

光觸媒空氣淨化效能檢驗方法(TPIA-A1)

1. 摘要

本光觸媒材料空氣淨化效能檢驗方法，係使用連續流動式氣相反應系統，並使用含1 ppm濃度的一氧化氮之空氣為進料氣體。在達到飽和吸附後，檢驗光觸媒照射紫外光(UVA)後對此微量一氧化氮進料之氧化去除效率，以作為判斷光觸媒材料淨化空氣效能之依據。

氮氧化物為空氣中主要污染物，且為破壞臭氧層之主要成份之一。尤其由燃燒器或汽車引擎之排放廢氣中，帶有許多此類污染物，故本檢測方法以氮氧化物為檢測標的。其他空氣中的污染物，只要有適當濃度檢測設備，亦可以本方法檢測。

2. 適用範圍

本方法測試樣品之型態可以為含光觸媒之粉體、含光觸媒之溶膠或塗料，或已製作成試片狀並披覆有光觸媒之元(組)件，依樣品型態分別製備測試樣品。含光觸媒之粉體、溶膠或塗料等類樣品，將塗佈固著於5 x 10 cm²的磨砂玻片上以進行檢測。

3. 測試樣品規格及試片製備

3.1 含光觸媒之粉體

含光觸媒之粉體送測樣品須標示其有效光觸媒含量、主要成分、含氮添加物(如硝酸等)含量，以及適用之固定化溫度、時間等資訊。在進行測試之前，將含光觸媒之粉體送測樣品以下述程序固定化在玻璃試片上：

- 3.1.1 依據樣品所標示的有效光觸媒含量，取含有效光觸媒0.1 g之粉體樣品，及2~3 mL (可依據光觸媒粉體與水的混合效果適當調整)的純水倒入容積30 mL的鐵氟龍燒杯中，以超音波洗淨機隔水震盪10分鐘，使混合均勻。
- 3.1.2 將5 x 10 cm²的磨砂玻片(空白玻片要先秤重)置於加熱板上(保持水平)，溫度控制在60-80 °C (或所標示之適當處理溫度)，將燒杯中的混合液慢慢倒在玻片上，並將混合液平均攤平。另以1-2 mL純水加入燒杯中，將燒杯中殘餘的光觸媒粉體也洗出倒在玻片上。當玻片表面的水分蒸發後，關閉加熱開關。
- 3.1.3 若所標示固定化溫度高於80 °C，以其所標示之固定化溫度及時間加熱之。含光觸媒之粉體中若含有硝酸等含氮添加物，則必須將此試片以350 °C加熱1-2小時，去除含氮物。

3.1.4 玻片冷卻後，取下秤重，紀錄光觸媒粉體的重量，原則上應在 0.1 ± 0.005 g 之內。若不是落在此範圍，則需酌量增減或重新製備。

3.2 含光觸媒之溶膠或塗料

含光觸媒之溶膠或塗料的送測樣品，必須標示其固含量、有效光觸媒含量、主要成分、含氮添加物(如硝酸等)含量，以及適用之固定化溫度、時間等資訊。進行測試之前，將含光觸媒之溶膠或塗料送測樣品，以下述程序固定化在玻璃試片上：

3.2.1 依據樣品所標示的有效光觸媒含量，計算含 0.1 g 有效光觸媒之溶膠或塗料重量。取此重量之溶膠或塗料置於鐵氟龍燒杯中備用。如有效光觸媒含量為 1% 的光觸媒溶膠或塗料，則取約 10 mL 即可。

3.2.2 將 5×10 cm² 的磨砂玻片(空白玻片要先秤重)置於加熱板上(保持水平)，溫度控制在 60-80 °C，將燒杯中的溶膠或塗料慢慢倒在玻片上，並將溶膠或塗料平均攤平。倒入的速度要與溶劑蒸發的速度配合，勿使溶膠或塗料流出玻片。當玻片表面的溶劑蒸發後，關閉加熱開關。若所標示之固定化溫度高於 80 °C，以其所標示之固定化溫度及時間加熱之。

3.2.3 光觸媒之溶膠或塗料樣品中若含有硝酸等含氮添加物，必須將此試片以 350 °C 加熱 1-2 小時，去除含氮物。

3.2.4 玻片冷卻後，取下秤重，紀錄光觸媒樣品的重量，原則上有效光觸媒應在 0.1 ± 0.005 g 之內。若不是落在此範圍，則需酌量增減或重新製備。

3.3 已製作成試片狀並披覆有光觸媒之元(組)件

已製作成試片狀並披覆有光觸媒之元(組)件的種類，可以是表面塗佈或攪混有光觸媒的平板狀光觸媒濾紙、濾網、磁磚、塑膠片、水泥板...等。送測樣品須標示單位面積所含有效光觸媒重量、主要成分、含氮添加物(如硝酸等)含量、最高加熱溫度等資訊。樣品規格如下：

3.3.1 試片大小應為 49.5 ± 0.5 mm 寬， 99.5 ± 0.5 mm 長。試片厚度應小於 5 mm。為避免基材側邊的吸附作用影響表面光觸媒吸附及水洗再生率之計算，必須以惰性材質將其側邊密封。

3.3.2 送測樣品須使用浸泡過 95% 乙醇之紗布或脫脂棉，將光照射面擦拭 2~3 次，以去除表面油污，並在 70~120 °C 下乾燥，去除乙醇後冷卻至室溫，作為測試用試片。

4. 方法概要及測試儀器

測試系統包含一組測試氣體供應系統，其中包含空氣來源(可為零級空氣鋼瓶)與一氧化氮標準氣體鋼瓶(濃度為100 ppm)。空氣與一氧化氮氣體混合後，提供一氧化氮濃度為1 ppm之進料氣體。測試系統另需包含一具光源箱，裝配有UVA燈具或其他燈具，以提供適當波長的光源。測試檢驗用的光觸媒反應器，其上蓋須為紫外光可穿透之光學玻璃，光線透過此上蓋玻璃，照射到受測樣品的表面。在適當波長的光線激發下，將進料氣體中的一氧化氮氧化成二氧化氮(NO_2)、硝酸或亞硝酸(HNO_3 或 HNO_2)。測試系統之進料與出料氣體中所含的氮氧化物濃度，可使用氮氧化物分析儀來連續監測。由於測試中係使用低濃度之氮氧化物氣體，故系統中器具及管線等之材質必須對氮氧化物氣體具有低吸附性，並能長時間抵抗紫外光之照射。測試系統亦須定期進行空白測試，確認在沒有光觸媒材料的狀況下，即使照射紫外光，亦不會有氮氧化物氧化反應之進行。

本測試方法之示意圖見圖1。測試時先在無光情形下，連續供應進料氣體，並監測進料與出料之一氧化氮濃度。待系統內達到飽和吸附，因而進料與出料濃度相同時，打開光源進行光催化反應，並持續監測出料之濃度，直到預設之反應時間(5小時)為止。最後將光源關閉，並繼續監測無光情況之脫附現象。

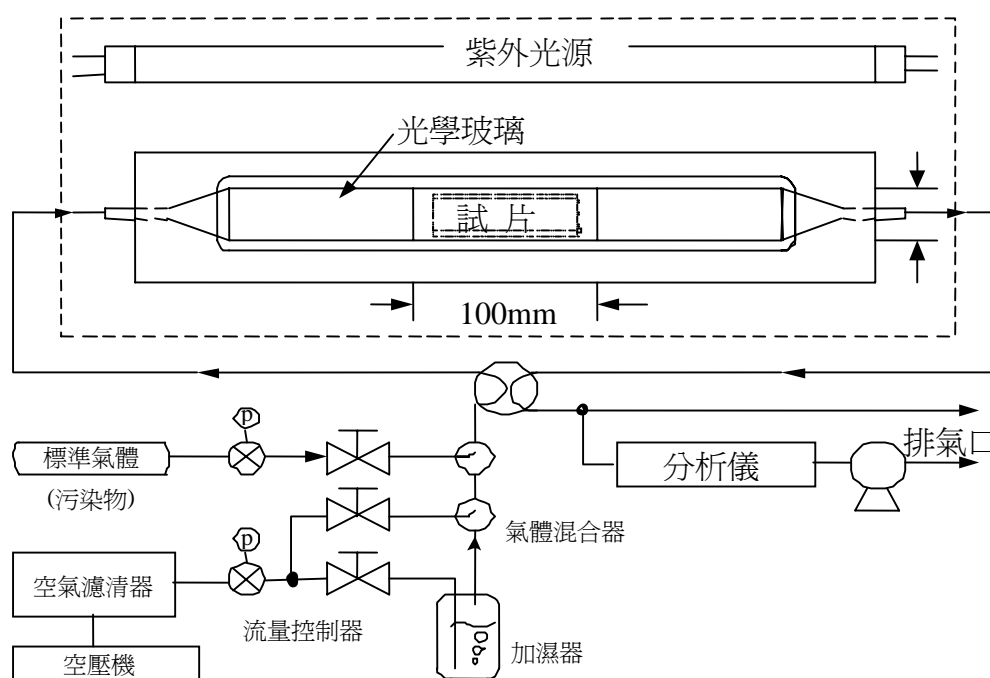


圖1 光觸媒空氣淨化測試系統示意圖。

各測試儀器之說明，詳述如下。

4.1 測試氣體供應系統：

由流量控制器、加濕器及氣體混合器...等組成；若使用室內空氣，則必須多加空氣濾清器及空壓機。經由流量控制器的控制，可連續提供穩定的一氧化氮濃度及相對濕度之測試氣體。

4.2 光觸媒反應器：

光觸媒反應器之側視圖詳見圖2。反應器內可放置光觸媒試片，其上蓋為光學玻璃，此光學玻璃對波長300nm以上的光線具有很低的吸收性，其材質最好為石英或硼系玻璃，如Pyrex較佳。上蓋之光學玻璃與試片之間的距離，必須保持在5 mm。反應器之材質必須對測試氣體具有很低的吸收性，並且要能夠耐紫外光之照

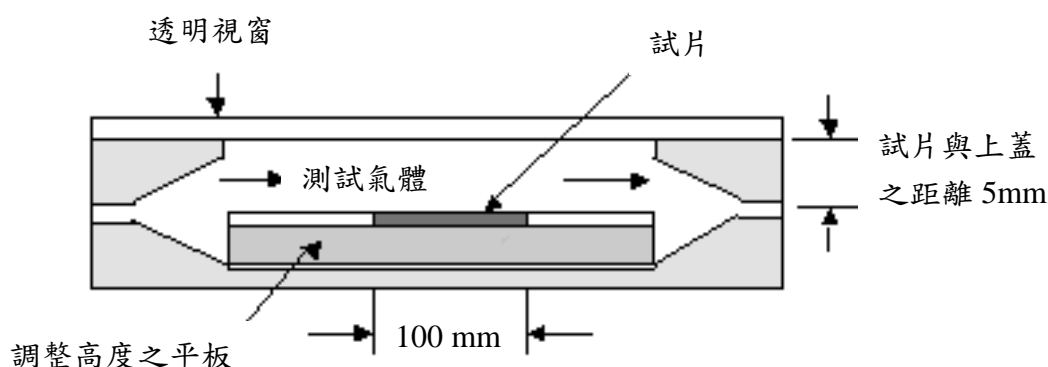


圖 2 光觸媒反應器側視圖。

射。

4.3 光源箱：

光源箱之作用在提供光源，並遮斷外界光源的影響。光源係使用紫外線分類為UVA之螢光燈，或所謂的黑燈管(Black Light)，波長範圍為300-400 nm。亦可使用氙燈(Xenon Lamp)搭配光學濾波片，將300 nm以下的光線濾掉。若光源的暖機需要一段時間，則需加裝遮光器(Shutter)。適當調整光觸媒反應器在光源箱中的高低及水平位置，使試片表面所照射的光照度(Irradiance)能夠一致，且在 $1 \pm 0.05 \text{ mW/cm}^2$ (10 W/m^2)。光照度的量測係使用經校正的UVA光照度計(Photometer)。

4.4 氮氧化物分析儀：

氮氧化物分析儀係使用化學發光法(Chemiluminescence Method, CNS 13199, K9117)檢測氣體中氮氧化物的濃度。此法

可精確並簡易地得到NO、NO₂及NO_x的濃度。使用前，要先經由零點及全跨距80%濃度之檢量線校正程序。

5. 檢測步驟及方法

檢測分為試片前處理、NO去除測試及洗提(Elution)測試三個部分，以下將分開加以說明：

5.1 試片前處理

依循下列方式進行試片的前處理，如果前處理完後的試片不能馬上進行測試，請務必將試片置於密閉容器內，以確保光觸媒不會反應。

5.1.1 去除有機物質：

將試片放置在照度不小於1 mW/cm²之紫外光(UVA)下照射5個小時，以確保能將殘存的有機物質全部去除。

5.1.2 水洗：

將照光5小時後的試片，浸泡在純水中至少2小時。取出後以室溫下陰乾的方式乾燥。亦可使用不會造成試片物理和化學變化的較高溫度範圍予以加速乾燥。無論使用何種方式乾燥，最後必須達到恆重，以確認乾燥程度。乾燥的方法和水洗過程觀察到的現象，如是否有沈澱物產生...等現象，都必須要加以記錄。

5.2 NO 去除測試

以下所描述之測試步驟，在取得光觸媒試片在不照光條件下NO之吸附(Adsorbed)量，及照光條件下NO之去除(Removed)量與脫附(Desorbed)量。圖3為典型的NO去除測試過程中，NO_x的濃度變化示意圖。

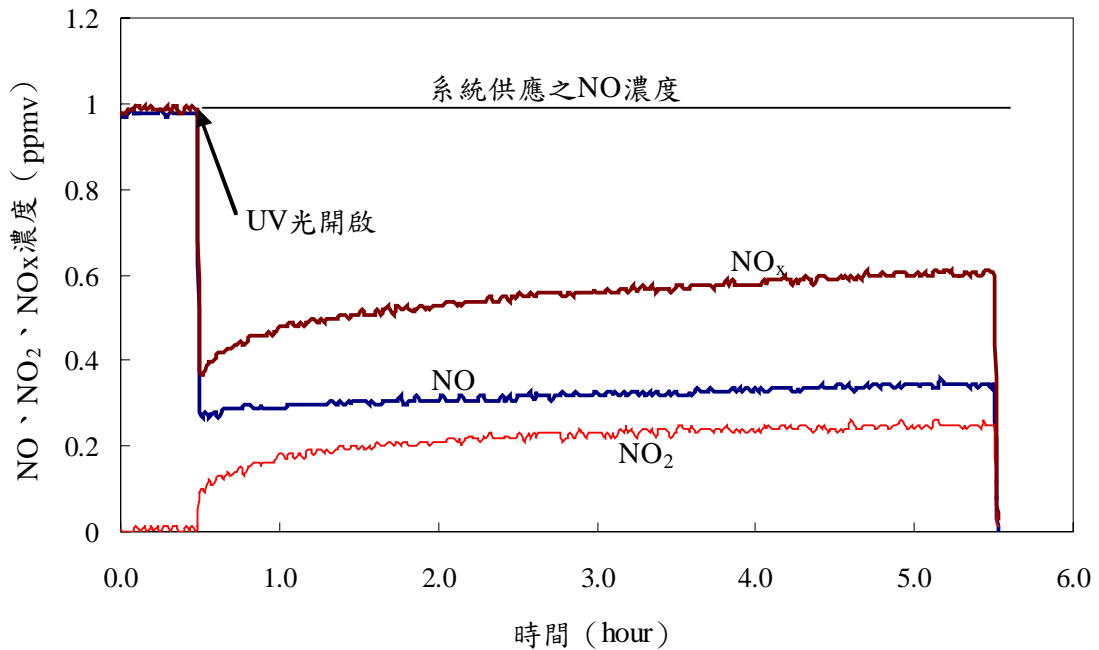


圖3 光觸媒空氣淨化測試結果之示意圖。

以下為測試的步驟。

5.2.1 調整測試氣體供應系統：

調整預先準備好的測試氣體供應系統，使其能穩定且連續地供應含NO濃度1 ppm、溫度25°C、相對濕度70-80%之測試氣體。此時，測試氣體再直接導入氮氧化物分析儀。開啟氮氧化物分析儀通常需要30-60分鐘的暖機時間。暖機後，需進行校正程序，同時量測光源箱內試片位置之UVA光照度。

5.2.2 放入光觸媒試片：

將光觸媒試片放入光觸媒反應器，調整試片和上蓋間之距離，使維持在5 mm，然後蓋上光學玻璃上蓋，確認上蓋和反應器本身密封妥當。

5.2.3 切換測試氣體流向：

切換氣體流向，將測試氣體導入光觸媒反應器。此時，光源尚未開啟。經過反應器之流量約為3 L/min (試片上方平均流速為0.2 m/s)。在未開光源的情況下，繼續氣流30分鐘，監測流出氣體中NO及NO₂的濃度變化。如果30分鐘後，流出氣體中NO_x的濃度仍低於供氣值的90%，必須繼續此步驟，直到流出氣體中NO_x濃度超過供氣值的90%。

5.2.4 開啟光源：

開啟UV光源（若光源係使用遮光器將光源遮住，則將遮光器打開），持續監測並記錄流出氣體中NO及NO₂的濃度變化超過5小時。

5.2.5 關閉光源：

關閉UV光源，關閉標準氣體，導入零級空氣，持續監測並記錄流出氣體中NO_x濃度變化超過30分鐘，直到其NO濃度為零。

5.2.6 結束測試系統：

關閉零級空氣，將試片從反應器取出。

5.3 洗提（Elution）測試*

NO去除測試完成後，光觸媒試片表面會吸附硝酸根及亞硝酸根離子。洗提測試的目的即在將這些離子洗下，並分析其濃度。步驟如下：

5.3.1 試片洗提：

將試片放入定量(約50 mL**)純水中浸泡1小時。取出試片後紀錄水量(此時的水樣稱之為“水洗1”)。再將試片放入另一個定量純水中浸泡1小時。取出試片後再紀錄水量(此時的水樣稱之為“水洗2”)。同時紀錄洗提過程中所觀察到的現象，如試片褪色、有沈澱物產生...等。

5.3.2 測離子濃度：

測“水洗1”和“水洗2”水樣的pH值，並量測其中的硝酸鹽及亞硝酸鹽濃度。

*當試片因為強吸水性等因素，造成洗提的困難時，可將水洗過之試片重新測試NO去除能力。此時不要作試片前處理，以證明水洗後試片的去除NO能力，已經完全恢復。

**當試片具有很強的吸水性時，要適當增加水量。

6. 檢測結果表示法

光觸媒空氣淨化測試結果之表示，計有七個部分，分別為NO_x吸附量、NO去除量、NO₂生成量、NO_x脫附量、NO_x淨去除量、氮洗提量及水洗再生率。以下分別加以說明其計算方式：

6.1 NO_x吸附量：

NO_x 吸附量之計算方法如下所示：

$$Q_{ads} = \left\{ \int ([NO]_0 - [NO])dt - \int [NO_2]dt \right\} \times f / 22.4 \quad , \text{ 其中}$$

Q_{ads} ：試片之NO_x 吸附量(μ mol)，

$[NO]_0$ ：測試系統供應之NO濃度(ppm)，

$[NO]$ ：光觸媒反應器出口測得之NO濃度，

$[NO_2]$ ：光觸媒反應器出口測得之NO₂濃度，

t ：吸附作用操作時間(min)，

f ：轉換成標準狀態(0 °C、101.3 kPa)下之測試氣體流量(L/min)。

6.2 NO去除量：

NO去除量之計算方法如下所示：

$$Q_{NO} = \int (f / 22.4)([NO]_0 - [NO])dt \quad , \text{ 其中}$$

Q_{NO} ：試片之NO去除量(μ mol)，

t ：去除作用操作時間(min)，

其他參數請參見上文。

6.3 NO₂生成量：

NO₂生成量之計算方法如下所示：

$$Q_{NO_2} = \int (f / 22.4)[NO_2]dt \quad , \text{ 其中}$$

Q_{NO_2} ：試片之NO₂生成量(μ mol)，

其他參數請參見上文。

6.4 NO_x脫附量：

NO_x脫附量之計算方法如下所示：

$$Q_{des} = (f / 22.4) \left\{ \int [NO]dt + \int [NO_2]dt \right\} \quad , \text{ 其中}$$

Q_{des} ：試片之NO_x脫附量(μ mol)，

t ：脫附作用操作時間(min)，

其他參數請參見上文。

6.5 NO_x淨去除量：

NO_x淨去除量之計算方法如下所示：

$$Q_{NO_x} = Q_{ads} + Q_{NO} - Q_{NO_2} - Q_{des} \quad , \text{ 其中}$$

Q_{NO_x} : 試片之 NO_x 去除量($\mu\text{ mol}$)。

6.6 氮洗提量：

氮洗提量之計算方法如下所示：

$$Q_w = Q_{w1} + Q_{w2} = V_{w1}([NO_3^-]_{w1}/62 + [NO_2^-]_{w1}/46) + V_{w2}([NO_3^-]_{w2}/62 + [NO_2^-]_{w2}/46)$$

，其中

Q_w : 試片之氮洗提量($\mu\text{ mol}$)，

V_w : 洗提測試之水樣容積(mL)，

$[NO_3^-]$: 試片洗提測試後測得之硝酸根離子濃度(mg/L)，

$[NO_2^-]$: 試片洗提測試後測得之亞硝酸根離子濃度(mg/L)，

w1、w2：分別代表“水洗1”和“水洗2”之水樣。

6.7 水洗再生率：

水洗再生率之計算方法如下所示：

$$\eta_w = (Q_{w1} + Q_{w2}) / Q_{NO_x} \quad , \text{ 其中}$$

η_w : 氮之水洗再生率。

7. 測試報告

光觸媒空氣淨化檢測之測試報告必須包含下列幾點：

- 7.1 光觸媒樣品描述：材質、尺寸、外型、型號、規格(固含量、有效光觸媒含量)...等。
- 7.2 測試儀器描述：儀器規格、型號...等。
- 7.3 測試條件：氣體污染物種類、供給濃度、水氣濃度(或相對濕度)、流量、光源種類及其光譜圖、光照度、分析儀器、光照度計...等。
- 7.4 測試結果：NO去除量， NO_x 去除量、 NO_2 生成量、 NO_x 吸附量及 NO_x 脫附量(視需要提供水洗再生率)。
- 7.5 備註：測試過程中，所發生的特殊狀況描述或變化描述。
- 7.6 測試報告格式：可參考附件之測試報告範例。

8. 名詞解釋

8.1 光觸媒(Photocatalyst)：

一種物質，在光的照射下，會具有氧化還原能力。此氧化還

原能力，使其具有諸多功用，如空氣及水中污染物之分解去除以及除臭、抗菌、易淨、防霧等功用。

8.2 光觸媒材料(Photocatalytic Material)：

一種內含光觸媒的材料。光觸媒可藉由塗佈(Coating)、含浸(Impregnation)、混和(Mixing)...等方式加到材料中。該材料可當作建築物或道路建設的材料，並具有光觸媒的諸多功用。

8.3 零級空氣(Zero-calibration Gas)：

不含污染物之乾淨空氣，即使有污染物，其濃度也在0.01 ppm以下，可將室內空氣經由實驗室內的空氣淨化系統處理後使用，或直接由空氣鋼瓶提供。

8.4 標準氣體(Standard Gas)：

將已知濃度的鋼瓶氣體加以稀釋，此鋼瓶的濃度必需經過原廠的驗證，以確保鋼瓶濃度無誤。

8.5 測試氣體(Testing Gas)：

依測試所需要的濃度和流量，適當調配標準氣體和零級空氣的量，以作為光觸媒性能檢測之進料氣體。

8.6 純水(Deionized Water)：

經離子交換樹脂法所製備的去離子水。

9. 參考資料

Japanese Industrial Standard: Fine ceramics (advanced ceramics, advanced technical ceramics) - Test method for air purification performance of photocatalytic materials - Part 1 : Removal of nitric oxide
JIS R 1701-1 : 2004

光觸媒空氣淨化效能檢驗測試報告範例

委託單位：XX 公司

檢測單位：XX 公司

台灣光觸媒產業發展協會認可證號：第 XX 號

中華民國實驗室認證體系(CNLA)認可證號：第 XX 號

中華民國 XX 年 XX 月 XX 日

委託者：XX 公司

報告編號：XXXXXX

報告總頁數：3 (本頁為第1 頁)

取樣者：XXX

樣品名稱：光觸媒無機濾材

樣品面積：5 x 10 cm²，厚度：1 cm，有效光觸媒含量：XX g

委託日期：XXXXXX 承辦日期：XXXXXX 報告日期：XXXXXX

檢 測 項 目	方 法	結 果	備 註
光觸媒空氣淨化效能測試 (氮氧化物)	依據台灣光觸媒產業發展協會之XX測試方法測試。	5小時測試時間內，此樣品的測試結果為： NO去除量： <u>25.03 μ mol</u> NO ₂ 產生量： <u>8.02 μ mol</u> NO _x 淨去除量： <u>16.65 μ mol</u> NO _x 吸附量： <u>0 μ mol</u> NO _x 脫附量： <u>0 μ mol</u> NO _x 總去除率： <u>45.1 %</u>	1. 測試條件及NO、NO ₂ 、NO _x 濃度隨時間變化之曲線圖請參閱下頁。 2. NO _x 總去除率之計算方式為，NO _x 淨去除量除以NO之總進料量。

➤ 實驗設備

測試光源：捕蟲燈管5支，東亞照明，型號：FL20BL/18 (光譜分布如附圖所示)。

光源照度計：一組，International Light，主體：Model IL1400A，感測器：XRL340B。

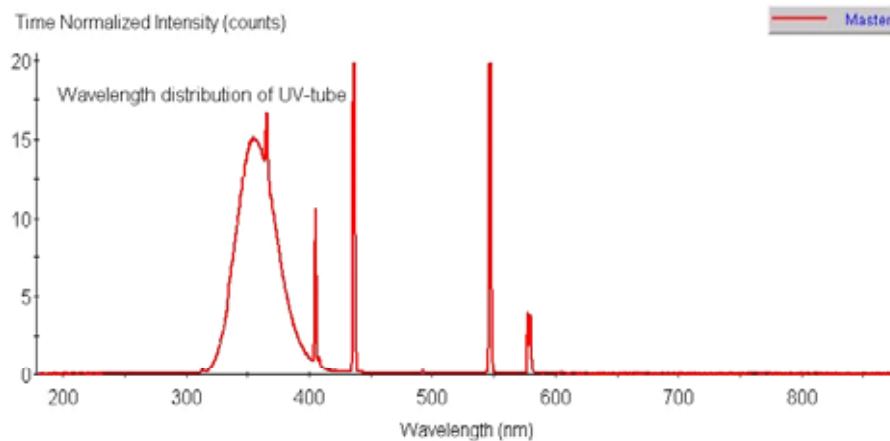
光觸媒反應器：一具，台灣光觸媒產業發展協會公告之「光觸媒材料空氣淨化效能檢驗方法」所規範之方形反應器。

流量控制器：三具，分別控制乾空氣、飽和濕空氣與NO氣體，Brooks Instruments，Model 5850E。

氮氧化物分析儀：ECO PHYSICS，CLD 700AL。

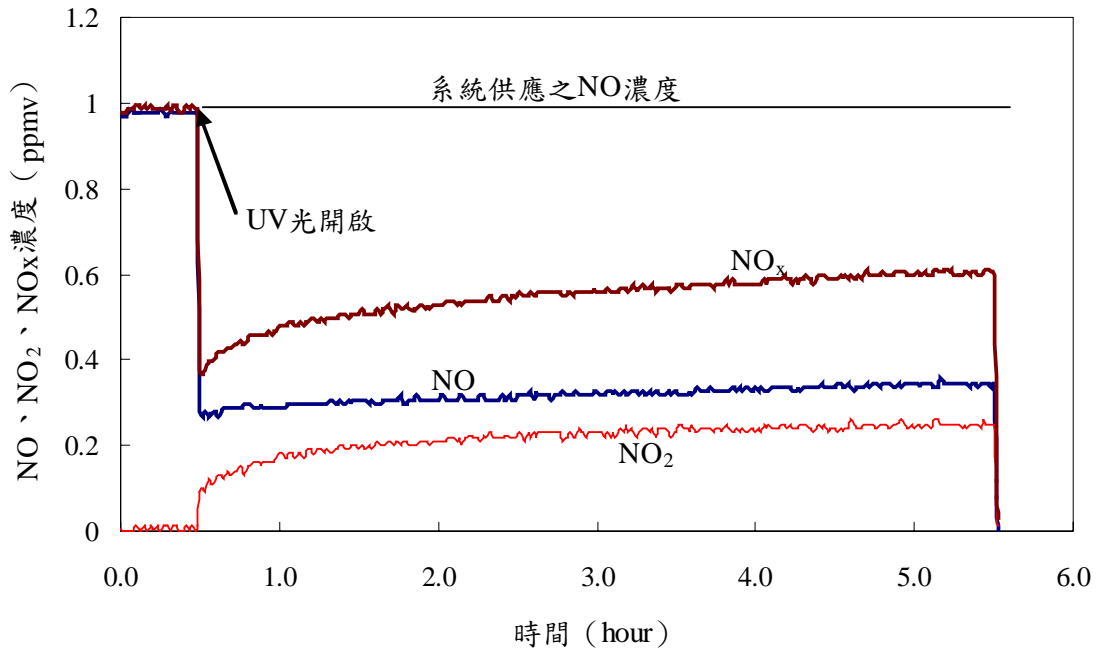
➤ 測試條件

測試條件	數 值
NO 濃度	1 ppm
測試氣體流量	3 L/min
光輻射照度*	1 mW/cm ²
溫 度	27°C
相對濕度	75 %
光開啟時間	5 hr



*光源資料：本檢測使用之光源的光譜圖。

➤ 反應中NO_x變化曲線圖



技術主管：_____ 品質主管：_____ 實驗室負責人：_____

(加蓋公司大小章)

備註：

1. 本分析結果僅對委託者所送測試樣品負責。
2. 未經同意，本測試報告不得摘要複製，但全文複製除外。