輛，分別以反射式煙度計與不透光率煙度計進行黑煙排放的檢測，測試程序採用無負載急加速。由圖可知，反射式煙度計的測試結果皆可符合當期的黑煙管制值(黑煙污染度25%)，且低於管制值一半以上；但若以不透光率煙度計進行測試，則會有部分測值超出管制限值(不透光率煙度29%)。此外，黑煙污染度低的車輛，其不透光率煙度卻不一定較低，圖2.9中有三個點其黑煙污染度為0%，此為同一台車輛的測值，但其不透光率煙度值在測試三次後，皆明顯高於管制值，因此以不透光率所測得之高污染車輛可能會有誤判的情形。而對於搭載柴油微粒過濾器(簡稱濾煙器或DPF)的低污染車輛，無論DPF損壞與否皆較易判別，即DPF損壞時，測值較大，而DPF正常時，無論光反射式或不透光率測值皆小。反射式煙度計與不透光率煙度計的檢測特點如表2.9所示。在售價方面，以AVL公司所生產的煙度計而言，濾紙反射式煙度計與不透光濾煙度計的價差差異約5萬元以內。

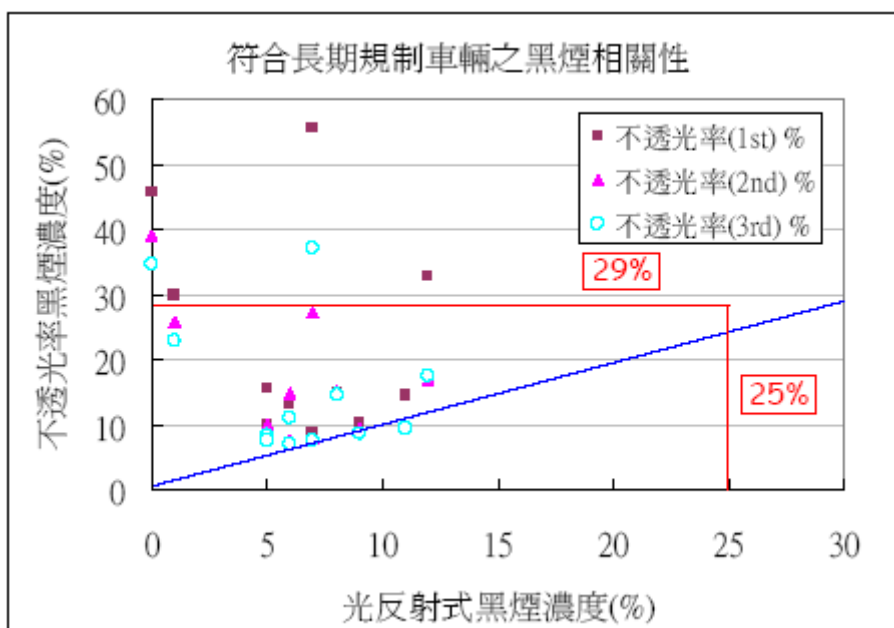


圖 2.9 柴油車黑煙相關性實車測試結果

表 2.9 反射式煙度計與不透光率煙度計的檢測特點比較

項目	光反射式	光透過式	備註
	Bosch 型煙度計	不透光率煙度計	
量測原理	以濾紙捕集排煙中之微粒，再以光反射來量測濾紙表面上所留下的碳微粒。	測量排煙的透光率，係指發射器射出光線後，穿過排煙到達接收器的比例。	-
檢測對象	濾紙過濾之黑煙微粒	可阻擋光穿透之所有物質(主要是黑煙，亦包含 PM、NO ₂ 等)	量測方法、檢測對象皆不同，難以找出相關性。
量測方法	排煙總量	排煙峰值	
量測下限	黑煙濃度 10%	不透光率濃度 0.1%	人員操作的影響大，使得重覆檢測的結果差異大。
運轉操作影響	相對較小	較大	
消耗品	濾紙	無	-
儀器價格	-	價格較高	儀器價格已有逐漸降低的趨勢。

2.5 日本黑煙不透光率的檢測程序與判定方式

依據環保署最新公告之「柴油汽車排氣煙度試驗方法及程序」，國內柴油車輛之黑煙檢測分為無負載急加速與全負載定轉速兩部份來執行[14]，圖2.10所示為柴油車排煙試驗流程。其中黑煙量測是以光反射式儀器來進行，而污染度%係依照CNS 9845「柴油車用反射式排氣煙度計」之規定，煙度計之取樣時間為1~2秒[15]。

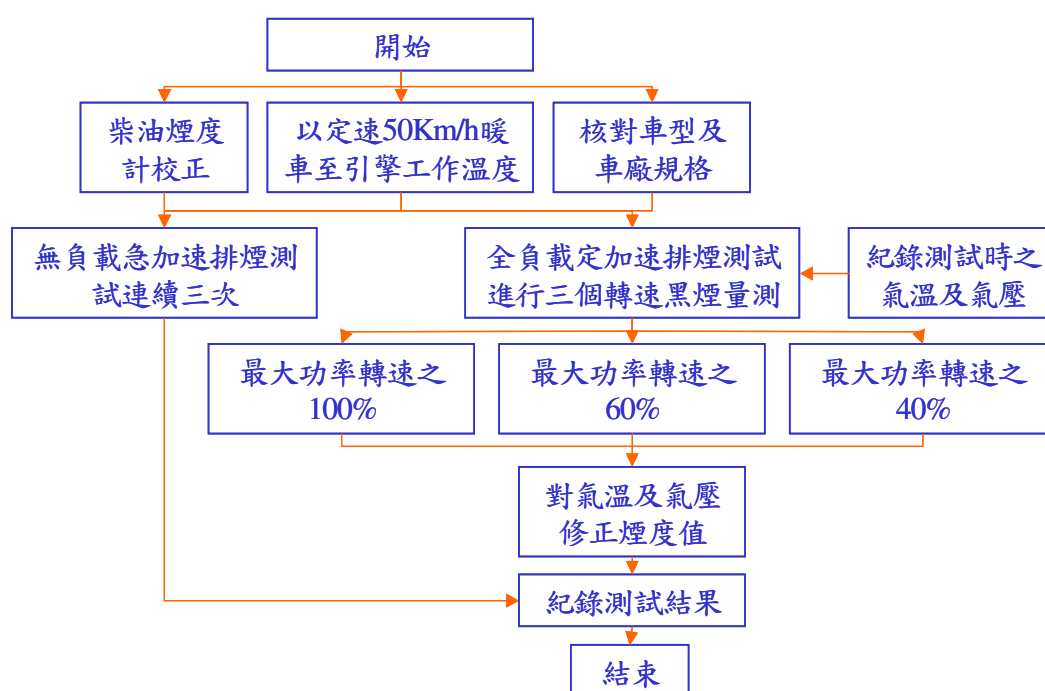


圖 2.10 柴油汽車排氣煙度試驗方法及程序

在無負載急加速排氣煙度試驗法中，試驗過程如圖2.11，包括暖車、吹除積存物及試驗取樣等，其主要執行步驟如下：

1. 暖車：車輛須以適當方式暖車達到車廠規定之引擎工作溫度。
2. 吹除積存物：車輛試驗前，須將檔位置於空檔，急加速後立即釋放油門踏板，連續三次，以清除排氣系統中之積存物，並記錄三次中最大引擎轉速，其應大於最大額定馬力轉速。
3. 試驗取樣：在吹除積存物後5~6秒內須開始進行試驗取樣。
 - (1) 開始試驗時，急加速並保持4秒後立即釋放油門踏板，回復至怠速，保持11秒(共計15秒)完成一次試驗循環。在每一次試驗循環，踏板開始動作時，

同時取樣。

(2)重復前述之步驟，至連續3次試驗循環記錄之煙度值相差不超過3%(污染度)為止。

4. 試驗結果：依測試方法連續取樣三次，並計算其平均值。

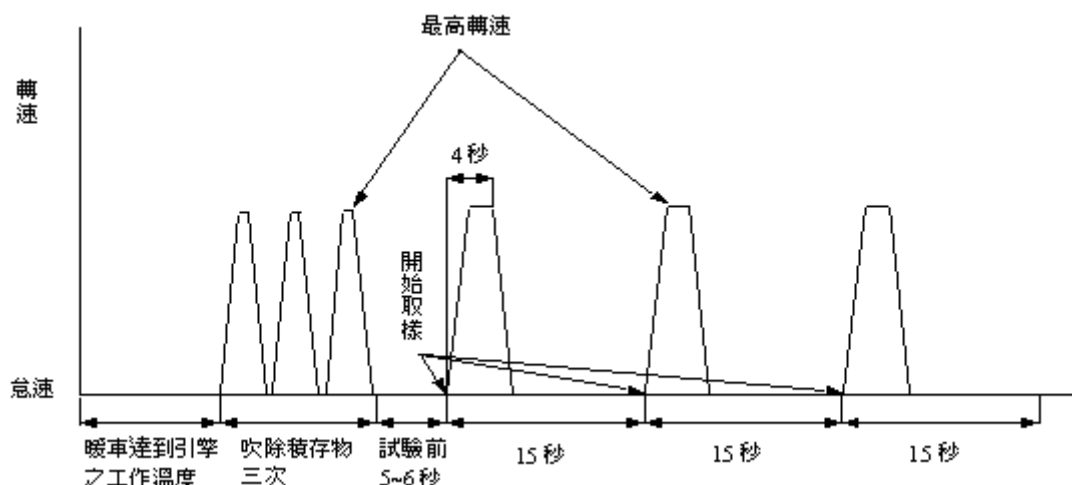


圖 2.11 無負載急加速排氣煙度試驗法(台灣-光反射式)

日本自2007年以後開始導入的黑煙不透光率檢測方法，其檢測程序詳如附件3，說明如下：

(一) 適用範圍：柴油汽車在無負載急加速狀態下之排氣光吸收係數的試驗方法。

(二) 試驗設備：

不透光率煙度計使用前須適當暖機，且使用當日至少需進行儀器校正一次。進行檢測前，需清除煙度計內殘留之黑煙及其他排放氣體，以避免影響光吸收係數之測定。

(三) 車輛狀態：

- (1) 引擎若已完成暖機，保持引擎於停止狀態。若引擎尚未暖機，則使引擎於無負載狀態下，油門踏板由怠速急踩到底使加速至最高轉速後立即回到怠速狀態，並重覆2至3次，使測試時引擎達正常工作溫度。
- (2) 變速箱置於空檔位置，使引擎於無負載狀態。若因車輛機械構造無法完全使引擎無負載，則盡量將連帶附屬裝置(如油壓泵等)之連動機構切離，使引擎於最小負荷狀態下進行測試。

(四) 試驗方法：

(1) 取樣裝置

排氣光吸收係數測試是將取樣管插入排氣管內部來進行量測，但是若對於插入至排氣管最內部有困難的車輛，量測時需有避免外部空氣混入之裝置措施。

(2) 車輛運轉條件(如圖2.12所示)

- (a) 測試前車輛須適當暖車至引擎工作溫度
- (b) 車輛在無負載狀態下運轉5~6秒
- (c) 將車輛油門踏板急踩到底，維持2秒鐘，之後再將油門踏板釋放。但是若不透光率煙度計具有引擎轉速量測功能，量測時只需將踏板踩至引擎最高轉速之位置即可。

(3) 排氣取樣時間

排氣取樣由前述將油門踏板踩下後 5 秒鐘內完成取樣。

(五) 測試結果判定(如圖2.13所示)

- (1) 由取樣之排氣流經不透光率煙度計所測得的光吸收係數最大值為量測結果。
- (2) 表2.10所示為不透光率排氣煙度試驗的規範值，表中包括法規標準值(regulation value)以及相對應的閾值(threshold value)，其中閾值為法規標準值的80%。若量測所得之測試值(測定值1)低於表2.10中左欄之法規標準值，且其值小於相對應之閾值(表2.10中右欄)時，則該測試值(測定值1)即為該車排氣之光吸收係數。
- (3) 若測試值(測定值1)超過閾值時，在4秒至10秒的間隔內重新測試一次，若量測所得之測試值(測定值2)小於閾值時，則該測試值(測定值2)即為該車排氣之光吸收係數。
- (4) 若測試值(測定值2)超過閾值時，則在4秒至10秒的間隔內再度測試第三次，並取此三次測試之平均值作為該車排氣之光吸收係數。
- (5) 當計算出測試值之光吸收係數後(包含前述規定之方法所得的平均值)，以四捨五入取至小數點第二位。

圖2.14為日本過去的黑煙檢測程序(光反射式)，比較圖2.12與圖2.14，可知日本過去的黑煙檢測程序(光反射式)與現行之測試方法(光透過式)差異不多，主要

在檢測設備的不同與測試結果的判定方式，列如表2.11所示。表2.11中同時列出我國現行柴油車無負載急加速試驗方法與日本測試程序的差異。

本次參訪HORIBA公司，該公司人員除說明日本黑煙檢測程序修改歷程外，亦現場展示不透光煙度計各項功能。新檢測方法最特別之處，是測試規範中並未要求記錄引擎轉，HORIBA公司人員表示日方普遍認為柴油車輛油門踏板踩到底之後，2秒內引擎即可達最高轉速，故不需特別擷取引擎轉速以確認引擎狀態是否符合要求。

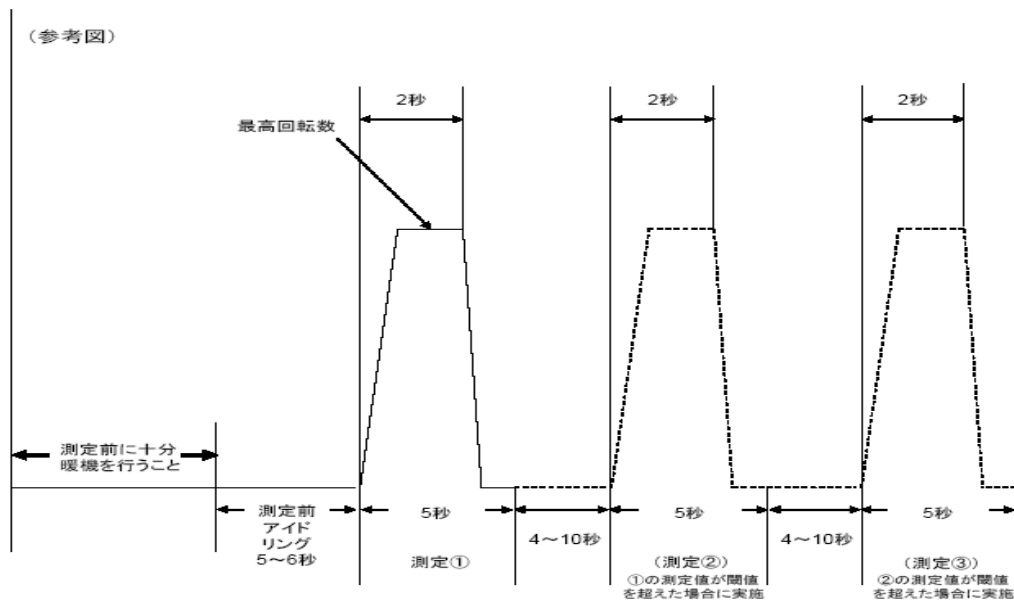


圖 2.12 無負載急加速排氣煙度試驗法(日本-光透過式)

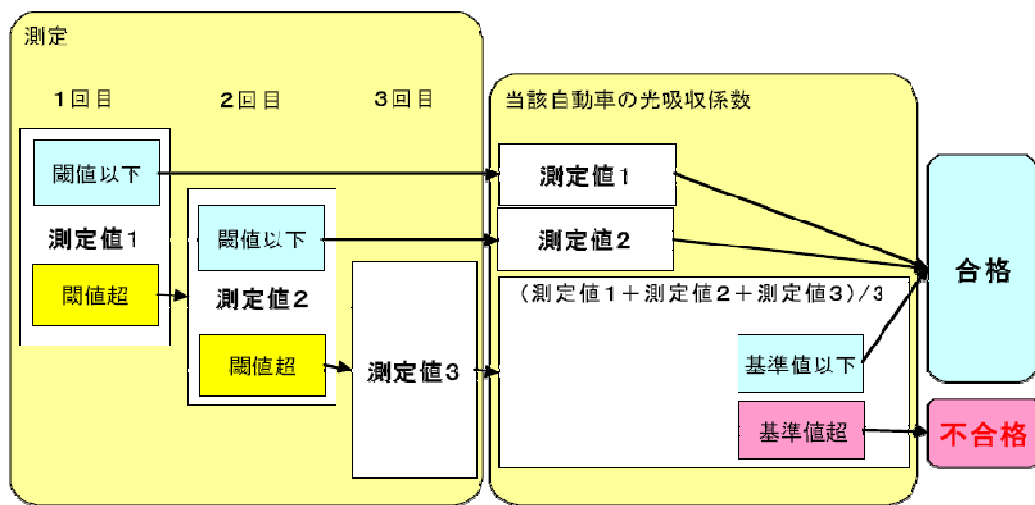


圖 2.13 無負載急加速排氣煙度測試結果判定方式(日本-光透過式)

表 2.10 無負載急加速排氣煙度試験の規範値(光吸収係數)

法規標準値	閾値
0.80 m ⁻¹	0.64 m ⁻¹
1.01 m ⁻¹	0.80 m ⁻¹
1.27 m ⁻¹	1.01 m ⁻¹
1.62 m ⁻¹	1.29 m ⁻¹
2.76 m ⁻¹	2.20 m ⁻¹

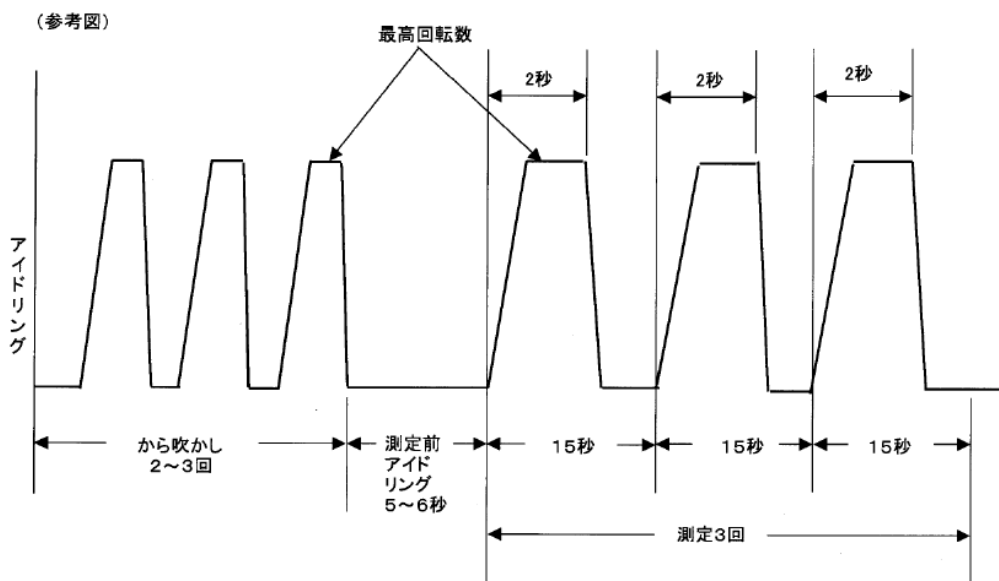


圖 2.14 無負載急加速排氣煙度試験法(日本-光反射式)

表 2.11 無負載急加速排氣煙度試驗法的差異

項目	日本 光反射式	日本 光透過式	台灣 光反射式	備註 (光透過式)
煙度檢測	黑煙污染度(%)	光吸收係數(m ⁻¹)	黑煙污染度(%)	
管制值	-	增加閾值作為測試結果判定的依據之一	-	閾值為法規標準的80%
吹除積存物	測試前 5~6 秒前實施 2~3 次	改於測試前之車輛狀態準備實施 2~3 次	測試前 5~6 秒前實施 3 次	未強制需於正式試驗時實施
間隔時間	13 秒	4~10 秒	11 秒	
踩油門時間	2 秒	2 秒	4 秒	
取樣管取樣位置	插入排氣管內 20cm	插入排氣管內或有避免外部空氣混入之裝置措施	插入排氣管內	
測試結果記錄	<ul style="list-style-type: none"> 測量 3 次取平均值，依法規標準進行結果判定。 小數點後第一位四捨五入，記錄到整數。 	<ul style="list-style-type: none"> 測量 1 次，或測量 2 次，或測量 3 次取平均值，依法規標準及閾值進行結果判定。 小數點後第三位四捨五入，記錄到小數點後第二位。 	<ul style="list-style-type: none"> 測量 3 次取平均值，依法規標準進行結果判定。 小數點第一位四捨五入，記錄到整數(法規實驗室)。 小數點第一位無條件捨去，記錄到整數(動力站)。 	

2.6 心得與小結

我國柴油車排氣煙度管制自民國76年開始實施，早期係依CNS11644及CNS11645進行檢測，並在檢討歷年執行成效後，於93年公告實施「柴油汽車排氣煙度試驗方法及程序」，增列「使用中柴油車輛檢驗時，試驗車輛在車體動力計上於100%最大額定馬力轉速之試驗點，其實測馬力不得低於最大額馬力之30%，未達30%者退驗」規定，增加此退驗機制之目的在於遏止部分車主或調修廠以擅調方式規避檢測。「柴油汽車排氣煙度試驗方法及程序」於95年並於修正公告，進一步提高退驗馬力比限值至35%。

日本自2007年9月開始採用不透光率檢測方法進行新車型認證，對於使用中車輛黑煙的管制，則依新車管制規範期別區分，自2010年10月1日以後，採黑煙不透光率認證的車輛僅能以不透光率進行檢測；過去採用光反射式進行黑煙認證的使用中車輛，可以反射式黑煙濃度或是以黑煙不透光率進行測試。由於黑煙管制方式的切換，日本的車檢廠或是維修廠需配有兩種黑煙檢測儀器，以因應民眾檢測需求。

由於目前僅我國仍使用濾紙反射式黑煙檢測方法，明顯不符合國際管制潮流，為求與國際柴油車管制法規接軌，環保署已著手評估引進不透光率煙度計進行黑煙檢測之可行性，且為維持新車型及使用中車輛檢驗方式之一致，可借鏡日本法規修改之經驗與作法，並考量下列因素：

(1) 管制對象

依據交通部統計處的資料，柴油車的數量約為50萬輛左右，而車齡10年以上的老舊車輛約佔柴油車總數的50%以上[16]，顯示國內柴油車使用年限長，未來若修改黑煙檢測的方法，可預期大多數受檢對象仍會是車齡較高的使用中車輛。

(2) 減少變異

HORIBA公司人員指出，不同檢測人員的操作對於不透光率的測試結果影響很大，國內執行檢測經驗亦有類似結果。因此未來國內使用中車輛黑煙管制方法的改變，除應制訂標準檢測程序與儀器規範外，檢測人員之教育訓練亦應納入考慮。

(3) 標準轉換

不透光率與光反射式兩種黑煙檢測方法並不相同，雖然SAE handbook 內提供穩態狀態下的關係式，但無負載急加速屬於暫態運轉的檢測方式，兩者間之相關性較有疑慮。惟依環保署研究，累計執行169輛次實車比對測試，73.9%車輛於踩踏油門後1秒內排煙達峰值，不透光率與反射式兩種黑煙檢測結果相關係數(R^2 值)為0.71；89.3%車輛於踩踏油門後2秒內其排煙可達峰值，不透光率與反射式兩種檢測結果相關係數(R^2 值)為0.64[17]，顯示兩者具相關性。

(4) 有效防弊

依國內經驗，車齡10年以上車輛比例偏高，且部分車主疏於定期維護保養，若因排煙污染遭通知進行檢測，則以擅調引擎油門等方式規避稽查，且因擅調車輛引擎處於不正常運轉狀態，容易引發車輛受損之糾紛，造成管制上之困擾。傳統機械式噴油系統車輛較容易遭擅調影響，目前檢測程序之馬力比未達35%退驗機制已具防弊功能，惟管制標準應可再予提高（提高至40%至45%），進一步督促車主落實維修保養。另國內符合4期以後排放標準之柴油車輛均已改採電腦控制，遭擅調的可能性明顯較低。

(5) 簡政便民

我國現行黑煙檢測程序約需20分鐘，過程中須急踩油門數次，許多車主反映測試程序與實際用車經驗不符、質疑測試造成車輛受損，並產生明顯之噪音及廢氣污染問題。未來若能參考日本最新排煙檢測方法，據以修訂「柴油汽車排氣煙度試驗方法及程序」，則檢測程序即可大幅簡化，僅需3至5分鐘即可完成檢測。但考量受管制對象仍以老舊之機械式噴油引擎為主，故仍應搭配馬力比驗證之防弊機制。

肆、心得與建議

1. 市售電動車續航力已可超過 120 公里，足敷一般民眾通勤或其他日常生活需求，惟價格仍明顯高於性能相當之傳統汽車，故推廣初期仍須有補助、減稅等經濟誘因，以創造市場需求。
2. 充電環境是否完備影響電動車輛推動成效，我國未來規劃推廣策略時，應考量於公、私停車場所廣設充電設施，供車輛於停放期間同時補充電能，以進一步提升電動車使用意願。
3. 目前生產之電動車輛，電池均採不可交換式設計。雖有業者提出交換式電池之構想，亦在日本辦理示範計畫，惟後續並無進一步發展，經瞭解原因，主要係各家電動車業者開發之車型、掌握之技術能力等均不相同，使用模組化通用電池難度極高，且交換電池設計除增加成本外，安全性亦有疑慮。
4. 我國並無產製柴油車引擎之能力，相關車輛均係整車自國外引進或由國外原廠授權國內車廠進行組裝，故檢測方法宜參考國際間通用之檢測方式辦理較為適宜。
5. 日本車輛產業與我方關係密切，國情亦較為接近，我國現行柴油車排煙檢測方法即參考日本檢測方法訂定。惟日本業於 2009 年採用新的檢測程序，大幅簡化檢測流程，相關措施可納入我國檢討修訂柴油車排煙檢測程序之參考。
6. 我國使用中柴油車普遍車齡較高，且部分車主並未落實定期維護保養工作，若遭通知檢驗則以擅調方式規避檢測，故除應持續實施馬力比不足即予退驗之防弊機制外，退驗標準亦應依實車調查結果檢討調整，進一步遏止擅調歪風。

參考文獻

- [1] 次世代自動車戰略 2010，（2010），日本經濟產業省網頁資料。
<http://www.meti.go.jp/press/20100412002/20100412002-3.pdf>
- [2] 京都府電動車普及化計畫書，（2009），京都府網頁資料。
<http://www.pref.kyoto.jp/denkizidousya/resources/1257904817768.pdf>
- [3] 京都府綠色旅遊導覽，（2012），京都府網頁資料。
<http://www.pref.kyoto.jp/denkizidousya/resources/1326852453398.pdf>
- [4] 京都府電動出租車旅遊資訊，（2012），京都出租車協會網頁資料。
<http://kyoto-taxi.or.jp/torikumi/EVkankou-taxi.htm>
- [5] 京都府電動車充電站資訊，（2011），京都府網頁資料。
<http://www.pref.kyoto.jp/denkizidousya/resources/1283132414643.pdf>
- [6] 徐玄建、張木彬，（2002），”汽車排放戴奧辛之特徵研究”，國立中央大學91年度碩士論文。
- [7] US EPA website, Emission Standards Reference Guide for Heavy-Duty and Nonroad Engines.
<http://epa.gov/otaq/cert/hd-cert/stds-eng.pdf>
- [8] Maryland Department of the Environment (MDE) website
http://www.mde.state.md.us/Programs/AirPrograms/Mobile_Sources/dieselemiscontrolprog/DVECP/how.asp
- [9] 日本國土交通省網站公告(2007年3月16日)
http://www.mlit.go.jp/kisha/kisha07/09/090316_2_.html
- [10] 日本國土交通省網站公告(2007年7月31日)
http://www.mlit.go.jp/kisha/kisha07/09/090731_2.html
- [11] HORIBA, Ltd. website, Opacimeter MEXA-130S.
<http://www.horiba.com/publications/readout/article/opacimeter-mexa-130s-344/>
- [12] SAE J255, (1995), “Diesel Engine Smoke Measurement”, 2000 SAE Handbook.

- [13]李浩然、盧昭暉，(1998)，”無負載急加速測試中柴油車黑煙濃度之量測與分析”，國立中興大學86學年度碩士論文。
- [14]行政院環境保護署公告，(2006)，「柴油汽車排氣煙度試驗方法及程序」，環署空字第0950005138A號。
- <http://ivy5.epa.gov.tw/epalaw/search/LordiDispFull.aspx?ltype=04&lname=4160>
- [15]CNS 9845 柴油車用反射式排氣煙度計
- [16]交通部統計處，「交通統計月報」，統計至100年底。
- http://www.motc.gov.tw/motchypage/monthly_ebook/10012book.pdf
- [17]春迪企業股份有限公司，(2011)，「使用中柴油車污染管制及檢驗制度建置專案工作計畫」期末報告，行政院環境保護署委託計畫。

附件一

日本導入不透光率檢測方法說明

整備工場の皆様へ

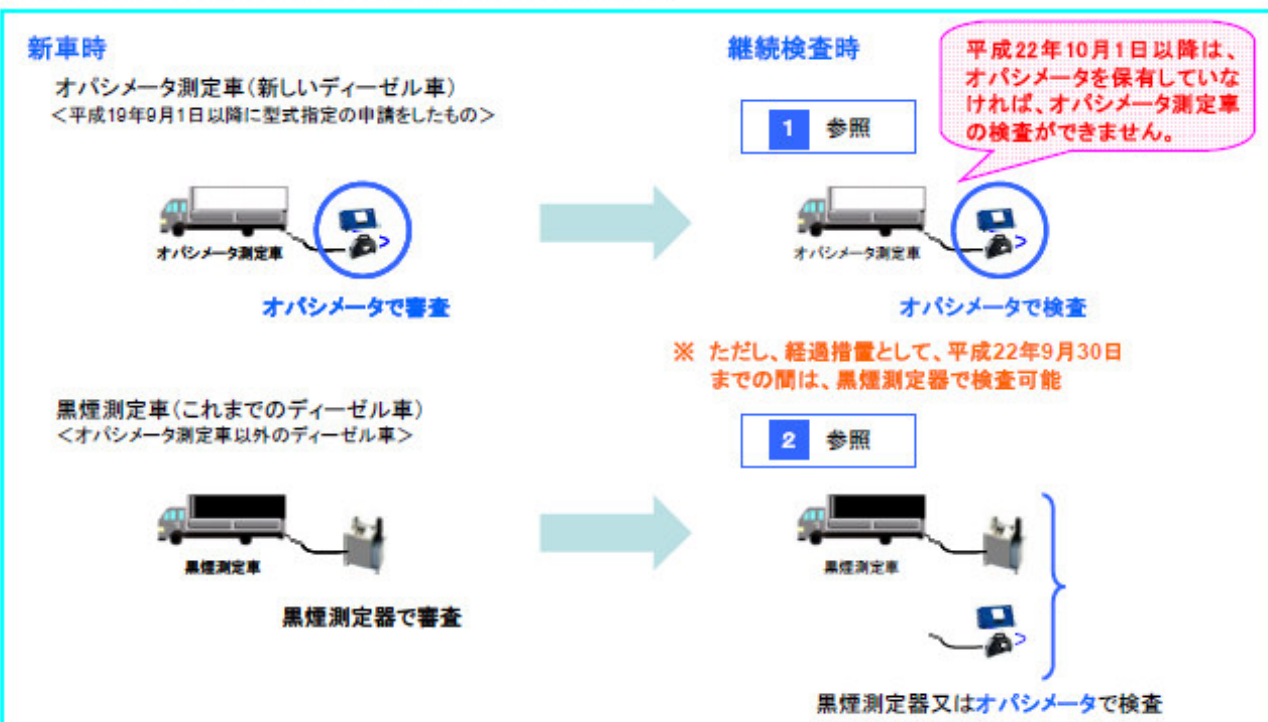
黒煙の検査方法が変わります

— 黒煙測定器からオパシメータへ —

国土交通省自動車交通局
技術安全部環境課・整備課

オパシメータを使用したディーゼル車の排出ガス検査が始まっています。

ディーゼル車の新しい排出ガス検査方法(平成19年7月31日～)



1 「オパシメータ測定車」は、オパシメータを使用して検査します。

- 次のいずれかに該当するディーゼル車は、「オパシメータ測定車」であり、オパシメータにより検査を行います。
(規制値) 新長期規制適合車:0.80 m⁻¹(ハ-メーター) ポスト新長期規制適合車:0.50 m⁻¹)

- (1)車検証の備考欄に「オパシメータ測定」と記載されているもの
- (2)車検証に記載されている型式指定番号が、「16000」番以降のもの(特殊自動車を除く。)
- (3)ポスト新長期規制適合を示す排出ガス記号(3桁の排出ガス記号であって1桁目がL、M、R又はS))が付されているもの

オパシメータ
測定車

- ただし、平成22年9月30日までの間は、黒煙測定器により検査することができます。(判定値:25%)
(参考) オパシメータ測定車は、平成20年11月頃から、継続検査に持ち込まれる見込みです。

2 黒煙測定車(オパシメータ測定車以外のディーゼル車)は、黒煙測定器又はオパシメータにより検査します。

- 黒煙測定車は、これまでどおり黒煙測定器により検査できるほか、オパシメータにより検査することもできます。

黒煙測定車の規制値・スクリーニング値

規制値・スクリーニング値	規制値	スクリーニング値
	黒煙測定車 (オパシメータ測定車以外のディーゼル車)	黒煙による汚染度 (黒煙測定器を使用する場合)
黒煙 50%規制車 (下記車両を除く黒煙測定車)	50%	2.76 m ⁻¹
黒煙 40%規制車 (識別記号: KA, KB, KC, KD)	40%	1.62 m ⁻¹
黒煙 25%規制車 (識別記号: KE 以降、3桁のもの)	25%	0.80 m ⁻¹

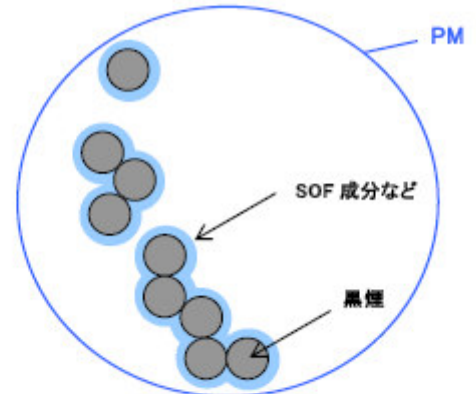
「スクリーニング値」とは、黒煙測定車をオパシメータにより検査する場合に、基準に適合しているとみなすことができる値をいいます。

なぜ、オパシメータを導入するのですか。

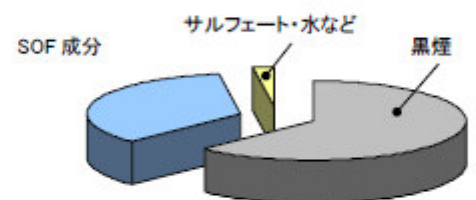
不透光導入原因: 隨著車輛進步對排放的要求會更精細, PM中除了黑煙外還有SOF等其他污染物質, 藉由不透光率以檢測黑煙及其他物質。

■ 背景

自動車排出ガスに含まれる有害物質のうち粒子状物質 (PM) については、発がん性、気管支ぜん息、花粉症等の健康影響との関連が懸念されており、また、浮遊粒子状物質 (SPM) の中でも、より粒径の小さい粒子 (微小粒子) の大気環境濃度と健康影響との関連性が新たに着目されていることから、その低減対策の推進を図っているところ。この一環として、これまでの車検 (継続検査) では、ディーゼル車から排出される PM の検査として、黒煙測定器を使用して排出ガスの黒煙による汚染度を測定していました。しかしながら、近年の排出ガス規制の強化に伴うディーゼル車の排出ガス低減技術の高度化の結果、最近のディーゼル車ではほとんど黒煙が排出されなくなっており、今後の PM 検査においては、排出割合が増えている軽油や潤滑油の未燃焼成分である青煙等の可溶有機成分 (SOF 成分) まで含めて測定することが重要となっています。これに対して、これまでの黒煙測定器は、SOF 成分を測定することができず、また、今後予定されている排出ガス規制の一層の強化が行われた場合、測定精度の面においても対応が困難となります。このため、平成 19 年 9 月以降の新型車より、黒煙測定器による黒煙検査に代えて、SOF 成分まで含めてより高精度に測定が可能である「オパシメータ」を使用した PM 検査を順次開始しています。



粒子状物質 (PM) の模式図



PM の構成

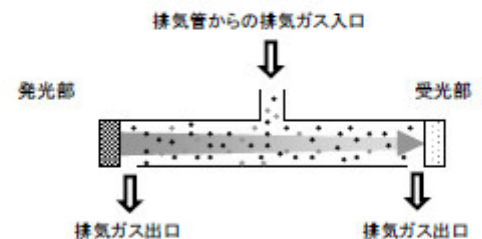
■ オパシメータ

オパシメータは、排気管より採取した排気ガスに光を透過させて、その透過率から PM による排出ガスの汚染度 (光吸収係数 $[m^{-1}]$) を測定します。

黒煙測定器と比べて、次の特徴を有します。

- ▶ PM 中の成分のうち、黒煙のほか、軽油や潤滑油の未燃焼成分である SOF 成分まで測定可能
- ▶ 光吸収係数 $0.025 m^{-1}$ レベルの測定精度
- ▶ ろ紙などの交換品が不要

相對於濾紙式有以下特點:
1. 可以測定 PM 中的成分除了黑煙外亦有其他潤滑油未燃燒完全的 SOF
2. 光吸收係數測定精度達 $0.025 m^{-1}$
3. 不用更換濾紙



発光部からの光は排気ガス中の煙で減衰されて受光部に入る。この減衰された光量から排気ガスの光吸収係数 (m^{-1}) を計測する。

オパシメータの測定原理

Q&A

Q 「オパシメータ測定車」を黒煙測定器により検査することはできないのですか。

A 黒煙測定器は、PM 中の多種多様な成分のうち黒煙しか測定することができません。このため、オパシメータ測定車を黒煙測定器により検査することはできません。(ただし、平成 22 年 9 月 30 日までの間は、経過措置として、オパシメータ測定車を黒煙測定器により検査することが認められています。)

スケジュール(指定整備工場へのオパシメータ導入関連)

指定整備工場へのオパシメータ導入スケジュール

	平成 19 年 7/31	平成 20 年 (11 月)	平成 21 年	平成 22 年 10/1
オパシメータ測定車		平成 20 年 11 月頃から、「オパシメータ測定車」が継続検査に持ち込まれ始めます。	オパシメータ又は黒煙測定器により検査(経過措置) 判定値 オパシメータ 黒煙測定器 0.80m ⁻¹ 25% 0.50m ⁻¹ ★ 25%	平成 22 年 10 月 1 日以降、「オパシメータ測定車」は、「オパシメータを使用して検査します。(黒煙測定器は使用できません。)」 オパシメータにより検査 判定値 オパシメータ 0.80m ⁻¹ 0.50m ⁻¹
黒煙測定車	黒煙測定器により検査 判定値 黒煙測定器 50% 40% 25%	黒煙測定器又はオパシメータにより検査 判定値 黒煙測定器 オパシメータ 50% 2.76 m ⁻¹ 40% 1.62 m ⁻¹ 25% 0.80m ⁻¹		

Point1 平成 19 年 7 月 31 日から、黒煙測定車をオパシメータにより検査できるようになりました。

Point2 平成 20 年 11 月頃から、オパシメータ測定車が継続検査に持ち込まれ始める予定です。

Point3 平成 22 年 10 月 1 日から、オパシメータを保有していなければ、オパシメータ測定車の検査が認められなくなります。

Point4 ポスト新長期規制適合車(3桁の排出ガス記号であって1桁目がL、M、R又はS)の判定値は、「0.50m⁻¹」(オパシメータ測定)です。(★)

Q&A

Q ディーゼル車を取扱う指定整備事業者は、オパシメータを保有しなければならないのでしょうか？

A ディーゼル車を取扱う指定整備事業者が保有する検査機器については、黒煙測定器又はオパシメータのいずれかで良いこととしております。ただし、平成 22 年 10 月以降は、オパシメータを保有していなければ、オパシメータ測定車を検査することが認められなくなります。

Q&A

Q オパシメータしか保有しなくても、黒煙測定車を検査することができますか？

A オパシメータを備えていれば、オパシメータ測定車はもちろん、ほとんど全ての黒煙測定車に対応することができます。(詳しくは、「検査の方法 ③」をご覧ください。)

Q&A

Q 他の指定整備工場と、黒煙測定器やオパシメータを共同使用することはできますか？

A 黒煙測定器やオパシメータについては、他の検査機器と同様に、申請により共同使用をすることができます。この申請にあたっては、自動車による移動の所要時間がおおむね 1 時間以内の位置であることなどの要件や、必要な添付書類が定められておりますので、詳細については管轄の運輸支局又は各自動車整備振興会にお問い合わせ下さい。

Q&A

Q 自動車検査独立行政法人は、どのようなスケジュールでオパシメータを配備する予定ですか？

A 自動車検査独立行政法人は、以下のスケジュールでオパシメータを配備する予定です。

- 平成 19 年度 各車検場に 1 台ずつ配備
- 平成 20～21 年度 全ての検査コースに順次導入

なお、オパシメータの配備が完了するまでの間は、法令の定めるところにより、オパシメータ測定車について黒煙測定器を使用した検査も行います。

Q&A

Q ポスト新長期規制適合車を検査するときの判定値はどうなるのですか？

A ポスト新長期規制適合車の判定値は 0.50m⁻¹ (オパシメータ測定) です。ただし、平成 22 年 9 月 30 日までの間は、黒煙測定器による測定値が 25%以下であれば基準に適合するとみなします。(経過措置)

検査の方法 ① (オパシメータを使用した検査の方法)

オパシメータを使用した検査の方法

(詳しくは、「道路運送車両の保安基準の細目を定める告示(平成14年国土交通省告示第619号)」別添109をご覧ください。)

◆ 測定前の準備

1. オパシメータの状態
 - 使用開始前に十分に暖機すること。
 - 1日1回以上校正を行ったうえで使用すること。
 - 排出ガスを採取する前に、プローブに滞留した黒煙等の掃気を行うこと。
2. 自動車の状態
 - 停止状態とし、十分に暖機されていること。
 - 変速機の位置は中立とし、原動機を無負荷の状態とすること。



◆ 排出ガスの光吸収係数の測定

自動車の排気管内にプローブを根元まで挿入^{※1}、自動車を次の条件で運転する。(参考図)

調整運転: 無負荷運転(アイドリング運転)を5~6秒行う。

測定①:

- ・加速ペダルを急速に一杯まで踏み込み、踏み込み始めてから2秒間^{※2}持続した後、加速ペダルを放す。
- ・加速ペダルを踏み込み始めた時から5秒間測定を行い、その間における光吸収係数の最大値を測定する。
- ・測定値が下表の**閾値以下**であれば、その値を指定整備記録簿に記載する。(基準適合。検査終了)

測定②:

- ・測定値が下表の閾値を超えた場合には、4~10秒の間隔において、2回目の測定を行う。
- ・2回目の測定値が下表の**閾値以下**であれば、その値を指定整備記録簿に記載する。(基準適合。検査終了)

測定③:

- ・2回目の測定値が下表の閾値を超えた場合には、4~10秒の間隔において3回目の測定を行い、3回の測定の平均値を指定整備記録簿に記載する。**当該平均値が規制値以下**であれば基準適合。(検査終了)

なお、測定値(測定③で求める平均値を含む。)は、小数点以下第3位を四捨五入して記載すること。

自動車の種類・規制値別の閾値一覧

オパシメータ測定車の検査	規制値	閾値(しきいち)
ポスト新長期規制車(3桁のガス記号で1桁目がL,M,R,S)	光吸収係数 0.50m^{-1}	⇒ 光吸収係数 0.40m^{-1}
その他のオパシメータ測定車	光吸収係数 0.80m^{-1}	⇒ 光吸収係数 0.64m^{-1}

黒煙測定車をオパシメータにより検査	スクリーニング値	閾値(しきいち)
黒煙25%規制車	光吸収係数 0.80m^{-1}	⇒ 光吸収係数 0.64m^{-1}
(黒煙30%規制車(特殊自動車のみ))	光吸収係数 1.01m^{-1}	⇒ 光吸収係数 0.80m^{-1}
(黒煙35%規制車(特殊自動車のみ))	光吸収係数 1.27m^{-1}	⇒ 光吸収係数 1.01m^{-1}
黒煙40%規制車	光吸収係数 1.62m^{-1}	⇒ 光吸収係数 1.29m^{-1}
黒煙50%規制車	光吸収係数 2.76m^{-1}	⇒ 光吸収係数 2.20m^{-1}

Q&A

Q オパシメータを使用した検査における「閾値(しきいち)」とは、何ですか？

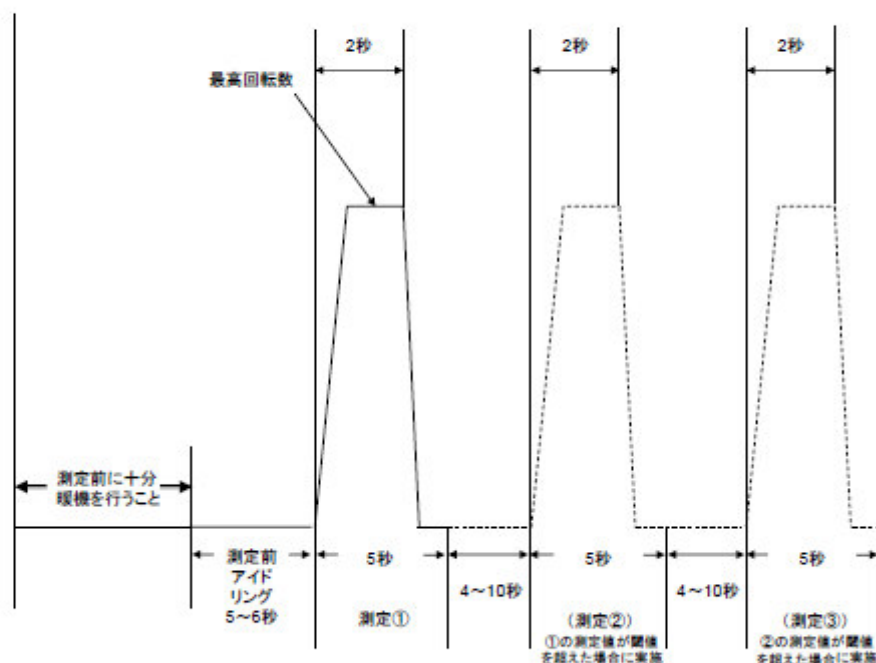
A オパシメータを使用した検査における「閾値(しきいち)」とは、本来3回測定の平均値により合否を判定するところを、1回目又は2回目の測定値により合格と判定することができる値です。オパシメータ(黒煙測定車をオパシメータにより検査する場合を含みます。)では、1回目又は2回目の測定値が閾値以下であれば、その時点で基準に適合するものとみなし、検査を終了することができます。

※1 根元まで挿入することが困難なときは、外気の混入を防止する措置を講じて測定を行います。

※2 原動機の回転数を自動で測定することができる機能を有するオパシメータを使用して排出ガスの光吸収係数を測定する場合にあっては、加速ペダルの踏み込みから最高回転数に達するまでの間、加速ペダルを踏み込めばよいものとします。

検査の方法 ② (オパシメータを使用した検査の例)

◆ オパシメータを使用した検査の方法(参考図)



◆ オパシメータを使用した検査の例

例：規制値 0.80m^{-1} のディーゼル車をオパシメータにより検査する場合

(1) 1回目又は2回目で合格判定ができる場合(閾値による合格判定)

1回目又は2回目の測定においては、表示された値の小数点以下第3位を四捨五入した値が閾値以下であれば、その時点で合格となります。

例1:	1回目測定値 0.644	四捨五入	$0.64 \leq 0.64$ (閾値)	○ 基準適合(検査終了)
例2:	1回目測定値 0.681	四捨五入	$0.68 > 0.64$ (閾値)	? 閾値超過(検査続行)
	2回目測定値 0.633	四捨五入	$0.63 \leq 0.64$ (閾値)	○ 基準適合(検査終了)

(2) 1回目及び2回目において合格判定ができない場合(3回測定平均値による合否判定)

1回目、2回目ともに閾値を超えた場合には、3回目を測定し、3回の測定の平均値により合否判定を行います。

平均値は、各表示値(小数点以下第3位)を使用して計算し、その結果について小数点以下第3位を四捨五入した値が規制値以下であれば、合格となります。(3回目の測定は、閾値による合格判定ができません。*)

例3:	1回目測定値 0.841	四捨五入	$0.84 > 0.64$ (閾値)	? 閾値超過(検査続行)
	2回目測定値 0.823	四捨五入	$0.82 > 0.64$ (閾値)	? 閾値超過(検査続行)
	3回目測定値 0.630	※3		

(3回平均) = $(0.841 + 0.823 + 0.630) \div 3 = 0.7646 \dots$ 四捨五入 $0.76 \leq 0.80$ (規制値) ○ 基準適合(検査終了)

※3 3回目を測定した場合(2回目までに合格判定できない場合)は、必ず3回の平均値を規制値に照らして合否を判定してください。

※4 平均値は、それぞれの表示値により計算し、その結果について小数点以下第3位を四捨五入してください。

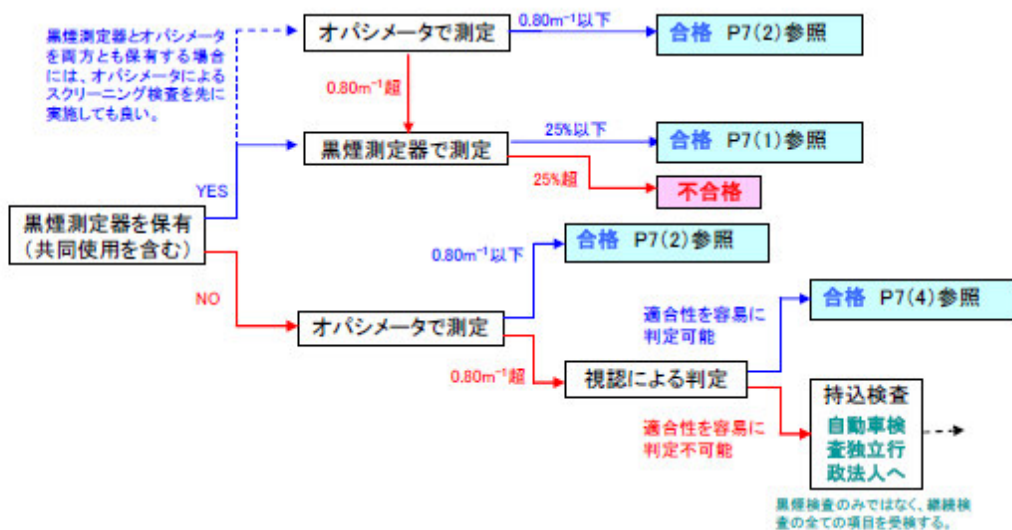
検査の方法 ③ (黒煙測定車の検査の方法・・・黒煙測定器のほか、オパシメータによる検査も可能です。)

黒煙測定車の検査のフローチャート

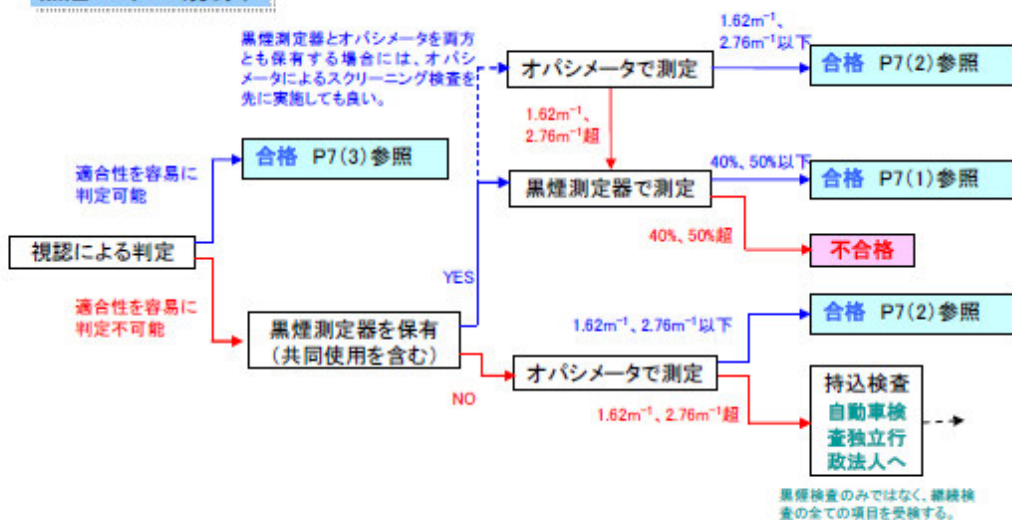
黒煙測定車は、これまでどおり黒煙測定器により検査しますが、オパシメータにより検査することも認められています(スクリーニング検査^{※5})。規制値に応じ、それぞれ以下のフローチャートをご参照ください。また、それぞれの場合における指定整備記録簿の記載例は、7ページをご覧ください。

黒煙25%規制車

- 黒煙25%規制車については、これまで原則として、視認ではなく、黒煙測定器による測定を求めてきました。
- このため、機器の使用を基本としつつ、適切な整備を前提として、視認による合格判定を可能とします。



黒煙40%、50%規制車



※5 スクリーニング検査：黒煙測定車をオパシメータを使用して検査すること。その際の判定値を「スクリーニング値」といいます。スクリーニング値は、黒煙の規制値に応じ下表の通りです。(例えば、黒煙 25%規制車は光吸収係数が 0.80m^{-1} 以下であれば基準適合となります。)

黒煙規制値		スクリーニング値
黒煙 25%	⇒	光吸収係数 0.80m^{-1}
黒煙 30% (特殊自動車に限る)	⇒	光吸収係数 1.01m^{-1}
黒煙 35% (特殊自動車に限る)	⇒	光吸収係数 1.27m^{-1}
黒煙 40%	⇒	光吸収係数 1.62m^{-1}
黒煙 50%	⇒	光吸収係数 2.76m^{-1}

検査の方法 ④（指定整備記録簿への記載・・・使用した機器により記載方法が異なります。）

指定整備記録簿の記載例

自動車の種類、使用した検査機器により、指定整備記録簿の記載の方法が異なります。

◆ 黒煙測定車の検査について

(1) 黒煙測定器を用いて判断した場合



黒煙・粒子状物質
視認・ <input type="text" value="テスト"/>
20 <input type="text" value=""/> m ⁻¹ %

(2) オパシメータを用いて判断した場合



黒煙・粒子状物質
視認・ <input type="text" value="テスト"/>
0.75 <input type="text" value=""/> m ⁻¹ %

(3) 最初から視認により判断した場合
(40%、50%規制車に限る。)



黒煙・粒子状物質
視認・ <input type="text" value="テスト"/>
適 <input type="text" value=""/> m ⁻¹ %

(4) オパシメータを用いた測定において
スクリーニング値を超え、視認により
判断した場合（25%規制車に限る。）



黒煙・粒子状物質
視認・ <input type="text" value="テスト"/>
適 <input type="text" value=""/> m ⁻¹ %

別途、備考欄にオパシメータによる
測定値[m⁻¹]を明確に記載する。

◆ オパシメータ測定車の検査について

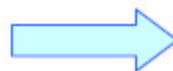
(5) オパシメータを用いて判断した場合



黒煙・粒子状物質
視認・ <input type="text" value="テスト"/>
0.75 <input type="text" value=""/> m ⁻¹ %

(6) 黒煙測定器を用いて判断した場合

[平成22年9月30日まで実施可能]



黒煙・粒子状物質
視認・ <input type="text" value="テスト"/>
20 <input type="text" value=""/> m ⁻¹ %

その他ご不明な点がございましたら、
最寄りの運輸支局等へご相談下さい。

運輸支局等連絡先一覧

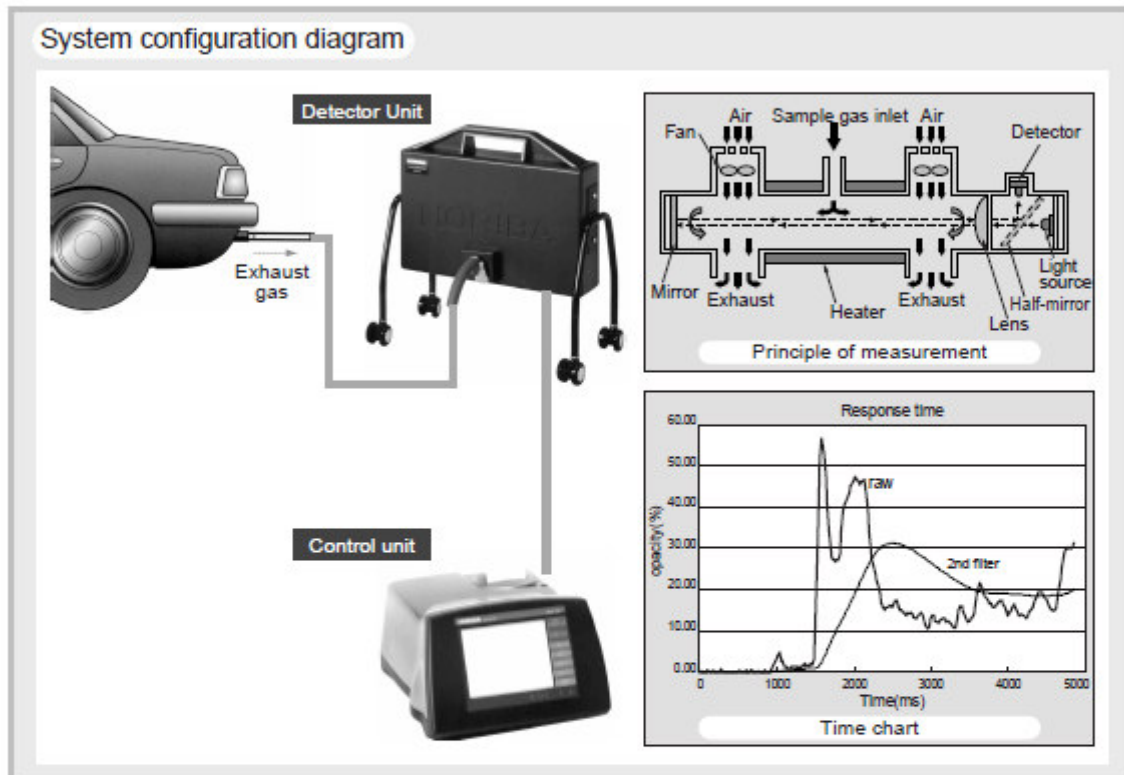
運輸局	運輸支局等担当	電話番号	運輸局	運輸支局等担当	電話番号			
北海道運輸局	札幌運輸支局	整備担当部門	011-731-7168	中部運輸局	静岡運輸支局	整備担当	054-261-7622	
	函館運輸支局	整備担当部門	0138-49-8864		岐阜運輸支局	整備担当	058-279-3715	
	室蘭運輸支局	整備担当部門	0143-44-3013		福井運輸支局	整備担当	0776-34-1603	
	東北運輸局	帯広運輸支局	整備担当部門	0155-33-3282	近畿運輸局	大阪運輸支局	整備担当部門	072-822-4374
		釧路運輸支局	整備担当部門	0154-51-2523		京都運輸支局	整備担当部門	075-681-9764
		北見運輸支局	整備担当部門	0157-24-7633		奈良運輸支局	整備担当部門	0743-59-2153
		旭川運輸支局	整備担当部門	0166-51-5363		滋賀運輸支局	整備担当部門	077-585-7252
宮城運輸支局		整備担当部門	022-235-2513	和歌山運輸支局		整備担当部門	073-422-2153	
福島運輸支局		整備担当部門	024-546-0342	神戸運輸監理部		整備担当部門	078-453-1103	
岩手運輸支局		整備担当部門	019-637-2912	中国運輸局		広島運輸支局	整備担当部門	082-233-9169
青森運輸支局	整備担当部門	017-739-1506	鳥取運輸支局		整備担当部門	0857-22-4110		
山形運輸支局	整備担当部門	023-686-4714	鳥根運輸支局		整備担当部門	0852-37-2138		
秋田運輸支局	整備担当部門	018-863-5814	岡山運輸支局		整備担当部門	086-273-2114		
関東運輸局	東京運輸支局	整備担当部門	03-3458-9236		四国運輸局	山口運輸支局	整備担当部門	083-922-5398
	神奈川運輸支局	整備担当部門	045-939-6803	香川運輸支局		整備担当部門	087-882-1355	
	埼玉運輸支局	整備担当部門	048-624-6981	徳島運輸支局		整備担当部門	088-641-4813	
	群馬運輸支局	整備担当部門	027-263-4422	愛媛運輸支局		整備担当部門	089-956-1561	
	千葉運輸支局	整備担当部門	043-242-7338	高知運輸支局		整備担当部門	088-866-7313	
	茨城運輸支局	整備担当部門	029-247-5249	福岡運輸支局		整備担当部門	092-673-1196	
	栃木運輸支局	整備担当部門	028-658-7013	大分運輸支局		整備担当部門	097-558-2577	
	山梨運輸支局	整備担当部門	055-261-0882	長崎運輸支局		整備担当部門	095-839-4749	
北陸信越運輸局	新潟運輸支局	整備担当部門	025-285-3125	九州運輸局	佐賀運輸支局	整備担当部門	0952-30-7274	
	長野運輸支局	整備担当部門	026-243-5525		熊本運輸支局	整備担当部門	096-369-3130	
	富山運輸支局	整備担当部門	076-423-0892		宮崎運輸支局	整備担当部門	0985-51-3958	
	石川運輸支局	整備担当部門	076-291-7852		鹿児島運輸支局	整備担当部門	099-261-9194	
中部運輸局	愛知運輸支局	整備担当	052-351-5314	沖縄総合事務局	陸運事務所	整備部門	098-875-0300	
	三重運輸支局	整備担当	059-234-8412					

附件二

HORIBA MEXA-130S煙度計技術資料

Nobutaka Kihara

System configuration diagram



Abstract

Reduction of the particulate matter emitted from diesel vehicles is an urgent task. In Japan, aside from the filter weighing method, the main method currently used for PM testing based on regulatory requirements is the reflecting smoke meter method. However, this method does not provide adequate sensitivity and cannot be used for continuous measurement. Horiba has now developed the MEXA-130S Opacimeter, which is capable of continuous and high-sensitivity measurement of all kinds of smoke, blue and white as well as black. The paper describes the measurement principles and features of the MEXA-130S, and reports the results of performance tests. We also performed tests running an engine on a chassis dynamometer to establish the correlation with the filter weighing method, and actually drove a diesel vehicle equipped with a MEXA-130S through an urban area to examine the possibility of onboard measurement of exhaust gas.

1 Introduction

Recent years have seen a growing need to reduce smoke emitted from diesel vehicles. In Japan, a part of “the Safety Regulation for a Road Motor Vehicles” was revised, and the permitted smoke level for new cars on sale from October 1, 1999 was reduced from 40% to 25%.

Until now automobile service shops have measured smoke in exhaust using a smoke meter, whereby the smoke is collected on a filter and the photographic density is measured by means of reflected light (Bosch method).

In general, diesel engines emit mostly black smoke when under a heavy load, and emit more blue and white smoke as the load lightens. This fact has effected the sensitivity of conventional reflecting-type smoke meters according to the engine conditions, leading to inadequate sensitivity and measurement errors.

For this reason, Horiba has developed the Opacimeter MEXA-130S, with high sensitivity and high reproducibility.

2 Overview of MEXA-130S

2.1 Principle of Measurement

Smoke meters that use light can be broadly classified into two types: a light reflecting type that measures smoke concentration based on changes in the reflectivity when light is shown on PM collected on a filter, and a light transmitting type (opacimeter) that measures smoke concentration based on the strength of the absorbed and scattered light when light is shown directly on the exhaust gas. The MEXA-130S uses the light transmission method, which also has a high sensitivity with respect to blue and white smoke.

Fig. 1 shows the principle of measurement of the MEXA-130S. The exhaust gas is drawn into the sample cell, and when the gas contains black smoke due to high-temperature fuel combustion and blue and white smoke due to unburned oil, unburned fuel and water, the visible light from the light source is attenuated due to absorption and scattering. The concentration of smoke is calculated from the amount of attenuation using the Lambert-Beer equation (Equation (1)).

The result is expressed as an opacity N (%) given by Equation (2), or a light absorption coefficient k (m^{-1}) given by Equation (3).

$$I = I_0 \cdot e^{-kL} = I_0 \cdot (1 - N/100) \text{ ----- (1)}$$

$$N = (1 - I/I_0) \cdot 100 \text{ ----- (2)}$$

$$k = -1/L \cdot \ln(1 - N/100) \text{ ----- (3)}$$

I_0 : Light intensity when there is no smoke

I : Light intensity when smoke exists

L : Cell length (m)

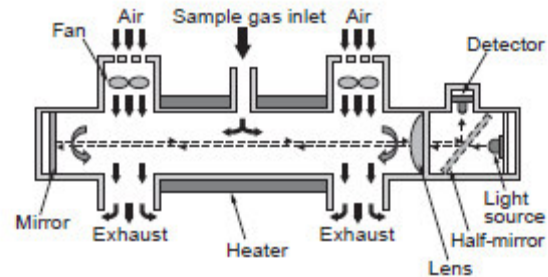


Fig.1 Principle of Measurement of MEXA-130S

2.2 Sampling

The MEXA-130S uses a sampling method that utilizes the exhaust gas pressure. With this method, a special sampling pump is not needed and stable collection of exhaust gas, which is very changeable, is possible.

Fig.2 shows the cycle of the free acceleration method, which is a typical measurement method. A sampling probe is inserted into the tailpipe, and the engine is quickly accelerated with no load to produce smoke. The exhaust pressure causes the smoke to pass through the probe and into the sample cell. the engine is revved a set number of times, the smoke concentration is measured as the peak value of the output signal during acceleration.

An opacimeter and the free acceleration method are used in combination in automobile service shops in Europe¹⁾, and it is anticipated that this will become an effective and convenient smoke measurement method for low-concentration smoke.

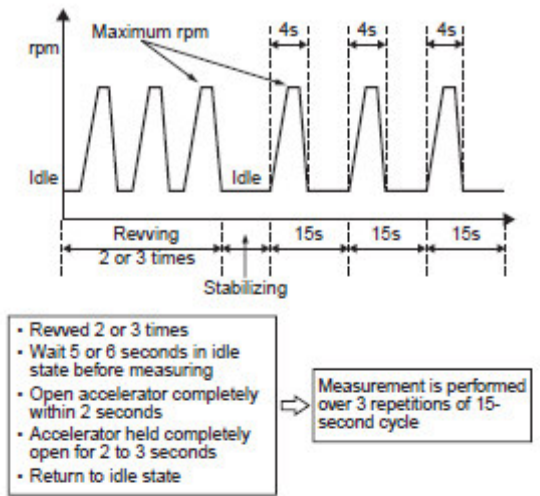


Fig.2 Measurement Cycle of Free Acceleration Method

2.3 Features and Specifications

In addition to the theoretical advantage of measuring smoke concentration in real time, the MEXA-130S is equipped with functions for complete ease-of-operation.

- 1) The detector unit is separated from the display unit, enabling measurement by a single operator.
- 2) Supports free acceleration measurement, by displaying guide messages for accelerator operation and by automatic data collection.
- 3) Simplified maintenance, which can be performed by users.

Fig.3 shows the appearance of the MEXA-130S and Table 1 shows the outline of the specifications.



Fig.3 Opacimeter MEXA-130S

Model	MEXA-130S
Approved standards	ISO-11614 (conformed)
Application	Measurement of smoke in the exhaust gas emitted from diesel engines
Principle	Opacity method Detector : Photo sensor Light source : 560 nm(green LED)
Range	Opacity : 0.00 to 100 % Light absorption coefficient : 0.000 to 10.00 m ⁻¹
Sampling method	Partial flow
Connection of sample gas	Dedicated probe (included), 2.5m, I.D. 10mm
Display and resolution	Liquid crystal display Opacity : 0.1 % Light absorption coefficient : 0.001 m ⁻¹
Input/output	Digital input/output : RS-232C Analog output : optional
Dimensions	Control unit : 240(W)×357(D)×156(H) mm Detector unit : 380(W)×90(D)×235(H) mm (excluding legs)
Mass	Control unit : Approx. 2 kg Detector unit : Approx. 4.5 kg

Table 1 Specifications of MEXA-130S

3 Performance Evaluation of MEXA-130S

3.1 Evaluation of measurement sensitivity

Fig.4 shows the time chart of the MEXA-130S output signal when an actual vehicle is run using the free acceleration method. A stable signal with sufficiently high S/N was obtained.

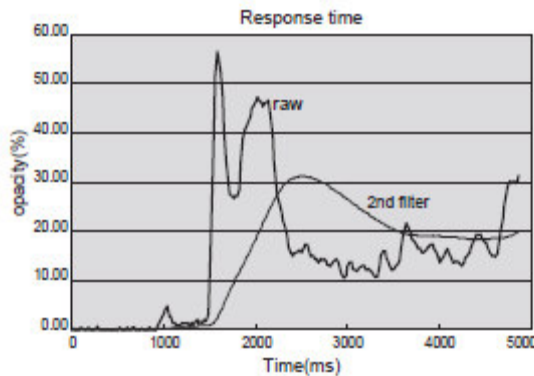


Fig.4 Time Chart of Smoke Measurement Using Free Acceleration Method

3.2 Determination of PM Emission Mass from Smoke Concentration

The sensitivity of an opacimeter is normally calibrated at a light transmittance of 0% and 100% and the linearity verified with the optical filter whose transmittance is known. This means that the readings of an opacimeter are not directly calibrated using PM itself. In order to study the validity of determining the PM emission mass from the readings of an opacimeter, the authors conducted a comparison with the conventional filter method using an engine running test on a chassis dynamometer. The test vehicle was an RV vehicle equipped with a divided combustion chamber diesel engine. The main specifications are shown in Table 2.

Items	Specifications
Engine Type	IDI diesel; with inter-cooler and turbocharger
EGR	With
Gearshift	4 AT
Engine displacement	1.998[L]
Vehicle weight	1500[kg]
Product date	1994[year]
Running history	92,000[km]

Table 2 Main Specifications of Test Vehicle

First we ran the test vehicle on a chassis dynamometer at fixed speeds of 40, 60, 70, and 80 km/h, and measured the PM mass using the filter weighing method. We simultaneously measured the smoke concentration using the MEXA-130S. We may infer that the relation given in Equation (4) holds between the PM mass (M_{PM}) obtained using the filter weighing method and the light absorption coefficient k obtained using the MEXA-130S.

$$M_{PM} = \rho_{PM} \cdot k \cdot Q_{ex} \text{-----(4)}$$

M_{PM} : PM mass[g/s]

ρ_{PM} : PM density[g/s]

k : Light absorption coefficient[m⁻¹]

C : Conversion coefficient[m]

Q_{ex} : Flow rate of exhaust gas[L/s]

Fig.5 shows the test results. A good correlation is evident between the smoke concentration and the PM mass.

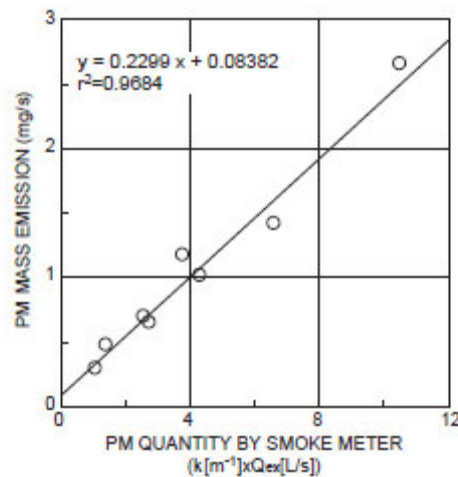


Fig.5 Relation of Smoke Concentration to Emitted PM Mass

3.3 10-15 Mode Running Test

The amount of smoke emitted varies widely depending on the running state. We measured the change in smoke concentration along with other components in exhaust gas in 10-15 mode, a Japanese standard mode for exhaust gas testing.

Fig.6 shows a time chart of vehicle speed and the quantities of HC, CO, and PM emitted. The PM mass was obtained by conversion from the smoke concentration using the approximation line of Fig.5. The emission of PM increases and decreases according to changes in vehicle speed, and the pattern resembles those of other components. The fact that we can observe an

emission pattern that is very close to the expected pattern supports the possibility that the MEXA-130S is effective as a real time testing instrument for PM.

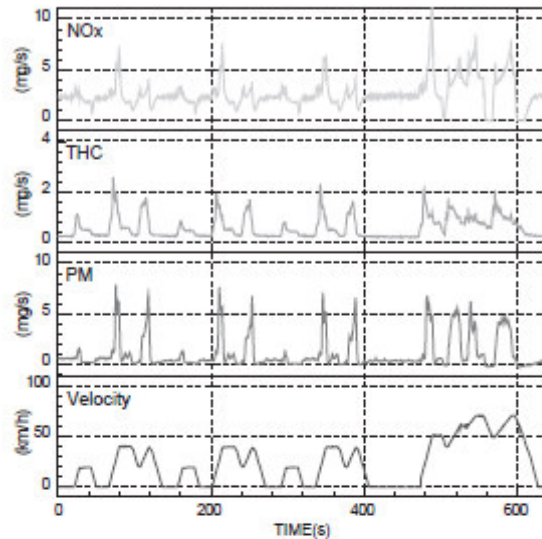


Fig.6 Emission Pattern while Running in 10-15 Modes

3.4 Testing while Driving through an Urban Area

Interest is growing in on-board measurement, whereby a test vehicle is equipped with a small analyzer and the exhaust gas is measured while actually driving through an urban area. Following HC, CO, and NOx testing²⁾, the authors studied the possibility of on-board measurement of PM using the MEXA-130S.

We equipped the test vehicle with a MEXA-130S Opacimeter, a Portable-type Total Hydrocarbon Analyzer (MEXA-1170HFID), and a Nitrogen Oxide Analyzer (MEXA-120NOx). We drove the vehicle through the suburbs of Kyoto and measured the exhaust gas. We also simultaneously recorded the output of an excess air ratio sensor and the outputs of various thermometers and humidity sensors.

The results are shown in Fig.7. The emitted mass of PM obtained using the MEXA-130S shows the same pattern of change corresponding to sudden acceleration and deceleration as THC, NOx, the excess air ratio, and fuel consumption. This indicates that the MEXA-130S can be used for PM measurement not only on a chassis dynamo but also in on-board measurement.

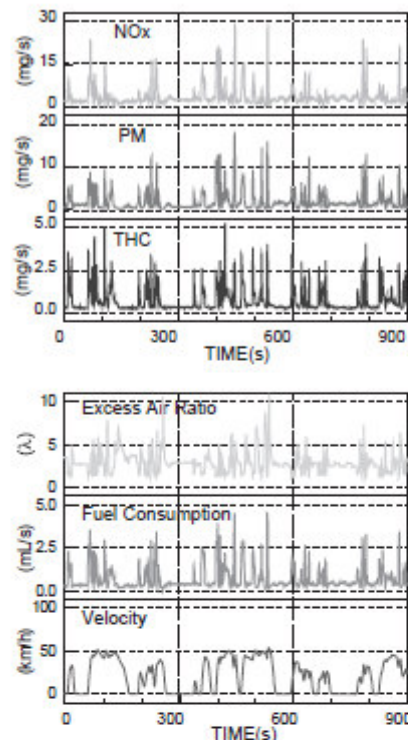


Fig.7 Emission Pattern during Urban-Area On-Board Measurement

4 Conclusion

Development of cleaner and more efficient diesel engines is being constantly pursued. At the same time, it is important to ascertain how much smoke is emitted from vehicles in use and take appropriate measures. We have developed and introduced the MEXA-130S as a high-sensitivity, convenient opacimeter for use in automobile service, research and development, and in the future, automobile inspection. We are confident that this instrument will adequately fulfill this role.

To accurately and stably measure smoke with its complex dynamics, a wider-ranged approach is also important. Horiba has many years of experience in the research and development of measuring instruments for exhaust gas, and with the introduction of this opacimeter, we hope that opportunities for serving our customers will increase even further. For example, the MEXA-130S can serve as a supplement to the conventional filter method, and may possibly even be used for on-board measurement. We hope that this paper serves to deepen exchange with our customers, and will continue our endeavor to develop and introduce new measuring instruments.

References

- 1) ECE NO.24, ISO/FDIS 11614:1999 (E) FINAL
DRAFT INTERNATIONAL STANDARD
- 2) COMDIA 2001, July 1~4,2001, Nagoya
N. Kihara et al., Real-time On-board measurement of
Mass Emission of NOx, THC and particulate Matters
from Diesel Vehicles
- 3) SAE technical paper series 2000-01-1141
N. Kihara et al., Real-time On-board measurement of
Mass emission of NOx, Fuel Consumption, Road
Load, and Engine Output for Diesel Vehicles
- 4) Society of Automotive Engineers of Japan, Inc.,
Conference Papers NO.23-00
Nobutaka Kihara, et al. Real-time measurement of
NOx emissions using an on-board analysis system



Nobutaka Kihara
Team Leader
Emission Analysis R&D Dept.
Horiba, Ltd.

附件三

日本黑煙不透光率檢測程序

別添109 無負荷急加速時に排出される排出ガスの光吸収係数の測定方法

1. 適用範囲

この技術基準は、軽油を燃料とする自動車は無負荷急加速させた時に発生する排出ガスの光吸収係数の測定に適用する。

2. オパシメータの状態

オパシメータは、使用開始前に十分に暖機し、1日1回以上校正を行ったうえで使用すること。なお、排出ガスを採取する前に、プローブ（オパシメータの排出ガス採取部）に滞留した黒煙その他の排出ガスの光吸収係数に影響を及ぼす物質の掃気を行うこととする。

3. 自動車の状態

- 3.1. 自動車は停止状態とし、十分に暖機されていることとする。この場合において、暖機が不十分である自動車にあつては、原動機を無負荷運転した後、加速ペダルを急速に一杯踏み込み最高回転数に達した後ただちに加速ペダルを放して無負荷運転に至る操作を2回又は3回繰り返すこと等により、測定前に暖機を行うこととする。
- 3.2. 変速機の位置は中立とし、原動機を無負荷の状態とする。この場合において、原動機を無負荷の状態とすることができない構造のものにあつては、付属装置（油圧ポンプ等）による原動機の負荷の一部を切り離すこと等により原動機の負荷を最小にして測定することができる。

4. 排出ガスの光吸収係数の測定

4.1. プローブの挿入

排出ガスの光吸収係数は、自動車の排気管内にプローブを根元まで挿入して測定する。ただし、プローブを根元まで挿入して測定することが困難な自動車については、外気の混入を防止する措置を講じて測定するものとする。

4.2. 自動車の運転条件

- 4.2.1. 無負荷運転を5～6秒行う。
- 4.2.2. 加速ペダルを急速に一杯まで踏み込み、踏み込み始めてから2秒間持続した後、加速ペダルを放す。ただし、原動機の回転数を自動で測定することができる機能を有するオパシメータを使用して排出ガスの光吸収係数を測定する場合にあつては、加速ペダルの踏み込みから最高回転数に達するまでの間、加速ペダルを踏み込めばよいものとする。

4.3. 排出ガスの採取時期

排出ガスの採取は、4.2.2.において加速ペダルを踏み込み始めた時から5秒が経過するまでの間行うこととする

4.4. 採取された排出ガスの光吸収係数の測定方法

- 4.4.1. 4.3.により排出ガスをオパシメータ内に流入させている間における当該排出ガスの光吸収係数の最大値を測定する。
- 4.4.2. 4.4.1.の規定による測定の結果、測定値が、次の表の左欄に掲げる値に応じ同表右欄に掲げる値（以下「閾値」という。）以下である場合には、当該測定値を当該自動車の排出ガスの光吸収係数とする。

規制値又はスクリーニング値	閾値
光吸収係数0.50m ⁻¹	光吸収係数0.40m ⁻¹
光吸収係数0.80m ⁻¹	光吸収係数0.64m ⁻¹
光吸収係数1.01m ⁻¹	光吸収係数0.80m ⁻¹
光吸収係数1.27m ⁻¹	光吸収係数1.01m ⁻¹
光吸収係数1.62m ⁻¹	光吸収係数1.29m ⁻¹
光吸収係数2.76m ⁻¹	光吸収係数2.20m ⁻¹

- 4.4.3. 4.2.2. の測定値が閾値を超える場合には、4秒以上10秒以下の間隔において再度測定を行い、その測定値が閾値以下である場合には、当該測定値を当該自動車の排出ガスの光吸収係数とする。
- 4.4.4. 4.4.3. の測定値が閾値を超える場合には、4秒以上10秒以下の間隔において再度測定を行い、これら3回の測定値を平均した値を当該自動車の排出ガスの光吸収係数とする。
- 4.4.5. 排出ガスの光吸収係数を算出するに当たっては、測定値（4.4.4. の規定により算出する平均値を含む。）に小数点以下二位未満の端数があるときは、これを四捨五入する。

