

施工機具黑煙汙染與維護保養

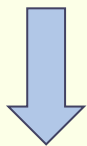
中興大學機械工程學系

盧昭暉

2025/8/28

營建工地的汙染範圍

廢土汙染：車輛攜帶廢土掉落(防塵網)



車輛輪胎夾帶廢土(洗車台)

車輛泥水滴落(集水罐)

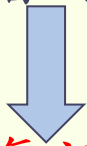
粉塵汙染：裸露地面(覆蓋)



建築揚塵(防塵網)

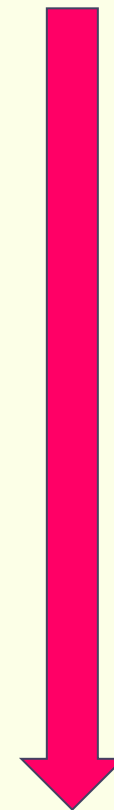
風捲揚塵(圍籬)

噪音汙染：機具噪音(消音器)

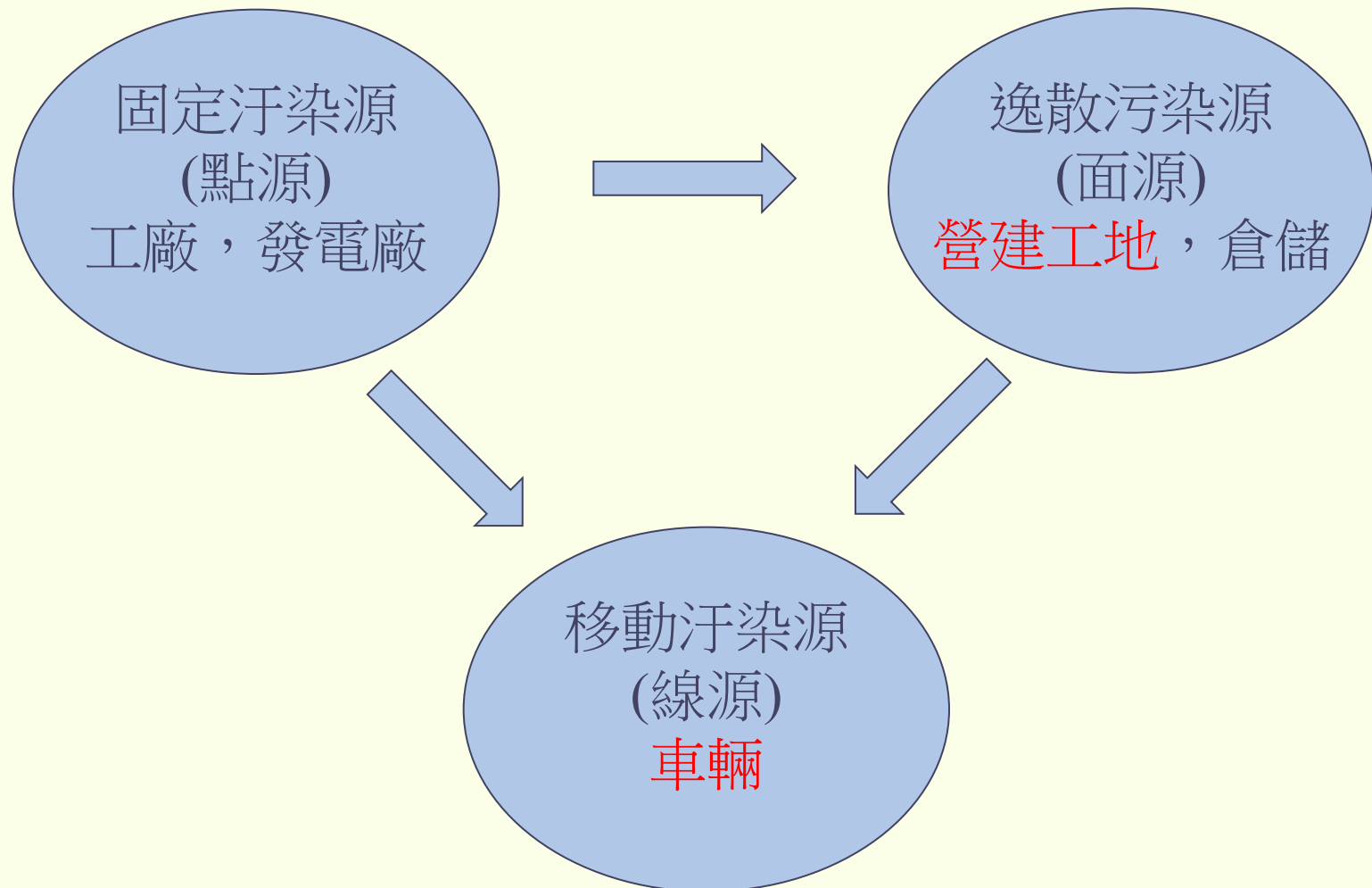


施工噪音(工法改良)

空氣汙染：柴油車排煙，施工機具排煙



汙染的來源



移動汙染源的範圍

道路車輛：汽油車(小貨車，小客車)

(化油器，缸外噴射，缸內噴射)

柴油車(大貨車，大客車，小貨車，小客車)

(直接噴射，間接噴射)

機車(二行程，四行程，電動)

非道路機具：營建機具，農用機具，發電機，工作車。

運動休閒車輛：沙灘車，越野車，雪車，水上摩托車。

其他交通工具：船舶，飛機，火車。

非道路機具有那些？



非道路車輛的特色

車輛種類繁多，用途不同。不易以車輛來進行管制。

在特定區域內使用，不會四處移動。影響較小。

以執行工作為主，負載大。汙染排放高。

使用者與擁有者不同。管理不易。

移動不便，無法要求到檢。

我國尚無標準檢測方法。

路上烏賊車群像



工地烏賊群像



工地烏賊群像

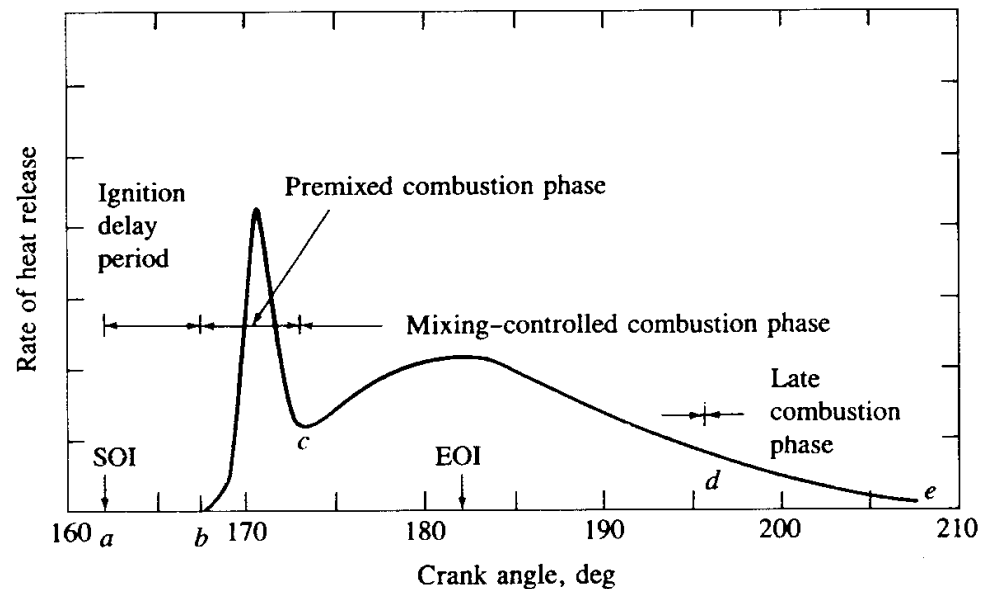
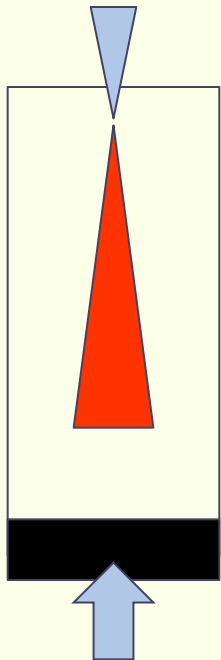


保養不良的施工機具，所排放的黑煙不比路上的烏賊車低。

由於施工機具都在營建工地的圍籬內施作，被檢舉的數量較少，但對空氣品質的影響一樣高。

為什麼柴油引擎會排放黑煙？

柴油引擎的燃燒可分成三個階段，分別為點火延遲，預混燃燒，與擴散燃燒。NO_x主要發生在預混燃燒的階段，PM主要發生在擴散燃燒的階段。 SOI: start of injection



Typical heat release diagram for a DI diesel engine.

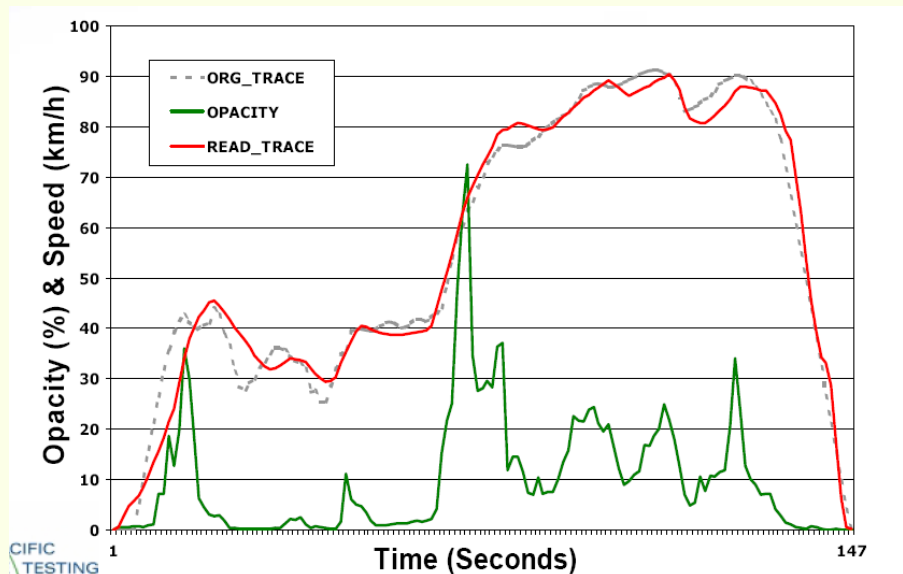
黑煙發生的時機

黑煙容易發生在加速與高負載時。

引擎因素：噴油量過多，空氣濾清器堵塞，閥門正時不對，引擎過熱，噴油壓力過低，噴油嘴堵塞，噴油正時延後，汽缸積碳，壓縮壓力不足

駕駛因素：猛踩油門，負載過大

燃料因素：柴油含硫量偏高，揮發性差



影響黑煙產生的因素

引擎因素

噴油量過多

空氣濾清器堵塞

閥門正時不對

引擎過熱

噴油壓力過低

噴油嘴堵塞

噴油正時延後

汽缸積碳

壓縮壓力不足

駕駛因素

猛踩油門

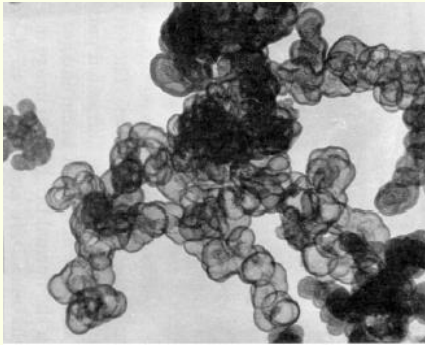
負載過大

燃料因素

柴油含硫量偏高

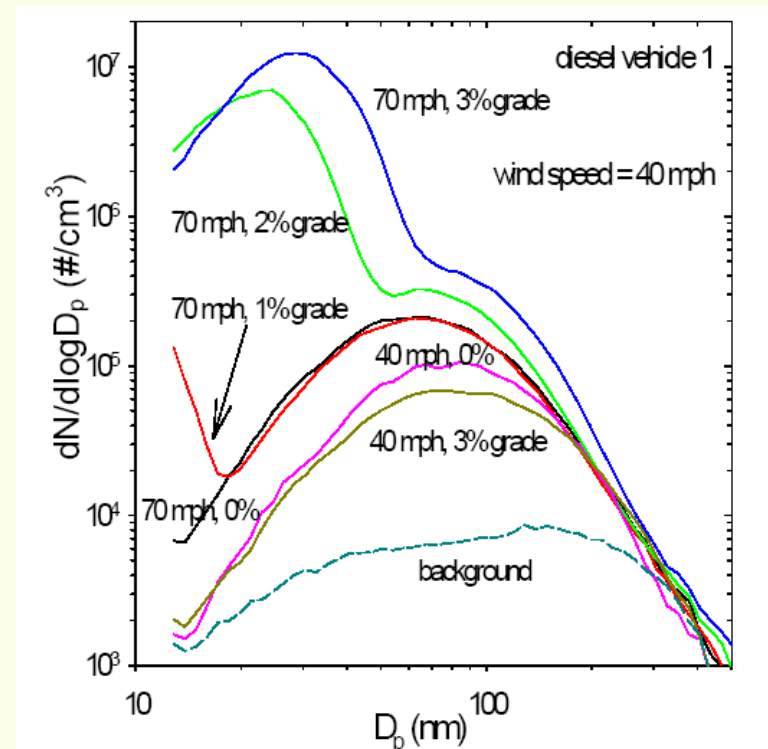
揮發性差

柴油引擎黑煙顆粒大小



黑煙是由很多細小的球狀顆粒所組成。

黑煙顆粒小於 $0.1\ \mu\text{m}$ 。柴油車黑煙都是 $\text{PM}_{2.5}$



黑煙的量測方式

定性法：目測法，濾紙法與光透過法，量測排氣有多黑。

※目測法以林格曼黑度為單位。

※濾紙法以污染度(%)為單位。

※光透過以不透光率(%)為單位，或以吸收係數(m^{-1})為單位。

定量法：PM與PN，量測排氣中有多少微粒。

※PM以 mg/m^3 為單位，可轉換成 mg/km 。

※PN以 $\#/m^3$ 為單位，可轉換成 $\#/km$ 。

林格曼黑度

以目測法判煙，再與林曼黑度表比較，決定黑煙的濃度。

0 級 (0%)

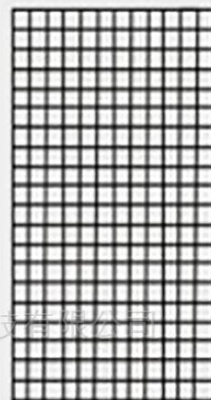
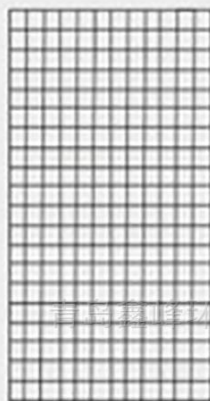
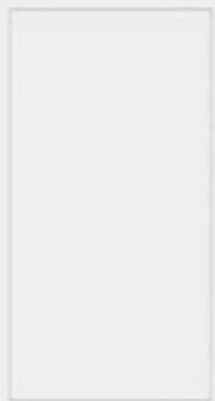
1 級 (20%)

2 級 (40%)

3 級 (60%)

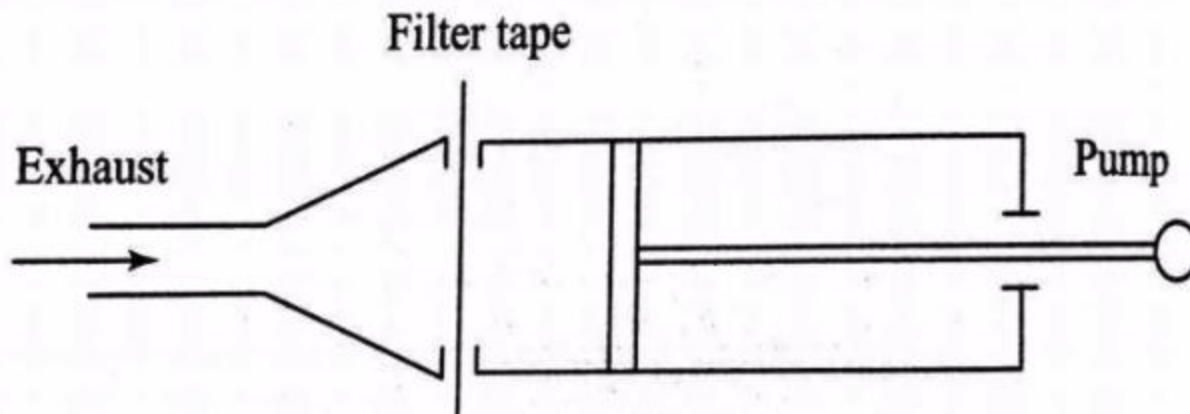
4 級 (80%)

5 級 (100%)

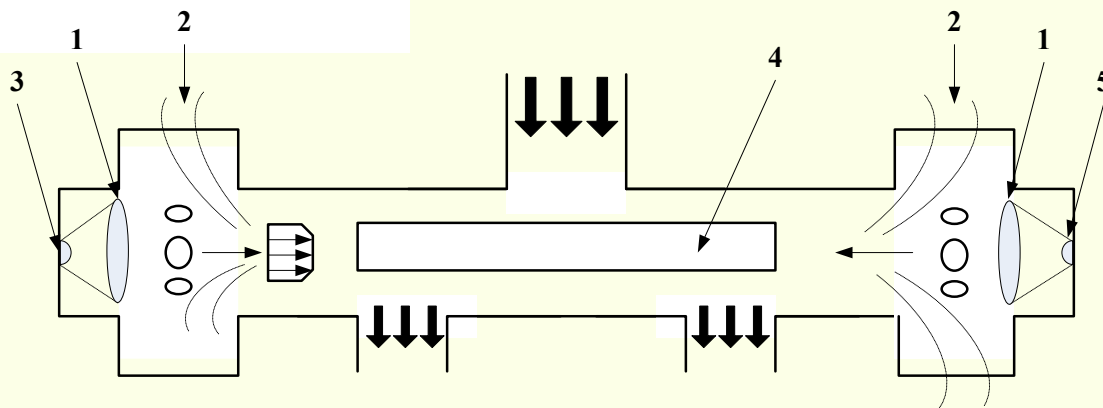


濾紙法

以目測法判煙，再與林曼黑度表比較，決定黑煙的濃度。

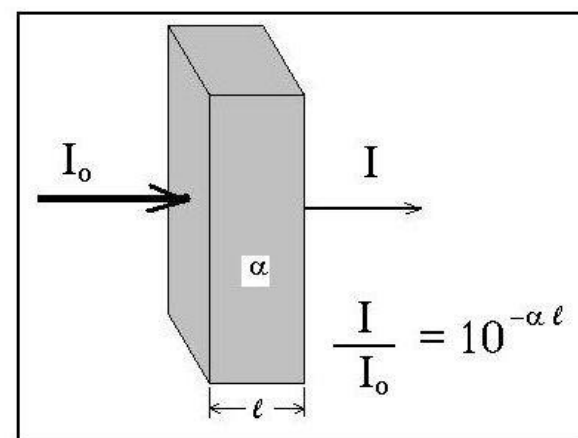
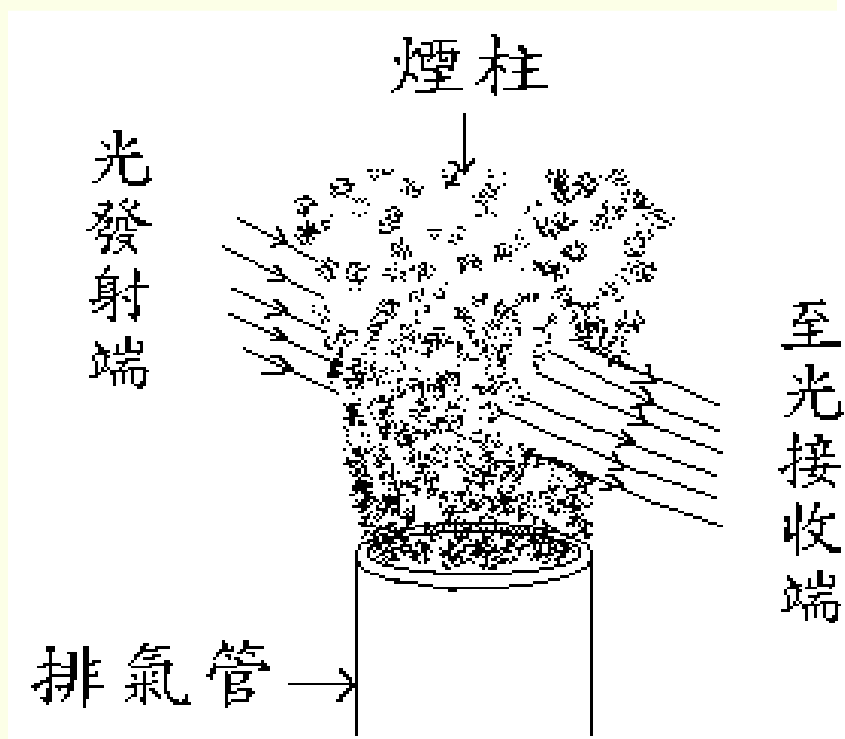


不透光率計設備



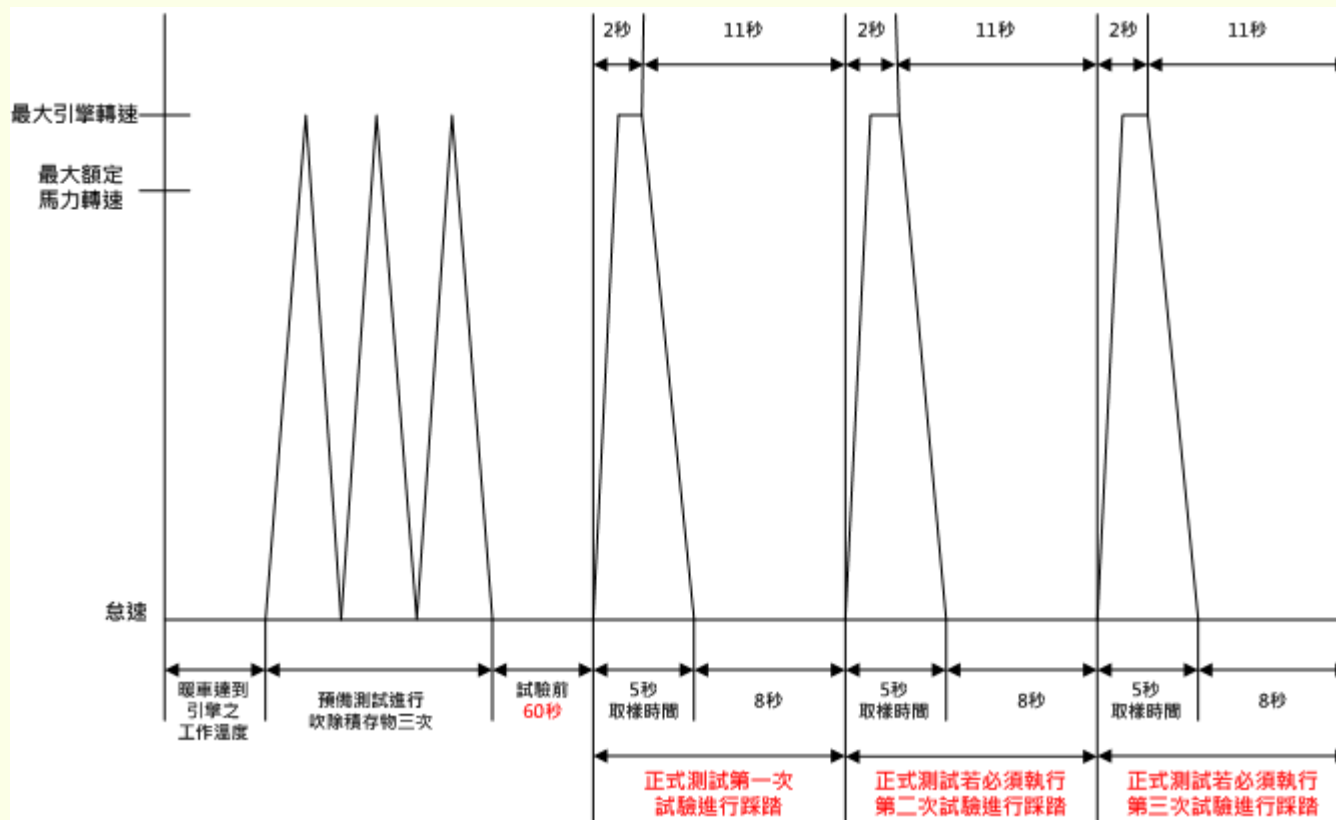
不透光率量測原理

光線穿過排煙，會有一部分被吸收，只有一部份能達穿過，到達接收器的比例為透光率

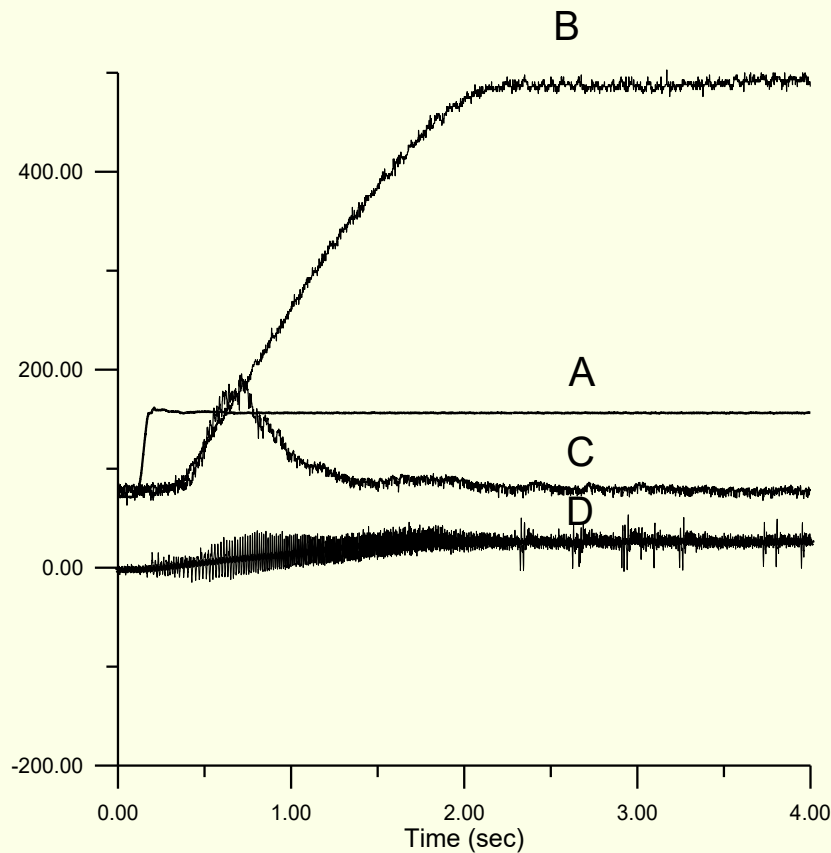


The Beer Lambert Law

無負載急加速檢測



無負載急加速下的不透光率變化



A：油門位移(全程4 cm)

B：引擎轉速(rpm/10)

C：不透光率(%*10)

D：排氣管背壓 (kpa)

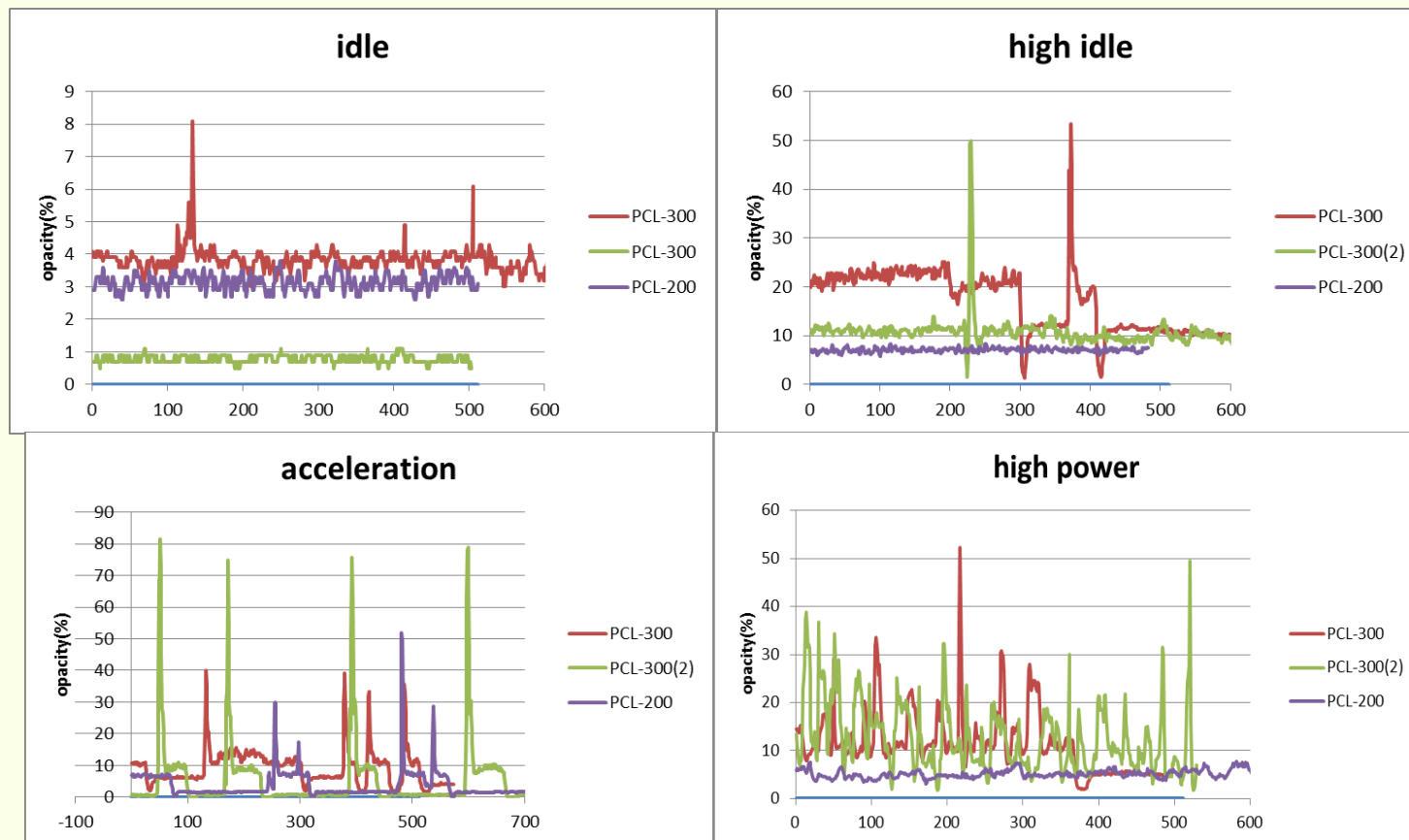
非道路車輛汙染量測



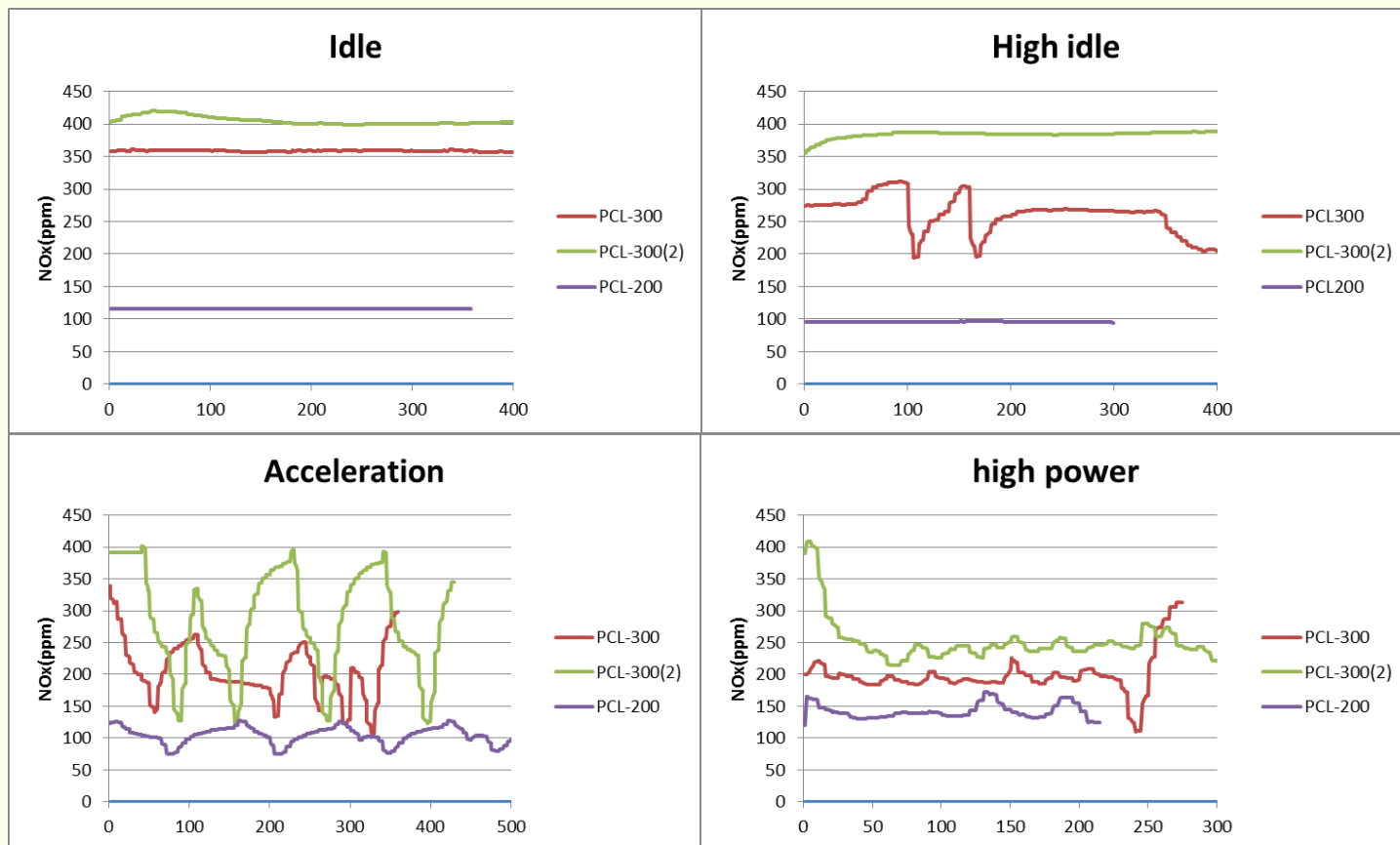
非道路車輛汙染量測



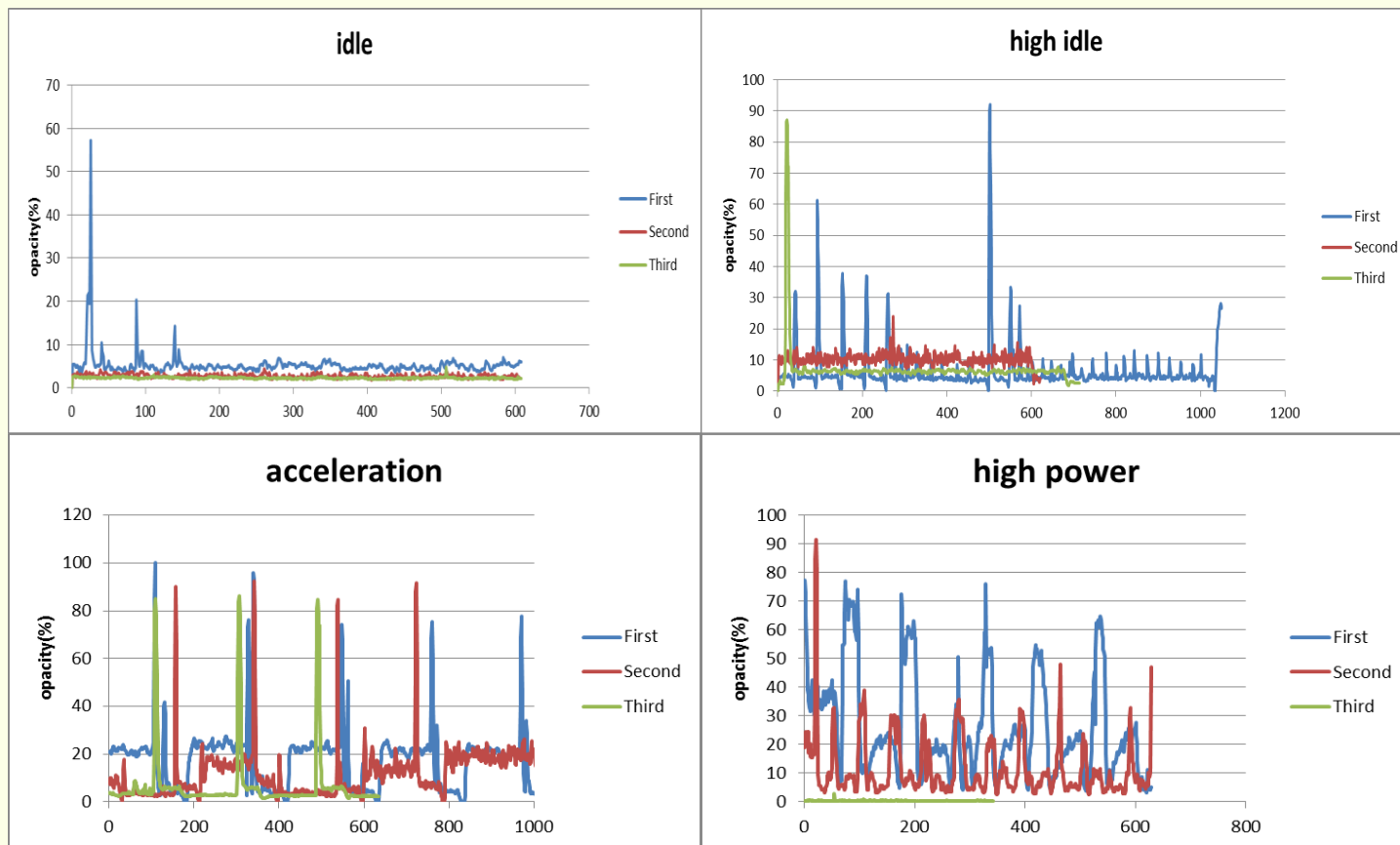
非道路車輛不透光率量測



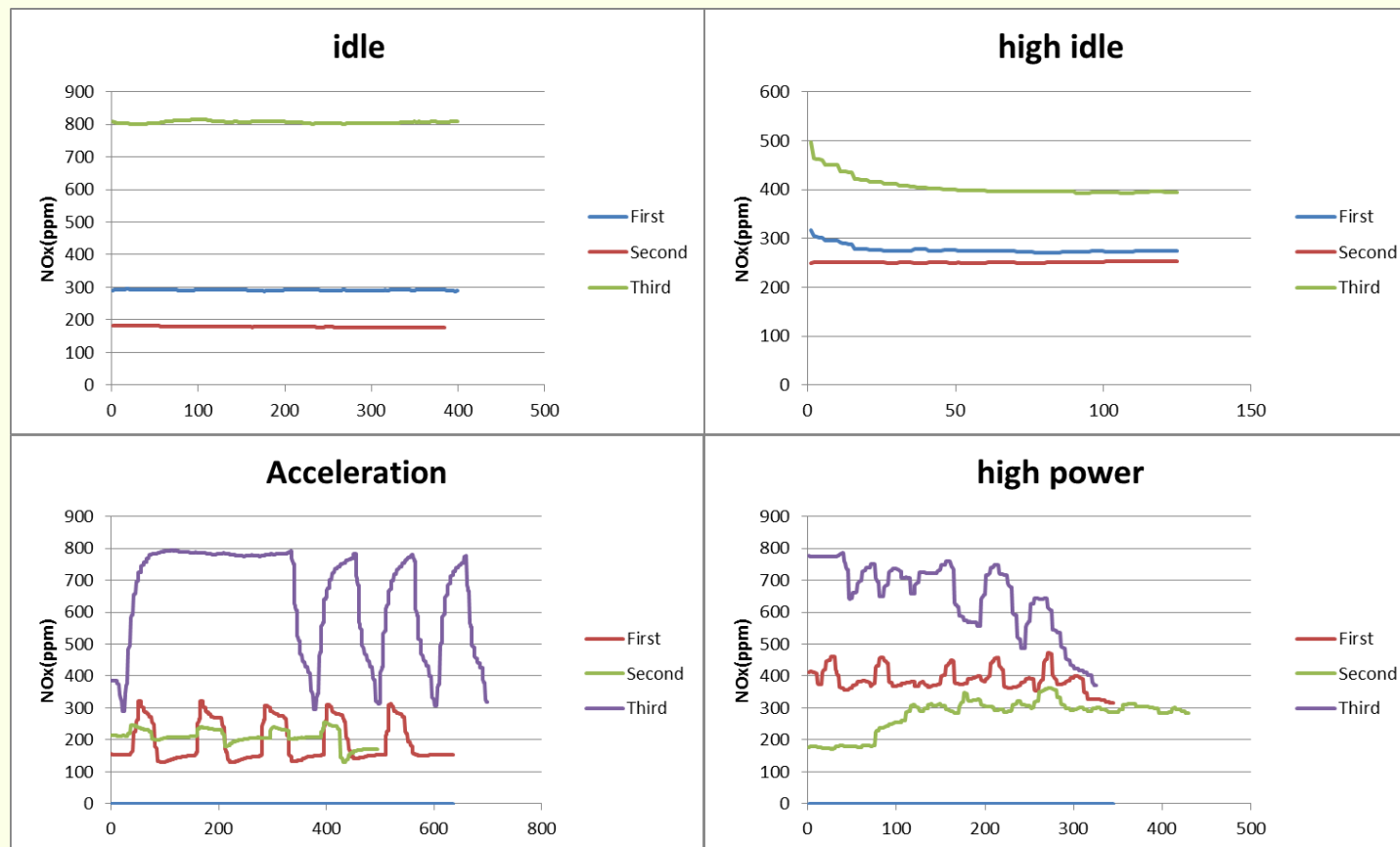
非道路車輛NO_x量測



非道路車輛不透光率量測

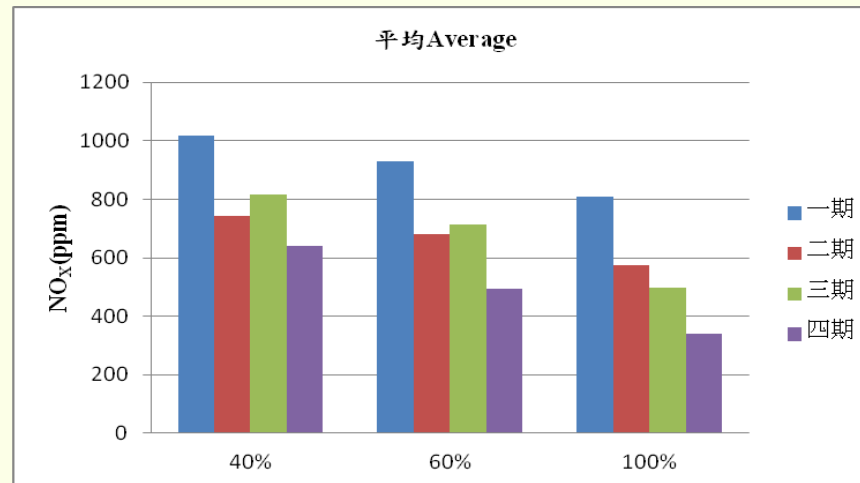


非道路車輛NO_x量測



柴油車不透光率(m^{-1})排放標準

種類	不透光率	種類	不透光率
一期車	2.8	四期車	1.0
二期車	1.6	五期車	0.6
三期車	1.2		



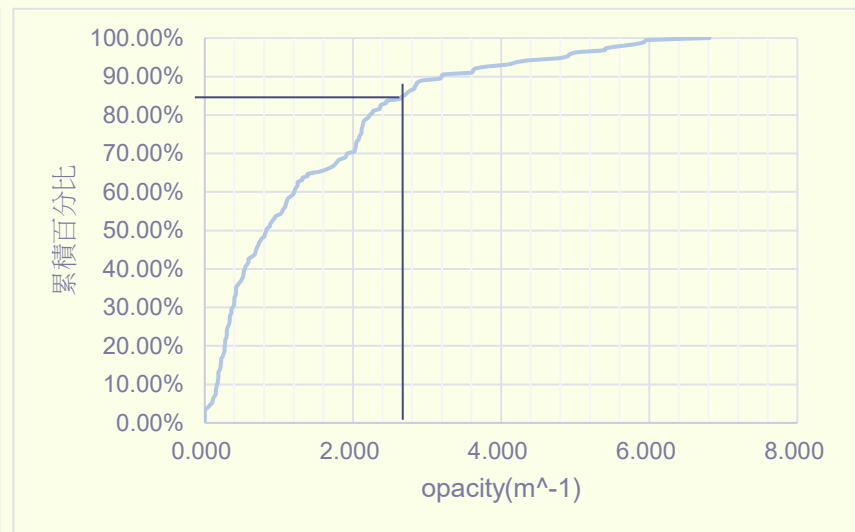
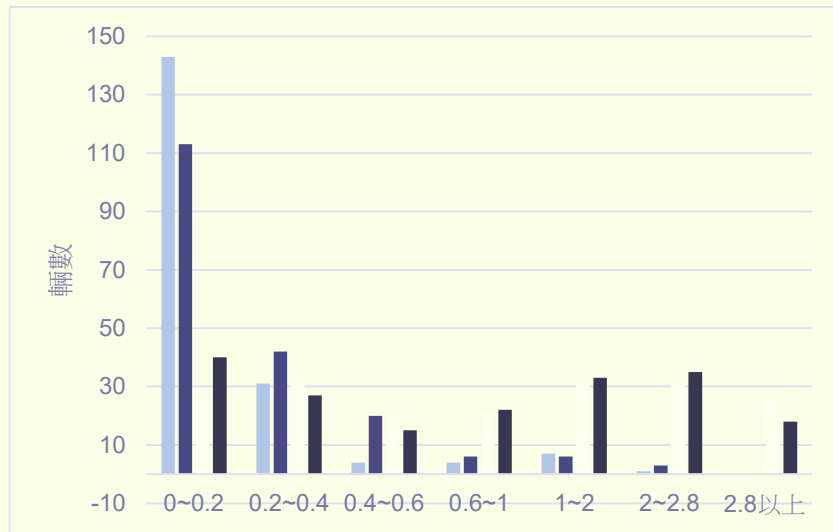
營建機具檢測結果

機具類型	機具型號	不透光率(m ⁻¹)			
		Low idle	High idle	acceleration	High power
開挖機	PC300	0.12	0.24	1.066(三)	0.201
開挖機	PC200	0.186	0.23	4.49(超)	3.107
推土機	410	0.04	0.05	0.117(五)	0.15
壓路機	VM115D	0.16	0.2	0.872(四)	
起重機	SCX900H-2	0.05	0.02	5.785(超)	
吊車	RK450	0.3	0.48	5.748(超)	0.28
機具類型	機具型號	NOx(ppm)			
		Low idle	High idle	acceleration	High power
開挖機	PC300	116	96	127	169
開挖機	PC200	292	261	320	450
推土機	410	205	168	184	214
壓路機	VM115D	549	272	716	
起重機	SCX900H-2	220	214	310	
吊車	RK450	342	275	379	350

非道路機具量測結果整理

機具類型	操作模式	NOx排放量	PM排放量
堆高機	舉昇400kg前進	122 g/hr	1.5 g/hr
堆高機	舉昇400kg		7.5 mg
堆高機	舉昇800kg前進	132 g/hr	2.16 g/hr
堆高機	舉昇800kg		12 mg
開挖機	低怠速	130 g.hr	3.36 g/hr
開挖機	高怠速	100 g/hr	12.96 g/hr
開挖機	挖土動作	230 g/hr	18.72 g/hr
壓路機	前進後退壓路	130 g/hr	9.12 g/hr
堆土機	舉昇堆土	108 g/hr	
遊艇	等速巡航	600 g/hr	13.18 g/hr
遊艇	繞湖一週	450 g	9.18 g

非道路車輛不透光率量測



本研究總共探討分析190台常見的營建機具，13%的營建機具無法符合一期車排放標準。符合二期車排放標準的營建機具為66%，符合三期車排放標準的營建機具為60%，符合四期車排放標準的營建機具為54%，符合五期車排放標準的營建機具為43%。

施工機具污染管制短中長期規劃

願景

施工機具全數符合排放標準

目標

1. 源頭管制，符合排放標準之施工機具始可進口
2. 施工機具全數納管
3. 至116年止，施工機具PM減量15公噸（空污防制方案第二期目標）

方向

1.進口施工機具

2.使用中施工機具

策略

- 1-1.掌握進口資料
- 1-2.制訂進口機具排放標準
- 1-3.修訂空污法，未符合排放標準禁止進口

- 2-1.掌握使用中施工機具資料
- 2-2.普及標章
- 2-3.制訂使用中施工機具排放標準
- 2-4.營建工程採用符合排放標準機具

制訂進口排放標準

策略與現況

問題

解決

短期

中期

長期

制訂進口排放
標準未符合者
禁止進口
(策略1-2與1-3)

- 老舊高污染**施工機具**仍可進口
- 未制訂排放標準
- 無法源授權進口後之管理與管制

多元化
核發標章

授權公會核發
新機具標章

公會考量增加業務負擔，
不願辦理本項作業

訂排放
標準

- 分批制訂排放標準
- 介接未符合排放標準之管制對象
(策略1-1) · 並加強稽查
- 制訂檢測方法
- 授權代檢機構

優先制訂輪式起重機排
放標準

修空污法
(§41、§42)

採簽審與輸入規定退
運未符合排放
標準之機具

現況

- 進口中古機具約佔8至9成
- 輔導取得標章代替標準

歐盟非車用柴油引擎汙染管制標準

Non-Road Diesel Engine Emission Standards (g/kWh)

Category	Date	HC + NO _x	CO	PM
$130 \leq \text{kW} \leq 560$	01/01/2006	4.00	3.50	0.20
$75 \leq \text{kW} < 130$	01/01/2007	4.00	5.00	0.30
$37 \leq \text{kW} < 75$	01/01/2008	4.70	5.00	0.40
$19 \leq \text{kW} < 37$	01/01/2007	7.50	5.00	0.60

Category	Date	NO _x	HC + NO _x	CO	PM
$130 \leq \text{kW} \leq 560$	01/01/2011	2.00		3.50	0.025
$75 \leq \text{kW} < 130$	01/01/2012	3.30		5.00	0.025
$56 \leq \text{kW} < 75$	01/01/2012	3.30		5.00	0.025
$37 \leq \text{kW} < 56$	01/01/2013		4.70	5.00	0.025

歐盟非車用柴油引擎汙染管制方法

以引擎為管制對象(g/kWh, g/km)

以最大馬力來分級距

管制內容與一般柴油車相同(CO, HC, NO_x, PM)

新車管制為主，分批逐年實施。

PM標準加嚴。

施工機具標章制度

標章級別	年限	標章管制 濃度範圍 (m^{-1})	新機具 審核任一排放標準文件 (免執行儀器檢測)			使用中 依檢測或目測(視)結果 核發標章	
			日本 (m^{-1})	歐盟	美國	1.儀器檢測(m^{-1})	2.目測(視)認定
金級 	3年	≤ 0.5	4期 (0.5)	Stage IV	Tier 4	≤ 0.5	
銀級 	2年 (相對柴車5、6期)	0.6 - 0.8	3期 (0.8)	Stage IIIB	Tier 4i	0.6 - 0.8	
普級 	1年 (相對柴車4期)	0.9 - 1.0	2期 (1.0)	Stage IIIA	Tier 3	0.9 - 1.0	1.目測林格曼0號 2.目視無污染之虞

柴油引擎排放黑煙解決對策

車輛應維持正常保養。

隨時注意機油高度，機油不可添加過量。

油箱應保持清潔，蓋緊油箱蓋，避免雨水進入。

不可拆除噴射邦浦鉛封，自行調整噴油量。

注意濾清器的清洗及換新。

噴油嘴開口壓力及油密測試應確實執行。

柴油引擎排放黑煙解決對策

引擎設計改良

進氣系統，噴油系統，燃燒系統。

加裝後處理設備

濾煙器，觸媒轉化器，靜電集塵器

清潔燃料

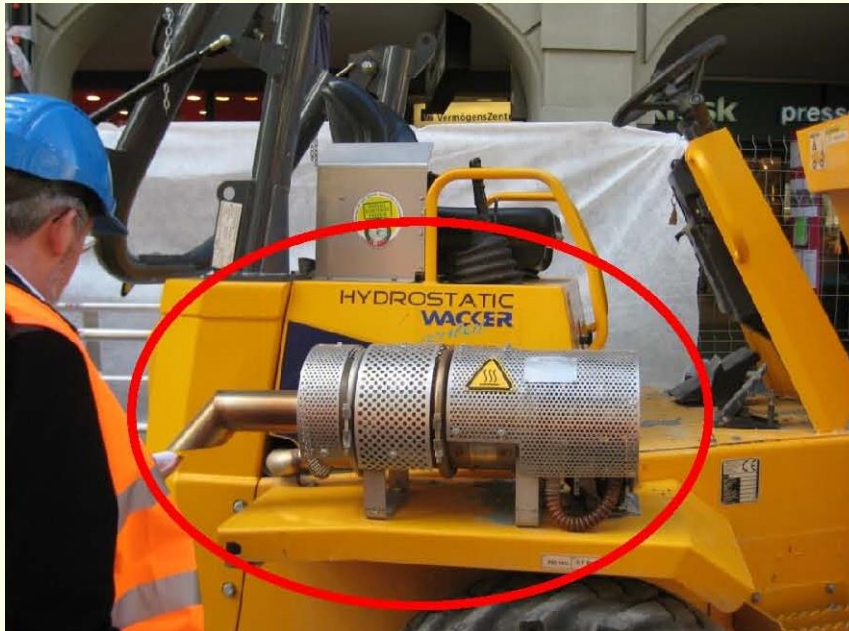
低硫柴油

含氧燃料：生質柴油，丁醇，DME

氣態燃料：CNG，LNG，LPG，DDF，氫氣。

駕駛行為規範(車輛保養)

施工機具上的濾煙器



施工機具上的濾煙器



大揚新聞
TaYang News

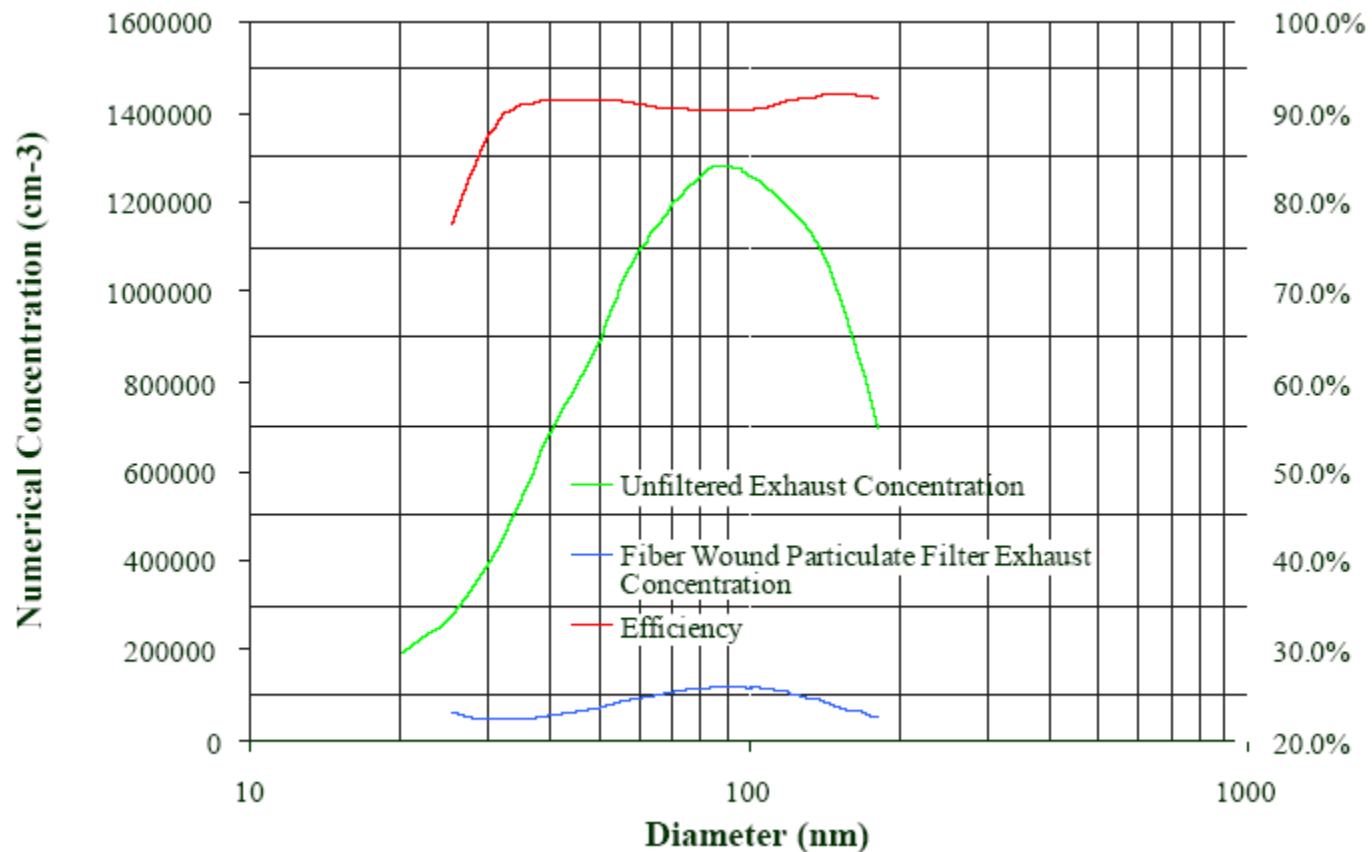
NEWS

施工機具冒黑煙 嘉縣推裝濾煙器護空品

施工機具上的濾煙器



濾煙器不同粒徑的效率



結論

營建工程柴油機具過去缺乏管制，造成部分機具汙染排放偏高，未來需要加強管制。

較新的機具汙染排放較低，但相同年份的機具，汙染排放與保養狀況有關。

先從機具數量與使用情況調查做起。

老舊機具從維護保養做起。

安裝濾煙器可有效降低黑煙。

簡 報 結 束
敬 請 指 教