

施工柴油機具汙染管制

中興大學機械工程學系

盧昭暉

2017/8/24

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。

非道路機具的PM管制

非道路機具：營建機具，農用機具，發電機

特定區域使用車輛：沙灘車，機場工作車。

其他交通工具：船舶，飛機，火車。

非道路機具



非道路機具



5

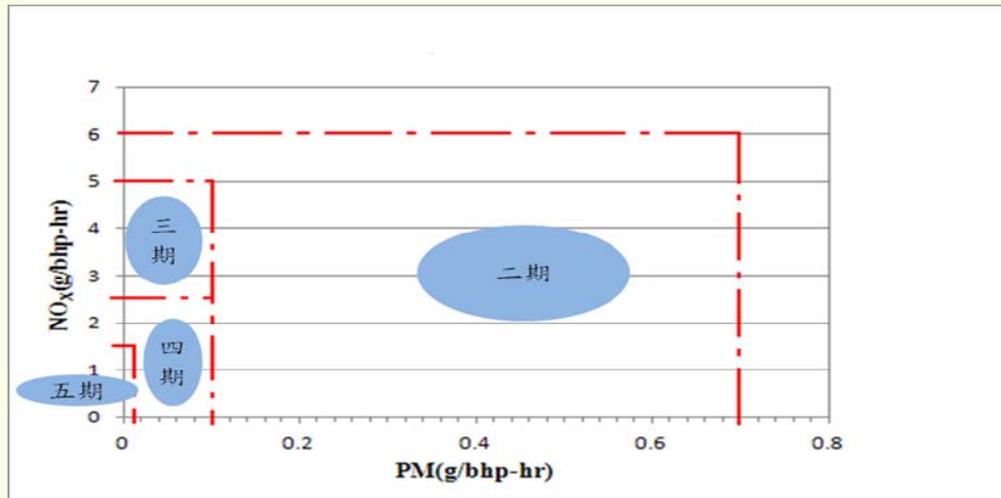
柴油車新車管制

- 新車管制的目標是所有剛出廠的新車都要符合排放標準，而且污染排放要越來越低。實際的執行手段是新車審驗，新車抽驗，以及召回改正測試。
- 「交通工具空氣污染物排放標準」於1980年6月5日發布，經過25次修訂，最新的版本於2014年3月21日由行政院環境保護署修正發布。

	CO	HC	NOx	PM	PN	黑煙
1987年7月1日(一期車)						√
1993年7月1日(二期車)	√	√	√	√		√
1999年7月1日(三期車)	√	√	√	√		√
2006年10月1日(四期車)	√	√	√	√		√
2012年1月1日(五期車)	√	√	√	√	√	√

柴油車輛的排放標準

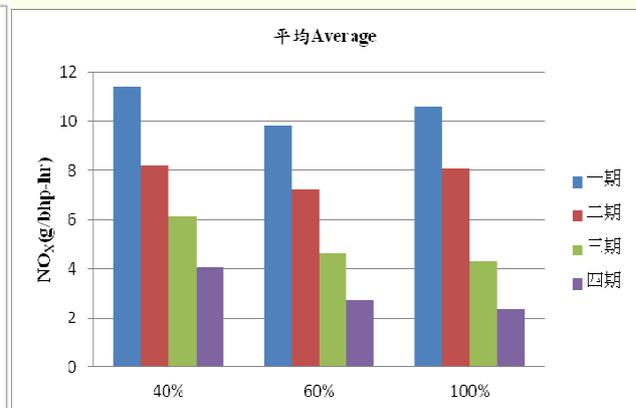
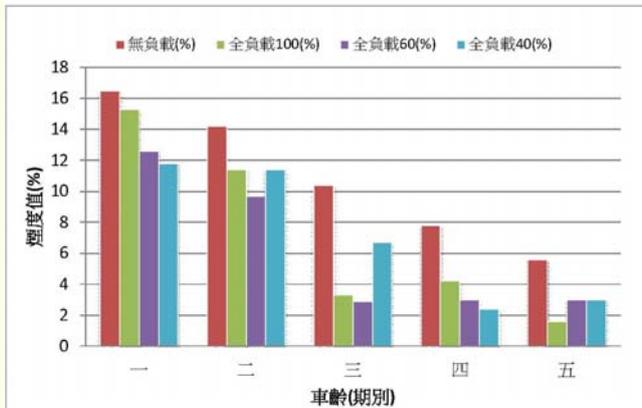
從1993年開始實施柴油車第二期排放管制標準到2012年實施第五期排放管制標準為止，這二十年來，PM的排放標準加嚴了32倍，NO_x的排放標準加嚴了4倍。



7

新車管制的成效

路邊攔檢與動力站檢測的結果顯示柴油車的黑煙與NO_x排放確實有改善。



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。現場檢測

我國尚無標準檢測方法。國外已實施10年

9

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 ≤ kW ≤ 560	01/01/2006	4.00	3.50	0.20
75 ≤ kW < 130	01/01/2007	4.00	5.00	0.30
37 ≤ kW < 75	01/01/2008	4.70	5.00	0.40
19 ≤ kW < 37	01/01/2007	7.50	5.00	0.60

Category	Date	NO _x	HC + NO _x	CO	PM
130 ≤ kW ≤ 560	01/01/2011	2.00		3.50	0.025
75 ≤ kW < 130	01/01/2012	3.30		5.00	0.025
56 ≤ kW < 75	01/01/2012	3.30		5.00	0.025
37 ≤ kW < 56	01/01/2013		4.70	5.00	0.025

10

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。

11

歐盟非車用柴油引擎汙染量測

歐盟的 JRC(Joint Research Center)在 2010年已進行非道路柴油機具 PEMS量測，安裝在收割機上以及挖土機上的車載系統。



12

美國加州非車用柴油引擎汙染管制

2007開始實施，2010修訂。主要目標是改善柴油引擎PM 與NOx 排放。

管制對象為加州境內的非車用柴油引擎，包括營建，採礦，工業用途等。25hp以上的引擎才列入管制。

火車，船舶，軍車，運動休閒車輛，軌道車輛，農林用車輛，不列入管制。

13

美國非車用柴油引擎汙染量測

美國加州空氣資源局也已開始進行非道路柴油機具 PEMS量測，左圖為 Caterpillar 966G鏟土機，右圖為 John Deere 7630 牽引機，該引擎有加裝 DPF系統。



14

美國加州非車用柴油引擎管制方式

- 惰轉不超過五分鐘。
- 年度報告。
- 不可添購Tier 0車輛。
- 機具購買時必須資訊揭露。

新加坡柴油機具測試報告

TEST CERTIFICATE					
<i>Cross (X) whichever applies</i>					
Part 1 Chassis / Machinery Classification					
<input type="checkbox"/> 0	Auxiliary Engine	<input type="checkbox"/> 0	Construction Eq	<input type="checkbox"/> 0	Forklift
<input checked="" type="checkbox"/> X	Generator	<input type="checkbox"/> 0	Airport Eq	<input type="checkbox"/> 0	Seaport Eq
<input type="checkbox"/> 0	Others (specified below)				
--					
Name:	GENERATOR SET		Serial No:	3752275	
Make:	DENYO		Chassis No:	-	
Model:	DCA610SPM		Year of Manufacture:	2	0
				0	4
				0	0
				<input type="checkbox"/> 0	New
				<input checked="" type="checkbox"/> X	Used
Part 2 Main Engine					
Make:	MITSUBISHI		Serial No:	18895	
Model:	S6R-PTA		Year of Manufacture:	2	0
				0	4
				0	0
				<input type="checkbox"/> 0	New
				<input checked="" type="checkbox"/> X	Used
Rated Power:	517	kW	Emission Standards:		
Rated Speed:	1500	RPM	<input type="checkbox"/> 0	US Tier II	<input checked="" type="checkbox"/> X
			<input type="checkbox"/> 0	Euro Stage II	<input type="checkbox"/> 0
			<input type="checkbox"/> 0	Japan Tier II	
	<input type="checkbox"/> 0	Naturally Aspirated Engine	<input type="checkbox"/> 0	US Tier III	<input type="checkbox"/> 0
	<input checked="" type="checkbox"/> X	Turbocharged Engine	<input type="checkbox"/> 0	Euro Stage IIIA	<input type="checkbox"/> 0
				Others (specify):	
				--	
Part 3 Engine Exhaust Emission Results					
Emission Standard	130 ≤ P < 560 kW		Engine Rated Power:	517	kW
Test Parameters	HC	CO	NOx	PM	NMHC+NOx
Unit of Reporting	(g/kWh)	(g/kWh)	(g/kWh)	(g/kWh)	(g/kWh)
Measured Value	0.09	0.45	5.67	0.07	5.76
Emission Limit	1.0	3.5	6.0	0.2	-
	Euro Stage II				
Smoke (%)	40 max	Meas. Value	--		

北京市非車用柴油引擎汙染管制

2013開始實施，以出廠日期來分類
採用不透光率煙度計，以無負載急加速方式進行測試。

註冊或銷售日期	類別	標準
2013/6/30以前	I	1.6 m ⁻¹
2013/7/1~2015/1/1	II	1.0 m ⁻¹
2015/1/1以後	III	0.6 m ⁻¹

國內實際檢測情形



國內檢測結果與討論

室內搬運機具

本計畫檢測兩款機齡不同的堆高機，一款為 TOYOTA 7FD25，機齡為 10 年，一款為 TOYOTA 8FD25，機齡為 1 年。該引擎為直列四缸的直噴式柴油引擎，排氣量 3469cc，最大馬力 42kW@2200rpm，最大扭力 200Nm@1600rpm。

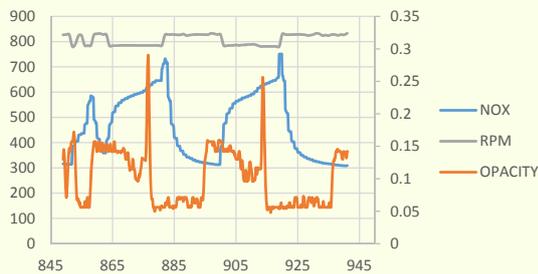
檢測方式：靜止抬舉重物，攜帶重物行走

檢測項目：引擎轉速(rpm)，NO_x濃度(ppm)，與不透光率(m⁻¹)變化

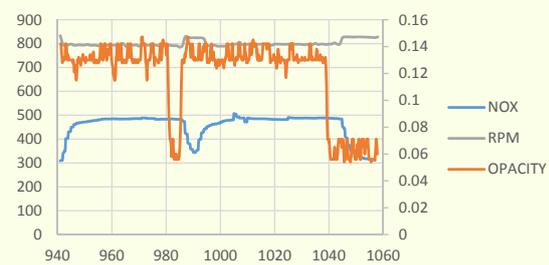


堆高機檢測結果

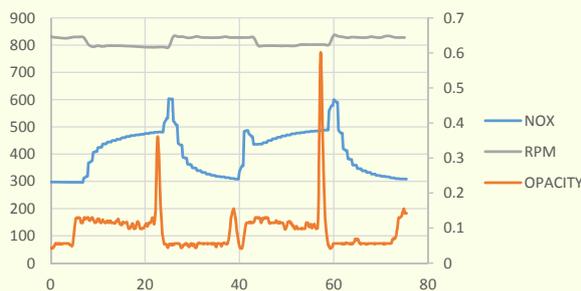
800KG抬舉



800KG前進倒退



400KG抬舉

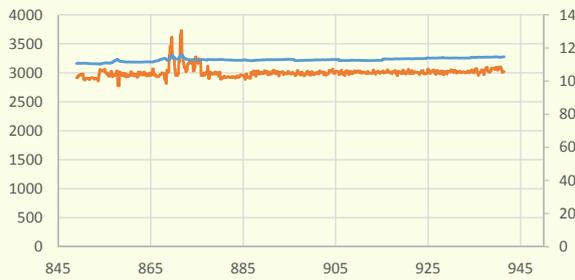


400KG前進倒退

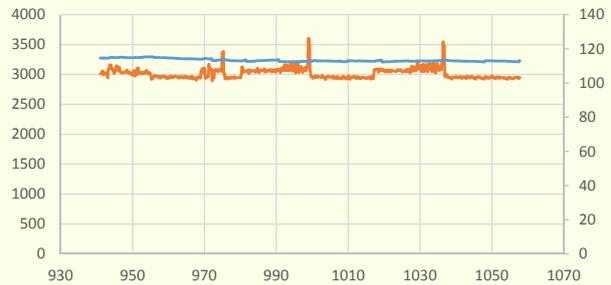


堆高機檢測結果

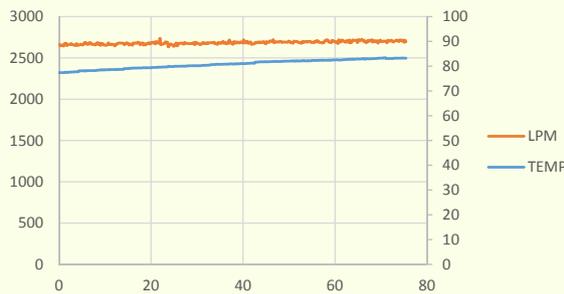
800kg抬舉 溫度&LPM



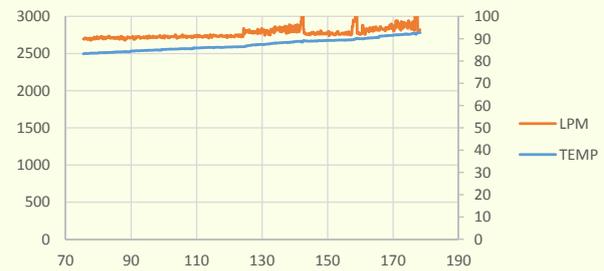
800KG前進倒退 溫度&LPM



400KG抬舉 溫度&LPM

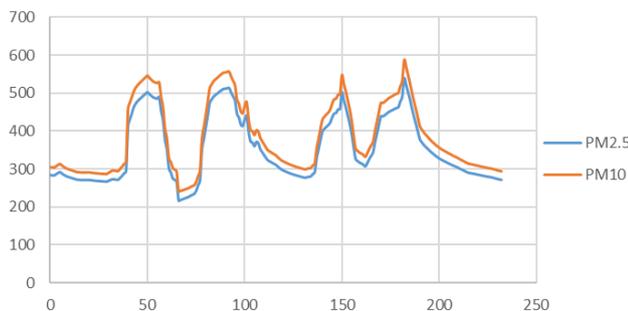


400KG前進倒退 溫度&LPM

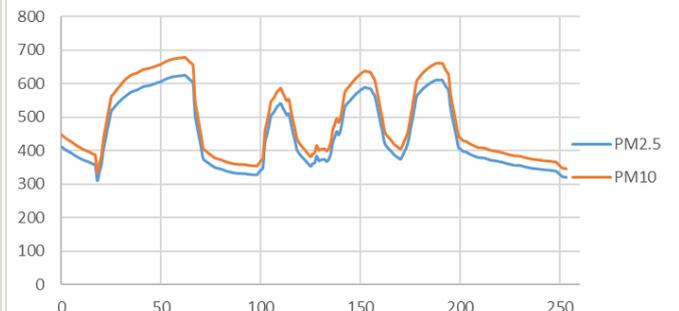


堆高機檢測結果

堆高機400KG前進後退&上下抬舉稀釋後PM2.5&10



堆高機800KG前進後退&上下抬舉稀釋後PM2.5&10



堆高機頂著負載前進及後退，稀釋後的PM2.5濃度在300~700 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 之間變化。

堆高機往前或往後運送400kg貨物時，排放的PM2.5為1.5g/hr，而每一次抬舉400kg貨物時，所產生的PM2.5為7.5mg。

堆高機往前或往後運送800kg負載貨物時，排放的PM2.5為2.16g/hr，而每一次抬舉800kg負載貨物時，所產生的PM2.5為12mg。

堆高機檢測結果

由室內搬運機具的實驗可知，TOYOTA 8FD25堆高機將負載舉昇過程，會使NO_x濃度升高，但負載下降過程，則會使NO_x濃度下降。

不透光率的變化與NO_x濃度變化類似，在舉昇貨物時，不透光率瞬間會提高，此時有一股黑煙從排氣管排出。但不透光率馬上下降，一直到引擎轉速回復成800rpm，不透光率才開始逐漸上升。

堆高機頂著負載前進及後退時，引擎轉速，NO_x濃度，及不透光率都相當穩定，只有在換檔期間，NO_x濃度與不透光率有下降。

23

堆高機在抬舉或運送400kg貨物時，排放的NO_x為122 g/hr

國內檢測結果與討論(二)

營建機具

本研究室與台中市政府環保局合作，進行台中市營建工地柴油機具的污染排放檢測。共進行五款施工機械的污染量測，分別為開挖機(怪手)，推土機(山貓)，起重機，壓路機，吊車。

檢測方式：低怠速，高怠速，無負載急加速，及模擬工作動作

檢測項目：引擎轉速(rpm)，NO_x濃度(ppm)，與不透光率(m⁻¹)變化

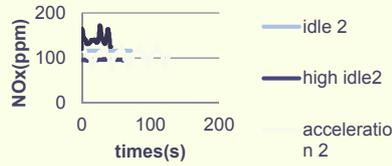
機具類型	機具型號	出產年分	額定馬力	額定轉速
開挖機	PC300	2012	170	1600
開挖機	PC200	2004	140	1500
推土機	410	2007	100	1500
壓路機	VM115D	2012	118	2800
起重機	SCX900H-2		138	3350
吊車	RK450			

24

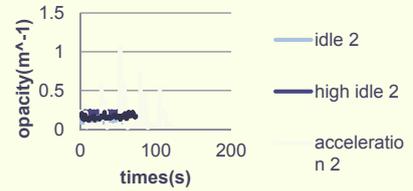
開挖機檢測結果



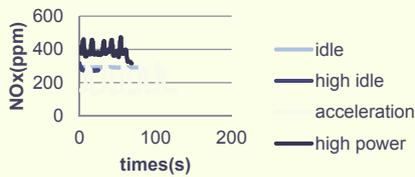
開挖機 NOx



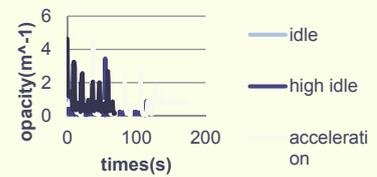
開挖機 Opacity



開挖機



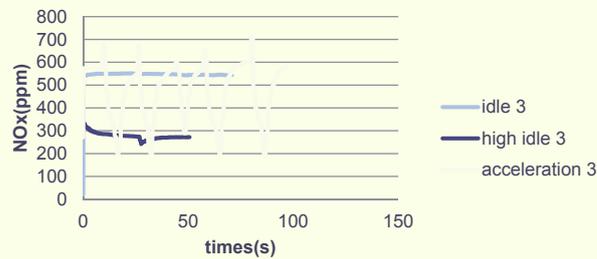
開挖機 opacity



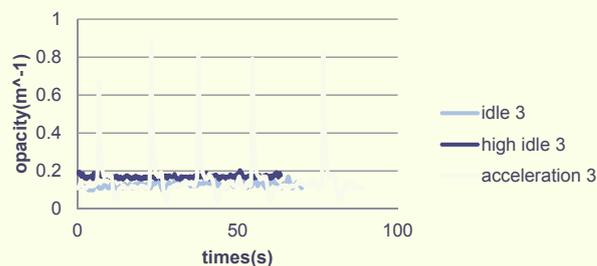
壓路機檢測結果



壓路機 NOx

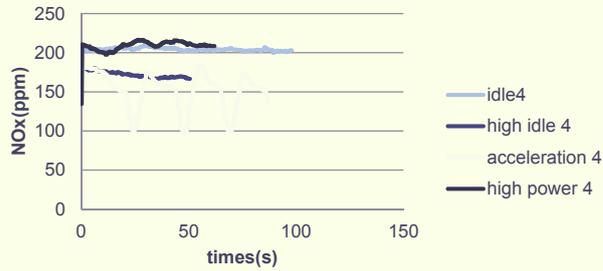


壓路機 Opacity

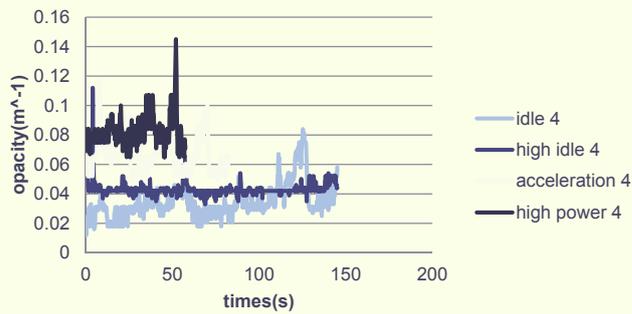


堆土機檢測結果

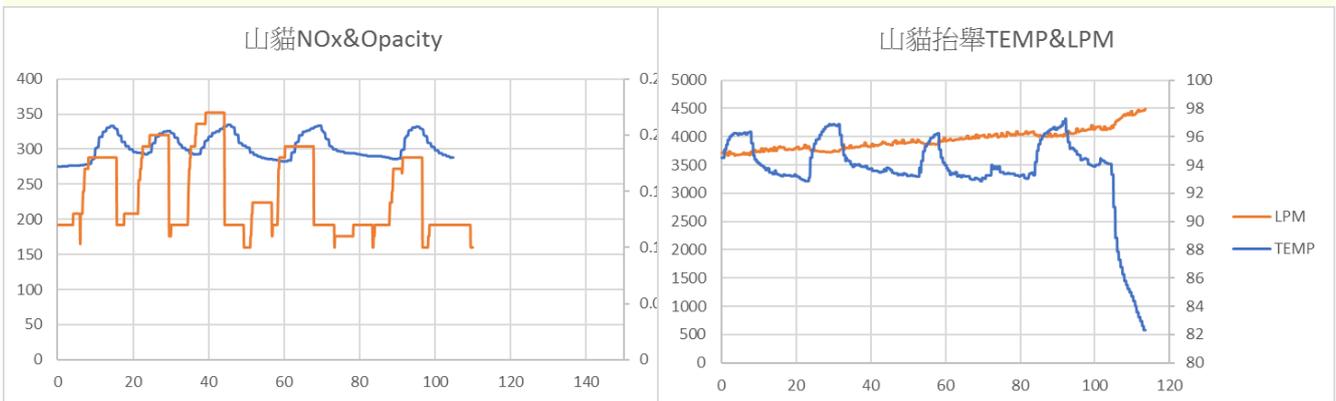
推土機 NOx



推土機 Opacity



堆土機檢測結果

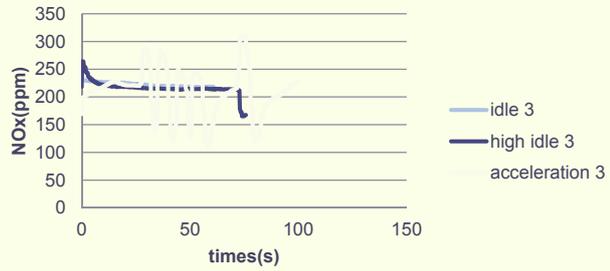


推土機在模擬實際推土動作時所產生的NOx，約為108g/hr。

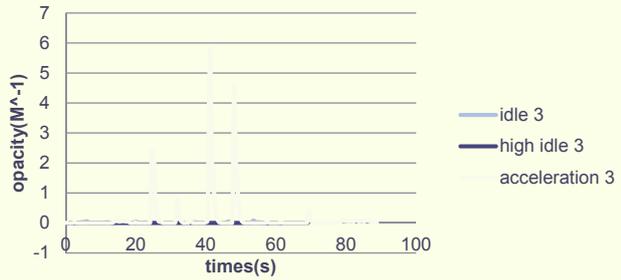
起重機檢測結果



起重機 NOx



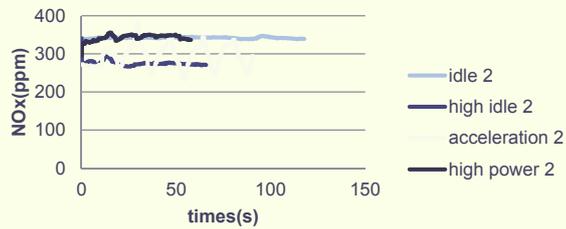
起重機 Opacity



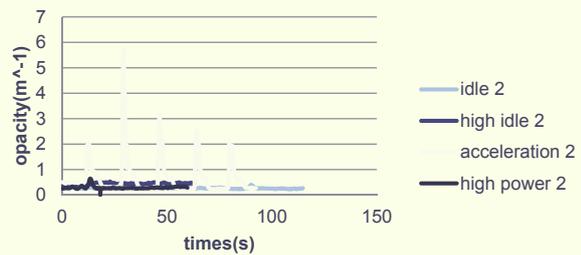
吊車檢測結果



吊車 NOx



吊車 Opacity



營建機具檢測結果

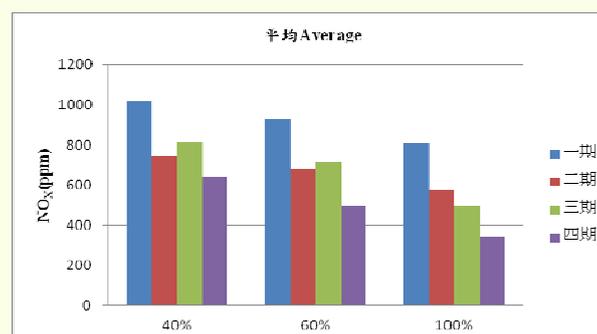
機具類型	機具型號	不透光率(m ⁻¹)			
		Low idle	High idle	acceleration	High power
開挖機	PC300	0.12	0.24	1.066(三)	0.201
開挖機	PC200	0.186	0.23	4.49(超)	3.107
推土機	410	0.04	0.05	0.117(五)	0.15
壓路機	VM115D	0.16	0.2	0.872(四)	
起重機	SCX900H-2	0.05	0.02	5.785(超)	
吊車	RK450	0.3	0.48	5.748(超)	0.28

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

31

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		



32

營建機具檢測結果

營建機具的NO_x濃度高怠速最低，其次為低怠速，無負載急加速的NO_x濃度都較低怠速的NO_x濃度略高，但油門放開後，NO_x濃度會下降甚多。模擬工作時的NO_x濃度最高。

相同廠牌的開挖機(Komatsu)，較新機型的NO_x濃度比較舊機型的NO_x濃度低，但不同廠牌，不同機型之間的數據卻無法比較。

高怠速與低怠速不透光率都很低，不具參考價值。無負載急加速的不透光率都偏高，且高於模擬工作時的不透光率，可做為未來管制的依據。

本次所檢測的六具營建機具，其中有一具開挖機，起重機，與吊車都遠高於一期車的標準，有一具開挖機符合三期車的標準，有一具壓路機符合四期車的標準，有一具推土機符合五期車的標準，顯示這些營建機具的黑煙排放情形變異很大。

33

現階段成果與討論(三)

發電機具

發電機在操作時，其負載幾乎是固定不變，故其污染排放模式會與營建機具不同。

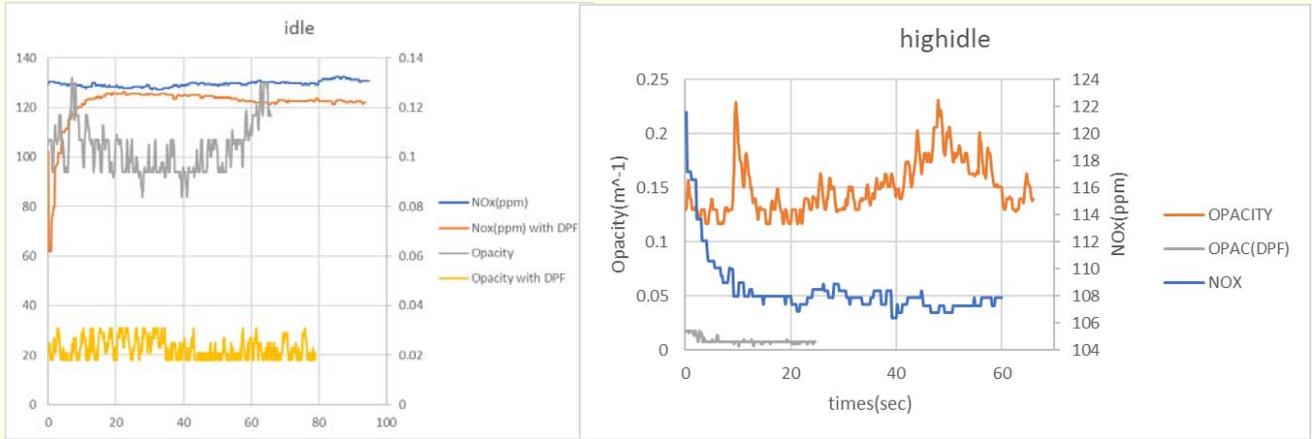
檢測方式：低怠速，高怠速，無負載急加速，及模擬工作動作

檢測項目：引擎轉速(rpm)，NO_x濃度(ppm)，與不透光率(m⁻¹)變化



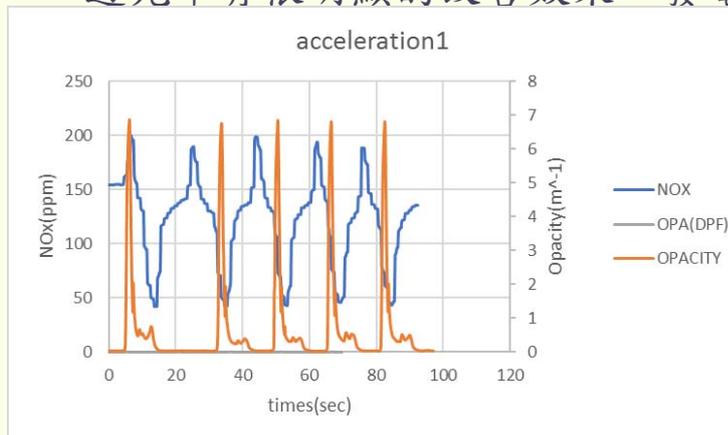
34

發電機檢測結果



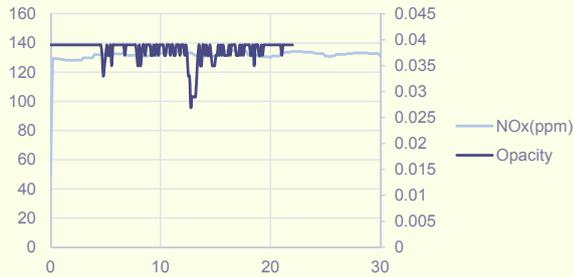
發電機檢測結果

發電機引擎無負載急加速的不透光率峰值很高，但不一定適合做為此類引擎的測試模式。在全載模式下，NOx 濃度會增加，但不透光率反而較低。而安裝濾煙器對不透光率有很明顯的改善效果，發電機引擎符合五期車的



水面船舶結果(插電式油電混合)

油電船idle

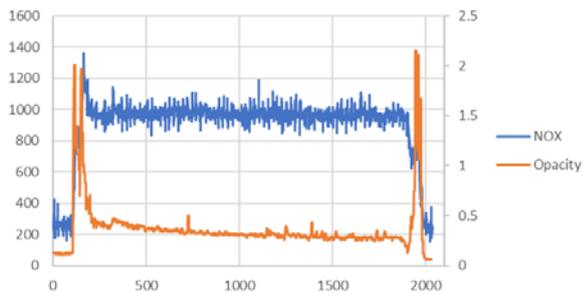


巡航時引擎負載固定 (1500rpm)，NO_x濃度與不透光率也幾乎都是定值，其中NO_x濃度約130ppm，不透光率約0.04m⁻¹，都非常低。

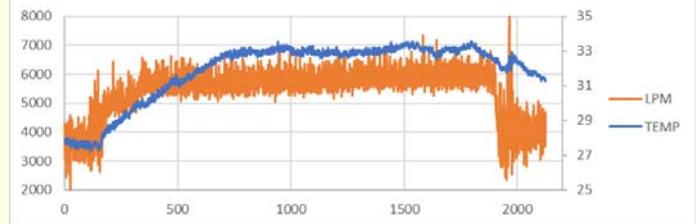


水面船舶結果(柴油動力船)

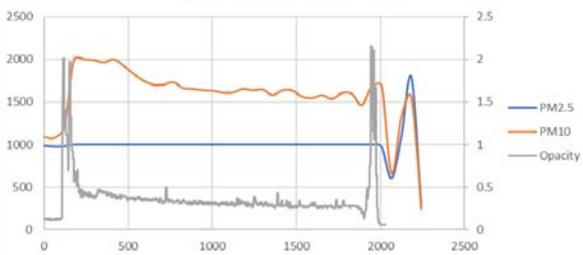
遊艇巡航NO_x&Opacity



遊艇巡航TEMP&LPM



遊艇稀釋後PM_{2.5}&PM₁₀



船舶以等速巡航時，NO_x的排出量約為600g/hr，通常日月潭遊艇載客遊湖一圈的航行時間約為45分鐘，所產生的NO_x約為450g。PM_{2.5}的排放量約為7.2g/hr，繞湖一圈所產生的PM_{2.5}約為5.4g。

本計畫量測結果整理

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

39

施工機具上的濾煙器



40

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