行政院國家科學委員會專題研究計畫　成果報告

兩段式洗滌吸收除硝系統操作參數研究

計畫類別：個別型計畫
計畫編號：NSC91-2211-E-032-010-
執行期間：91 年 08 月 01 日至 92 年 07 月 31 日
執行單位：淡江大學水資源及環境工程系

計畫主持人：陳俊成

計畫參與人員：鄭光榮葉嘉純

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中　華　民　國 93 年 2 月 16 日

兩段式洗滌吸收除硝系統操作參數研究

計畫中文摘要

兩段式洗滌吸收除硝系統操作參數研究

過去的研究以濕式洗滌塔(Wet scrubber)處理 NO_x 中 NO_2 的吸收，已建立起實際應用之操作參數與設計資料，但目前仍欠缺 NO 轉化成 NO_2 與 NO_2 吸收連貫製程的相關操作參數資料。雖然在國內外文獻中已經有提到很多方法來針對 NO 進行氧化轉化成 NO_2(例如:介電質放電(DBD)氧化法、臭氧(O_3)氧化法、亞氯酸鈉($NaClO_2$)氧化法、次氯酸鈉(NaClO)氧化法等等)，而且建立了許多實驗室規模之操作參數，但是在工業應用上，仍然欠缺可靠的濕式洗滌塔去除 NO_x 的模廠或實廠參數。本研究以 NaClO 水溶液氧化 NO 為 NO_2，進行各種操作參數之模廠實驗，以探討最佳操作參數之範圍。

本研究之模廠為逆向流填充式洗滌塔，本研究所考慮研究之操作參數為:液氣比(L/G)、NaClO 水溶液濃度、pH 值、氣體在填充塔內停留時間、氣體在填充塔內流速、氧化還原電位值(ORP)對 NO 轉化率的影響。試驗之結果顯示 NaClO 水溶液對於 NO 的轉化有良好的效果。當氣體質量流率為 531.2 lbs/ft^2-hr，液體質量流率為 1000 lbs/ft^2-hr 時，可以達到 80 %以上的 NO 轉化率，並且有 40 %的 NO_2 生成率。其中液氣比(L/G)之最佳操作範圍為 1.75。而氧化還原電位值(ORP)，必須控制在 1050 ~ 1100 範圍，以確保水溶液的 pH 值為 5 左右，此時洗滌液中主要的組成成分為 HClO，HClO 是一種很強的氧化劑，可以將 NO 轉化形成 NO_2。洗滌液的 NaClO 濃度須控制在 0.8 (w)%以上，可獲得良好的 NO 轉化效果。氣體停留時間至少要在 5.5 秒以上，才可以使氧化反應的進行達到完全，以獲得良好的 NO 轉化率。本研究所建立之操作參數是屬於兩段式洗滌吸收除硝系統的前段處理，若再加上 NO_2 吸收反應之模廠試驗操作參數，即可建立一套完整的兩段式洗滌吸收除硝系統的操作參數。未來建議若是能將兩者合併進行試驗，則更可以瞭解兩段式洗滌吸收除硝系統的處理成效，預期將可建立 NO 洗滌吸收技術之操作參數，提供工業界實際運用。

關鍵字 :氮氧化物控制，洗滌塔，吸收

計畫英文摘要

Pilot Study for Two-Staged NOx Scrubber Absorption(Phase II)

Two-staged NOx absorption process, which includes NO conversion to NO_2 and NO_2 absorption with Na_2SO_3 solution, had been developed in laboratory scale. For pilot test, the two processes were tested separately and the data obtained from the separated tests confirmed the feasibility of the two-staged NOx absorption system. However, the application of two-staged NOx absorption requires integrated system of the two processes. With the available data in the separated test for two-staged NO_x absorption, this study provides operational parameters to integrate a two-staged NO_x absorption in a pilot scale. The integrated pilot NO_x absorption system include two modes. They are one chamber with two processes and two chambers with two processes. Both modes will be tested undergoing various parameters to collect the data for design application. The considered parameters include liquid/gas ratio, concentration of NaClO, concentration of Na_2SO_3 , PH, ORP, resident time of gas, gas velocity, resident time of liquid and liquid velocity. The objective of the integrated pilot test is to evaluate how the two-staged NO_x absorption system will be affected by the above parameters. With the pilot test data, we intend to identify each parameter's optimal operation range for industrial application. The data is also valuable for scale-up extrapolation.

Keywords: NOx control, Scrubber, Absorption

兩段式洗滌吸收除硝系統操作參數研究

一、前言

過去對濕式洗滌塔(Wet scrubber)處理廢氣中 NO_x 的研究，已經建立了 NO_2 吸收處理之操作參數與設計資料[24]，但目前所欠缺的是 NO 轉化成 NO_2 相關研究與控制的參數建立，雖然在國內外文獻中已經針對 NO 氧化成 NO_2 之反應提到很多方法(例如:介電質放電(DBD)氧化法、臭氧(O_3)氧化法、亞氯酸鈉($NaClO_2$)氧化法、次氯酸鈉(NaClO)氧化法等等)[17] [18] [19] [22] [26] [27]，而且也建立了許多實驗室規模之操作參數，但是在工業應用上，仍然欠缺可靠的濕式洗滌塔去除 NO_x 的實廠參數。本研究將以模廠規模之洗滌塔進行實驗，採逆向流填充式洗滌塔中添加 NaClO 水溶液將 NO 轉化形成 NO_2，本實驗所考慮研究之操作參數為:

1. 液氣比(L/G)對 NO 轉化率的影響。
2. $NaClO_{(aq)}$濃度對 NO 轉化率的影響。
3. pH 值對 NO 轉化率的影響。
4. 氣體在填充塔內停留時間對 NO 轉化率的影響。
5. 氣體在填充塔內流速對 NO 轉化率的影響。
6. ORP 值對 NO 轉化率的影響。

二、文獻回顧

利用濕式處理法去除 NO_x 主要的原理是將煙道氣中的 NO_x 藉由吸收作用從氣相轉移至液相中。一般利用濕式處理法進行 NO_x 廢氣處理的方式主要可分為兩種方式: (1)複鹽形成吸收法以及(2)氧化還原吸收法，以下便針對此兩種方式詳加敘述之。

(1)複鹽形成吸收法

此法主要是利用含鐵之金屬螯合物、EDTA 作為吸收劑，來直接針對 NO 進行吸收，並產生含有 NO 之螯合物。

(Hofele, J.，Velzen, D. van，Langenkamp, H.，Schaber, K.，1995)針對利用 $Fe^{II}EDTA$ 以及 $Fe^{II}NTA$ 來進行煙道氣中 NO 廢氣之吸附處理，並且試著探討兩者的化學平衡常數、去除效果以及成本效益。結果發現:利用 $Fe^{II}EDTA$ 來吸附 NO 氣體的效率比使用 $Fe^{II}NTA$ 進行吸附要高，且 $Fe^{II}EDTA$ 化學反應速率也比 $Fe^{II}NTA$ 要高約 25 %，但是利用 $Fe^{II}EDTA$ 進行 NO 吸附的價格比較昂貴，相對使用 $Fe^{II}NTA$ 來進行處理比較符合經濟效益。此研究提供了工業界在廢氣去除率以及成本效益上的一項選擇[8]。

(2)氧化還原吸收法

此法主要是利用強氧化劑($KMnO_4$、O_3、NaClO、$NaClO_2$、Cl_2、P_4 及過氧化物等等)將其氧化成 NO_2 或 N_2O_4 再進行吸收，以達去除 NO_x 之目的。下列針對利用 $KMnO_4$、過氧化物、P_4、Cl_2、$NaClO_2$ 及 NaClO 去除 NO_x 之相關研究，作一詳細之整理:

- $KMnO_4$

(Li, S.Y.，Chu, H.，Chien, T.W.，2000)使用濕式洗滌法並整合除氮脫硫之實驗室設備，並且利用 $KMnO_4$/NaOH 進行除氮脫硫一連串的實驗，探討 $KMnO_4$在不同的濃度之下，對單獨處理 SO_x或 NO_x所達到之去除效率，以及將兩者合併(SO_x/NO_x)處理之去除效率之高低作一比較，並設定進流氣體量、O_2濃度等等之操作條件，尋求其改變對於去除率之影響，並且探討 $KMnO_4$在此系統中之吸附動力方程式。結果發現:當進流氣體量增加時，會影響 SO_2的吸附速率；O_2濃度的改變對於 SO_2的吸附速率並無太大之影響；SO_2的濃度增加時，會降低 NO_x被吸收的速率；NO_x的濃度增加時，並不影響 SO_2被吸收的速率[6]。

- 過氧化物(H_2O_2)

(Thomas, D.，Vanderschuren, J.，1996)針對 NO_x廢氣排放利用 H_2O_2/HNO_3將其去除之研究，並且希望利用實驗室之實驗結果建立一個預測模式，可將之運用在實驗室中以及模廠規模試驗。結果發現:在利用 H_2O_2去除 NO_x之實驗中，HNO_3的濃度是一個影響的要素；而 NO_x被吸收的化學反應是一個零階的化學反應，反應後仍有些許的 H_2O_2殘留；若要設計一個去除 NO_x之洗滌設備，必須特別注意 HNO_3與 H_2O_2的含量組成[16]。

- P_4

(Littlejohn, D.，Chang, S.G.，1990)在煙道氣中加入黃磷(P_4)，藉由黃磷(P_4)的劇烈反應性與氧(O_2)結合形成臭氧(O_3)，再利用所產生出的臭氧(O_3)將 NO 氧化成 NO_2，以達到去除 NO_x的目的。此方法在濕式除氮脫硫系統中是屬於較新的方法，控制其 P_4濃度、pH 值、O_2濃度、操作溫度等等，來探討其處理的效率，由於黃磷(P_4)在價格成本上非常富有經濟性，但是在使用黃磷(P_4)本身以及儲存上的危險性較高，在整體的操作上就必須加以注意[11]。

- Cl_2

(Yang, C.L.，Shaw, H.，Perlmutter, H.D.，1996)利用一實驗室規模之洗滌設備進行去除 NO_x之實驗，並利用 Cl_2為洗滌液，來針對 NO 進行氧化與吸收之研究，並且利用 HCl 及 NaOH 控制改變 pH 值以探討其對 NO_x去除率之影響為何。結果顯示:約有 80 %之 NO 會被水溶液相之 Cl_2所氧化，而且大部分會氧化成 NO_2；在鹼性溶液中提供了 NO_2被吸收的一個良好環境[19]。

- $NaClO_2$

(涂博維，1993)利用濕式洗滌法並整合除氮脫硫之實驗室設備，進行探討單獨或是同時處理 SO_2及 NO 的吸收速率。使用 $NaClO_2$/NaOH 作為吸收劑，並控制 SO_2、NO 進流濃度、O_2濃度、實驗溫度及進流氣體流量等等。結果顯示:添加 NaOH 會對 $NaClO_2$的氧化力產生負面的影響；NO 的吸收速率在操作溫度為 25~50℃之間，隨溫度上升而吸收速率增加；進流氣體流量的改變只對於 SO_2的吸收速率有顯著的影響；而在同時進行吸收 SO_2及 NO 的實驗中顯示，SO_2的存在會導致 NO 吸收速率降低；NO 的存在對於 SO_2吸收速率並無明顯影響；而 O_2的存在對於 SO_2及 NO 的吸收速率之間皆無明顯的影響[25]。

(Chu, H.，Chien, T.W.，Twu, B.W.，2000)利用濕式洗滌法並整合除氮脫硫之實驗室設備中，針對 NO 在 $NaClO_2$/NaOH 作為吸收劑的作用之下，研究其 NO 的吸收動力方程式，並導出一連串相關之動力係數，建立起此一實驗室設備之操作參數以及模式應用之相關係數[5]。

(張毓倫，1995)利用攪拌槽在實驗室中進行 SO_2 及 NO 的吸收實驗，並利用 $NaClO_2$ 與 Na_2SO_3 作為吸收劑，並且控制 pH 值、進流氣體濃度等等，探討單獨或是合併 SO_2 及 NO 之處理系統的處理效率。結果顯示:在合併 SO_2 及 NO 之 $NaClO_2$ 處理系統中，改變 NO 進流濃度對 SO_2 被吸收的速率影響不大，但 SO_2 進流濃度增加時 NO 被吸收的速率就增加；而當加入 NaOH 時 SO_2 及 NO 之吸收率都稍微降低；若加入 Na_2SO_3 進入系統中，則 SO_2 及 NO 之吸收率都會降低；而量測其液相中之成份，則以 NO_3 及 SO_4 的形式存在[28]。

(Yang, C.L.，Shaw, H.，Perlmutter, H.D.，1996)以一實驗室規模之洗滌設備進行去除 NO_x 之實驗，利用 $NaClO_2$、Na_2SO_4、Na_2CO_3 水溶液為洗滌液，並改變 $NaClO_2$、Na_2SO_4、Na_2CO_3 水溶液的濃度，再利用 NaOH 控制改變 pH 值，並在常溫常壓來探討其對 NO_x 去除率之影響為何。結果顯示:在低濃度的 NaOH 加入一開始的水溶液中時，並不會影響 NO 的移除效率；當 NaOH 濃度提高到很高的濃度時，才會影響到 NO 的移除效率；NO 會被 $NaClO_2$ 氧化形成 NO_3^-，而水溶液中的 ClO_2^- 會轉化形成 Cl^-；若形成之 HNO_3 無法使 pH 值由 10 降為 3 時，則此時操作的吸收效率將降為零[19]。

(Yang, C.L.，Shaw, H.，1998)以實驗室規模之洗滌設備進行去除 NO 及 SO_2 之實驗，利用 $NaClO_2$ 作為洗滌液，並且控制 NaOH 的使用量，以探討 NO 及 SO_2 的去除效率。結果顯示: NO 及 SO_2 可以被 $NaClO_2$ 水溶液所去除，而 NO 會被氧化成 NO_3^-，SO_2 會被氧化成 SO_4^{-2}，而水溶液中的 ClO_2^- 會轉化形成 Cl^-；在酸性條件之下，增加 SO_2 會使 NO 轉化成 NO_2 的速率增加；但是在鹼性條件之下，增加 SO_2 反而會使 NO 轉化成 NO_2 的速率減小，NaOH 的使用量會影響 NO 的移除反應[18]。

(李岩錡，1999)利用雙噴霧吸收塔進行單獨除氮之實驗，並且探討其反應動力方程式。首先利用第一個噴霧塔進行 NO 的氧化，在 pH 值設定於 5 的情況下，利用 $NaClO_2$ 將 NO 氧化成 NO_2，再使用第二個噴霧塔將 NO_2 吸收以達去除之目的。結果顯示:在第一階段的氧化反應中，$NaClO_2$ 可以將 NO 氧化轉成 NO_2 的轉化率約為 18~98 %，而 NO_x 的去除率就可達 6~84 %；而且發現 $NaClO_2$ 在鹼性環境中仍然具有去除 NO_x 的能力，但是 $NaClO_2$ 在酸性條件下的 NO_x 去除率會比在鹼性條件中要來得好[23]。

(薛欣達，1998)利用小型噴霧式吸收塔進行單獨除氮實驗以及同時除氮脫硫之實驗，利用 $NaClO_2$ 當作吸收液，並控制 pH 值、反應溫度、進流氣體濃度、氣體停留時間等等。結果顯示:在單獨除氮實驗中，NO 的轉化率大約在 2~100 %之間，NO_x 的去除率則為 2~74 %；NO 的轉化率及 NO_x 的去除率會隨著 NO 濃度、液氣比(L/G)、$NaClO_2$ 濃度、反應溫度的增加而增加，但會因為 pH 值的增加而降低；而利用 $NaClO_2$ 進行 NO 的吸收實驗時，只有液氣比(L/G)這項操作條件對其吸收速率影響不大，而其餘控制之參數對 NO 吸收速率的變化，與 NO 的轉化率及 NO_x 的去除率之結果比較，在趨勢上大致是相同的；而加入 SO_2 進入系統中，NO 的轉化率及 NO_x 的去除率都會增加；因此得知整合除氮脫硫系統所產生的效率是: NO 的轉化率在 22~100%之間，NO_x 的去除率則可達到 11~70 %，並且 SO_2 的去除率則為 62~98 %左右[31]。

(Chien, T.W.，Chu, H.，2000)利用實驗室規模之噴霧塔進行 SO_2 及 NO 的去除實驗，並且以連續式操作，控制 NO 及 SO_2 的進流濃度、液氣比(L/G)、$NaClO_2$ 濃度及流量、pH 值、操作溫度、氣體停留時間以及 NaOH 濃度，探討這些實驗參數對於 $NaClO_2$ 吸收 NO_x 及 SO_x 的影響，以及其反應動力式之建立。結果顯示:單獨去除 NO_x 時之效率只有 3.1~12.6 %；合併處理時，NO_x 去除率為 36.6~71.9 %，SO_x 去除率為 89.4~100 %；影響 NO_x 去除率之操作參數

是液氣比(L/G)與 NO 及 SO_2 的進流濃度；影響 SO_x 去除率之操作參數只有液氣比(L/G)[3]。

- NaClO

(Yang, C.L.，Shaw, H.，Perlmutter, H.D.，1996)以一實驗室規模之洗滌設備進行去除 NO_x 之實驗，利用 NaClO 水溶液為洗滌液，改變 NaClO 水溶液的濃度，並且利用 HNO_3 及 NaOH 控制改變 pH 值來探討其對 NO_x 去除率之影響為何。結果顯示:利用較高濃度的 NaClO 水溶液進行洗滌，會有較高的 NO 轉化率；當 pH 值在 3~6 之間時 HClO 的含量約為 90 %以上，此時 NO 的轉化率也有 90 %以上；若 pH 值低於 3 時，NO 的轉化率只有 40 %左右[19]。

林俊維(1999)的研究採用模廠規模之逆向流填充式洗滌塔(Packing Tower Scrubber)為設備，研究利用亞硫酸鈉水溶液(Na_2SO_3)作為去除 NO_2 的吸收液，並探討亞硫酸鈉溶液(Na_2SO_3)對 NO_2 氣體的去除率與吸收能力，控制洗滌液濃度、ORP 值、液氣比(L/G)、洗滌液流量及流速、進流風量及風速等等之參數以及條件，以尋求出最佳的控制參數及操作條件。其研究之結果顯示出亞硫酸鈉溶液(Na_2SO_3)對 NO_2 氣體具有良好的吸收能力，當吸收液濃度 0.25M，氣體流量控制在 400 acfm，液體質量流率為 4000 lbs/ft^2-hr 的情況下，對 NO_2 氣體的去除效率可達 99 %[24]。

本研究針對兩段式 NO_x 洗滌吸收塔之 NO 轉化成 NO_2 的部分加以探討，並以模廠規模之實驗設備進行實驗，採逆向流填充式洗滌塔中添加次氯酸鈉水溶液($NaClO_{(aq)}$)將 NO 轉化形成 NO_2，並且控制洗滌液濃度、液氣比(L/G)、洗滌液流量及流速、進流風量及風速等等之參數以及條件，用以建立一套低成本且兼具著 NO 高轉化率之操作參數，完成後將可與先前之 NO_2 吸收研究結果結合，建立起一套完整之兩段式 NO_x 濕式洗滌塔應用操作參數與設計資料，可為工業界提供一項較具經濟效益且符合處理效果的 NO_x 處理系統。

三、實驗方法與設備

本研究室以模廠之濕式洗滌塔進行轉化 NO 之參數研究，實驗的全系統流程如(圖 1)所示。依照所設定之實驗參數進行以 $NaClO_{(aq)}$ 溶液為洗滌液之 NO 轉化 NO_2 實驗。其 NO 以標準氣體配製模擬，測定各種操作狀況下 NO 的轉化效率，以求出最合適的操作參數與控制條件。

<u>實驗設定之參數</u>

1. NO 標準氣體的濃度: 100 (ppm)
2. $NaClO_{(aq)}$ 的濃度: 0.12、0.36、0.6、0.84、1.2 (w%)
3. pH 值的範圍: 3 ~ 9
4. 液體質量流率: 1000、2000、3000、4000 (lbs/ft^2-hr)
5. 氣體質量流率: 265.6、531.2、796.8、1062.4 (lbs/ft^2-hr)

四、結果與討論

本研究的目的為測試各種操作參數變化對 NO 轉化成 NO_2 之影響，經模廠試驗不同操作參數(L/G、$NaClO_{(aq)}$ 濃度、pH、氣體停留時間)的改變下，探討 NO 被轉化的比率或 NO_2 生成率之變化。

<u>液氣比(L/G)改變之影響</u>

液體與氣體質量流率的改變，均會造成液氣比的變動，本實驗所操作的液氣比(L/G)

範圍，均不會有溢流現象產生，可以確保實驗所設定之液體、氣體質量流率均在合理範圍之內。

(液氣比(L/G)及 pH 值與 NO 轉化率之關係)

在固定液體質量流率、$NaClO_{(aq)}$濃度及入口 NO 濃度之條件下，改變氣體質量流率即可改變液氣比(L/G)，並配合 pH 值的變動，來探討彼此對 NO 轉化率的影響，結果如(圖 2)所示。在液氣比逐漸增加時，其 NO 轉化率亦隨之增加。因此推論當液體屬於相對多量的情況下，能使氣體充分的與液體接觸，使得化學反應進行的更加完全，所達到的轉化率亦較高。另外在(圖 2)中可看到，當在相同的液氣比之下時，pH 值在 5.3 時會有最佳的 NO 轉化率。而 $NaClO_{(aq)}$在不同的 pH 值之下的平衡狀態如(圖 3)所示，當 NaClO 溶解於水溶液相，會解離出不同的型態(Cl_2、HClO 及 OCl^-)，這些不同的解離型態會因不同的 pH 值而呈現出不同組合的比例[2]。因此推論在 pH=5.3 的環境之下，因為液態中存有大量的 HClO 型態可與 NO 進行氧化反應，使 NO 能達到最佳的轉化的效果。

(液氣比(L/G)及 pH 值與 NO_2 生成率之關係)

NO_2 生成率變化的試驗結果如(圖 4)所示。當液氣比逐漸增加時，NO_2 生成率並沒有隨之增加。因此推論當液體屬於相對多量時，NO 轉化而得的 NO_2 氣體會因本身具有較易溶於液體的特性，而被溶於液體之中，所以當液氣比大於 1.75 時，NO_2 溶於液體的量逐漸增加，造成出口處測得 NO_2 的量逐漸減少，而液氣比大於 3.75 時，在出口處已經無法測得 NO_2 氣體的存在。而在相同的液氣比之下，只有在 pH 值為 5.3 及 6.6 時測得有 NO_2 氣體，其餘當 pH 值為 3.3 及 9 時，則未測得 NO_2 氣體。因此推論 pH 值在 5.3 及 6.6 時，NO 可轉化形成 NO_2 的量較多，而雖有部分被溶於液體中，但是仍有部分存在於氣態環境中而在出口處被測得。相反的 pH 值在 3.3 及 9 時，NO 轉化所形成 NO_2 的量較少，而全部被溶於液體之中，因此在出口處無法被測得。

(液氣比(L/G)及 $NaClO_{(aq)}$濃度與 NO 轉化率之關係)

在固定液體質量流率、pH 值及入口 NO 濃度之條件下，再藉由不同的液氣比與改變 $NaClO_{(aq)}$的濃度來探討 NO 的轉化率，結果如(圖 5)所示。在相同的液氣比之下，愈高 $NaClO_{(aq)}$的濃度所造成的 NO 轉化率較高。因此推論在愈高的 $NaClO_{(aq)}$濃度之狀態下，所能提供的 HClO 氧化態離子較多，可與 NO 進行的氧化反應量也較多，所以會有較佳的 NO 轉化率產生。而在 $NaClO_{(aq)}$的濃度為 1.2 至 0.84 (w)%所呈現出的 NO 轉化率差距並不會很大，這可能表示在這樣的操作條件之下，若要考量洗滌液藥品的用量成本與轉化率時，可考慮用 0.84 (w)%即可達到不錯的 NO 轉化率，也可以降低洗滌液藥品之成本。在 $NaClO_{(aq)}$濃度為 0.6 (w)%以下則 NO 轉化率明顯降低許多，由圖中所呈現之結果，在 $NaClO_{(aq)}$濃度為 0.36 (w)%之操作下，比 $NaClO_{(aq)}$濃度為 0.6 (w)%時的 NO 轉化率高出一些，這應是實驗上的誤差所產生之結果。

(液氣比(L/G)及 $NaClO_{(aq)}$濃度與 NO_2 生成率之關係)

在 NO_2 生成率的部分，如(圖 6)所示。當在相同的液氣比之下，NO_2 生成率隨 $NaClO_{(aq)}$的濃度增加而增加。因此推論當洗滌液中 HClO 氧化離子較多的時候，NO 的轉化率會較高，此時化學反應較劇烈，可能有較多的 NO_2 生成，所以在出口處測得的 NO_2 量也隨 $NaClO_{(aq)}$的濃度增加而增加。當在 $NaClO_{(aq)}$濃度為 0.6 (w)%以下時，NO_2 生成率相對少了許多，這顯示在 $NaClO_{(aq)}$濃度為 0.6 (w)%以下時，水溶液中的 HClO 氧化離子的含量，無法將大部分之 NO 轉化成 NO_2，因此建議在操作上，應將 $NaClO_{(aq)}$濃度設定為 0.84 (w)%以上，會有較佳的 NO_2 生成率。

NaClO$_{(aq)}$濃度改變之影響

(NaClO$_{(aq)}$濃度及氣體質量流率與NO轉化率之關係)

在固定液體質量流率、pH 值及 ORP 值等操作條件之下，改變 NaClO$_{(aq)}$濃度，並配合不同的氣體質量流率，藉此探討 NO 的轉化率，其結果如(圖 7)所示。在氣體質量流率為 265.6 lbs/ft^2-hr 時，NO 轉化率可達 100 %，而在氣體質量流率為 531.2 及 796.8 lbs/ft^2-hr 時，其 NO 轉化率隨 NaClO$_{(aq)}$濃度增加而增加，但在 NaClO$_{(aq)}$濃度於 0.8 (w)%以下時，NO 轉化率大幅下降(由 80 %降至 60 %)，而在 NaClO$_{(aq)}$濃度為 0.8 (w)%以上時 NO 轉化率呈現穩定狀態，可達 80 %以上。這顯示若在此操作條件之下從經濟上的考量，NaClO$_{(aq)}$洗滌液濃度控制在 0.8 (w)%即可達到 NO 轉化率的最佳效果。因此推論在愈高的 NaClO$_{(aq)}$濃度之下所得到的 NO 轉化率較佳，因為愈高濃度的 NaClO$_{(aq)}$所提供 HClO 氧化離子的量較多，可以使 HClO 與 NO 的氧化反應機會增加，使 NO 轉化反應進行的較完全。

(NaClO$_{(aq)}$濃度及氣體質量流率與NO_2生成率之關係)

在 NO_2 生成的部分，其結果如(圖 8)所示。NO_2 生成率隨 NaClO$_{(aq)}$濃度逐漸增加而增加。因此推論在愈高的 NaClO$_{(aq)}$濃度之下，因為洗滌液中的 HClO 量較多，使 NO 轉化反應所生成的 NO_2 量愈多。同樣以 NaClO$_{(aq)}$濃度為 0.8 (w)%為界，高於 0.8 (w)%，NO_2 生成率呈現穩定狀態，低於 0.8 (w)%，則 NO_2 生成率大幅下降。

(NaClO$_{(aq)}$濃度及液體質量流率與NO轉化率之關係)

在固定氣體質量流率、pH 值及 ORP 值等等的操作條件之下，改變 NaClO$_{(aq)}$濃度，並配合不同的液體質量流率，藉此探討 NO 的轉化率，其結果如(圖 9)所示。在相同的液體質量流率之下，NO 的轉化率隨 NaClO$_{(aq)}$濃度的增加而增加，而在相同的 NaClO$_{(aq)}$濃度之下，液體質量流率愈高所得到的 NO 轉化率則愈低。因此推論在此操作條件之下，NO 的轉化率會因洗滌液中 HClO 濃度增加而增加其轉化的量，而當液體質量流率愈高所得到的 NO 轉化率則愈低，可能是因為偏流現象使氣、液相接觸反應減少，因此產生在愈高的液體質量流率下，卻得到的較低的 NO 轉化率。

(NaClO$_{(aq)}$濃度及液體質量流率與NO_2生成率之關係)

在 NO_2 生成率變化結果如(圖 10)所示。在相同的液體質量流率之下，NO_2 生成率隨 NaClO$_{(aq)}$濃度增加於增加，而在固定 NaClO$_{(aq)}$濃度的操作條件之下，則較低的液體質量流率會有較佳的 NO_2 生成率。因此推論在較高濃度的 NaClO$_{(aq)}$操作條件之下，NO 所轉化生成 NO_2 之反應較劇烈，因此所生成的 NO_2 量較多。而在液體質量流率的影響方面，較大之液體質量流率所造成的 NO_2 生成率變化並未有明顯之差異，這顯示出過量的液體質量流率對於 NO_2 的生成率影響不大，但卻明顯影響 NO 的轉化率。

pH 值改變之影響

(pH 值及氣體質量流率與NO轉化率之關係)

在固定 NaClO$_{(aq)}$濃度、ORP 值、液體質量流率等等的操作條件之下，改變氣體質量流率及 pH 值，藉此探討在此操作條件之下對 NO 轉化率之影響，其結果如(圖 11)所示。在相同的氣體質量流率之下，NO 的轉化率在 pH 值為 5.3 時有較佳的效果，其次是 pH 值為 6.6。而從圖中所顯示的是氣體質量流率為 265.6 lbs/ft^2-hr 時，在任何的 pH 值之下都可以達到 100 %的 NO 轉化率，而在氣體質量流率為 1062.4 lbs/ft^2-hr 時，NO 轉化率都在 10 %以下。因此推論在此操作條件之下，若要有較佳的 NO 轉化率，應該將 pH 值控制在 5~7 左右，可以獲得較佳的 NO 轉化率，這是因為 NaClO$_{(aq)}$在此 pH 值區段之下是以 HClO 的狀態存在，此型態的氧化離子最易與 NO 進行氧化反應，因此可以獲得較佳的 NO 轉化率，而氣體

質量流率為 265.6 lbs/ft^2-hr 會有 100 %的轉化率，可能是因為氣體在塔內的停留時間已經足夠使 NO 進行轉化反應，而當氣體質量流率增加為 1062.4 lbs/ft^2-hr 時，NO 轉化率都在 10 %以下，這可能是因為氣體在塔內的停留時間不足，NO 氣體可能因流速過大而與液體接觸的時間太短，使 NO 轉化反應無法順利進行完成。

(pH 值及氣體質量流率與 NO_2 生成率之關係)

在 NO_2 生成率的部分，其結果如(圖 12)所示。當在同一個氣體質量流率之下時，pH 值為 5.3 時有最佳的 NO_2 生成率，而在氣體質量流率為 265.6、1062.4 lbs/ft^2-hr 時，無法在出口處測得有 NO_2 的氣體。因此推測在 pH 值為 5.3 左右時，洗滌液中有大量的 HClO 氧化離子，將 NO 轉化成 NO_2，加上在此操作條件之下並不會使大量的 NO_2 氣體溶於液態中，所以在出口處可以測得 NO_2。但當氣體質量流率為 265.6 lbs/ft^2-hr 時，無法在出口處測得 NO_2 的氣體，其原因可能是氣體流量過低，使氣體在塔內停留時間過長，將已經生成的 NO_2 氣體又溶於洗滌液之中，導致出口處無法測得 NO_2 氣體。而當氣體質量流率為 1062.4 lbs/ft^2-hr 時，無法在出口處測得 NO_2 的氣體的原因可能是氣體流量過大，使氣體於塔內與洗滌液接觸的時間過短，無法使轉化反應進行完全，所以在 NO 來不及被轉化成 NO_2 的情況下，出口處自然無法測得有 NO_2 的存在。

(pH 值及液體質量流率與 NO 轉化率之關係)

在固定 $NaClO_{(aq)}$ 濃度、ORP 值及氣體質量流率等等之操作條件之下，改變液體質量流率與 pH 值，藉由兩者的改變來探討其對 NO 轉化率之影響，結果如(圖 13)所示。由圖中所示，當在相同的液體質量流率之下，各 pH 值之下均有 30 %以上之 NO 轉化率，而在相同之 pH 值之下，液體質量流率愈大則 NO 轉化率愈低。因此推論在此操作條件之下，各 pH 值均有 30 %之 NO 轉化率，且在 pH 值為 5~7 時有較佳的 NO 轉化率，這與洗滌液在此 pH 值範圍內 HClO 之氧化態濃度有關。因為 HClO 能與 NO 進行氧化反應，而在液體質量流率較小時能有較佳的 NO 轉化率，可能是因為在這操作條件之下的液體質量流率與氣體質量流率，提供了氣相與液相較佳的質傳反應，而當液體質量流率加大時，會使偏流現象更加明顯，導致 NO 轉化率降低。

(pH 值及液體質量流率與 NO2 生成率之關係)

在 NO_2 生成率的部分，其結果如(圖 14)所示。NO_2 生成率的趨勢與 NO 轉化率之趨勢有些許的相同之處，但在 pH 值為 3.3 及 9 時，無法測得 NO_2 的生成。因此推論 pH 值在 5~7 時有較佳的 NO_2 生成率，這可能與洗滌液在該 pH 值之下所呈現的型態是 HClO 之氧化態有關，HClO 氧化態能將 NO 轉化形成 NO_2，因此在出口處能測得 NO_2 氣體之產生。但在 pH 值為 3.3 或 9 時，NO 之轉化率大約有 30 %，但是卻無法測得 NO_2 的生成，這可能是當 pH 值為 3.3 及 9 時，洗滌液所含的氧化態並非是能將 NO 轉化形成 NO_2 之 HClO 氧化態，因此雖有 NO 氣體與其他氧化態進行氧化反應，但是形成的生成物並非是 NO_2 氣體，因此在出口處無法測得 NO_2。

<u>氣體停留時間之影響</u>

氣體在填充塔內的停留時間是由填充塔裝載填充物之總體積與氣體流量之間所計算而得，其換算公式為:

$$\text{氣體停留時間(sec)} = \frac{\text{填充物之總體積}(ft^3)}{\text{氣體流量}(ft^3/\min)} \times 60(\text{sec}/\min)$$

(氣體停留時間及 pH 值與 NO 轉化率之關係)

在固定 $NaClO_{(aq)}$ 濃度、ORP 值及液體質量流率等的操作條件之下，改變不同的氣體流量

來控制氣體在填充塔內的停留時間，並搭配改變不同的 pH 值，以探討對 NO 轉化率的影響，試驗結果如(圖 15)所示。(圖 15)顯示在相同的氣體停留時間之下，pH 值為 5.3 時有較佳的 NO 轉化率，而在相同的 pH 值之下時，在停留時間 5.5 秒以上時，NO 之轉化率都有 80 %以上。因此推論在 pH 值為 5.3 時，因洗滌液中存在較多量的 HClO，可以與 NO 進行化學反應，因此在氣體停留時間為 2.5 秒時，已經可將 80 %的 NO 轉化，而若在相同的 pH 值之下時，NO 之轉化反應必須在氣體停留時間為 5.5 秒之後，才能達到 80 %以上。以本實驗所設定之操作參數進行 NO 轉化實驗，若要讓氣體與液體間之 NO 轉化反應達 80 %以上，則氣體停留時間必須大於 5 秒。

(氣體停留時間及 pH 值與 NO_2 生成率之關係)

在 NO_2 生成的部分，結果如(圖 16)所示。在氣體停留時間相同之下，pH 值為 5.3 時，可獲得最佳的 NO_2 生成率，若在相同的 pH 值之下，NO_2 生成率在氣體停留時間為 2.5 秒時，有最佳之 NO_2 生成率。因此推論在 pH 值為 5.3 時，洗滌液中存在較多量的 HClO，可以與 NO 進行化學反應生成 NO_2，而其他試驗之 pH 值區段中，可能存在較少之 HClO 氧化離子，使 NO 不易轉化形成 NO_2，而氣體停留時間在 2.5 秒時，所得到的 NO_2 生成率最佳，但當氣體停留時間增長時，NO_2 生成率逐漸下降，這可能是因為 NO 轉化形成較易溶於液體之 NO_2 氣體後，隨著氣體在塔內停留時間的增加而逐漸溶於液體中，以硝酸根的形式存在，所以當氣體在塔內停留時間過長時，出口處就無法測得 NO_2 氣體之存在。

(氣體停留時間及 $NaClO_{(aq)}$ 濃度與 NO 轉化率之關係)

在固定 pH 值、ORP 值及液體質量流率等的操作條件之下，改變不同的氣體流量來控制氣體在填充塔內的停留時間，並搭配改變不同的 $NaClO_{(aq)}$ 濃度，以探討 NO 轉化率的改變，其結果如(圖 17)所示。由圖中可看出，當在相同的氣體停留時間之下，$NaClO_{(aq)}$ 濃度於 1.2 與 0.84 (w)%時有較佳的 NO 轉化率，而在相同的 $NaClO_{(aq)}$ 濃度之下，在氣體停留時間在 5.5 秒之後，NO 轉化率可以達到 80 %以上。溶液中 $NaClO_{(aq)}$ 濃度為 1.2 或 0.84 (w)%時，兩者在 NO 轉化率之效果相差並不明顯，因此若從經濟上考量，可使用 $NaClO_{(aq)}$ 濃度為 0.84 (w)%之洗滌液，如此可以比較節省藥品上的成本。當 $NaClO_{(aq)}$ 濃度低於 0.6 (w)%以下，則 NO 轉化率明顯大幅下降，這顯示 $NaClO_{(aq)}$ 濃度在 0.6 (w)%以下時，洗滌液中所提供的 HClO 氧化態離子的含量，無法有效的將 NO 轉化成 NO_2。

(氣體停留時間及 NaClO(aq)濃度與 NO_2 生成率之關係)

在 NO_2 生成率的實驗結果如(圖 18)所示。當氣體停留時間為 2.5 秒時之 NO_2 生成率最佳，而在相同的氣體停留時間之下，NO_2 生成率隨著 $NaClO_{(aq)}$ 濃度之逐漸降低而降低。如同其對 NO 轉化率之影響，當 $NaClO_{(aq)}$ 濃度大於 0.84 (w)%時，NO_2 生成率趨於穩定，而當 $NaClO_{(aq)}$ 濃度小於 0.6 (w)%時，NO_2 生成率則大幅下降。因此推論在較高濃度之下的 $NaClO_{(aq)}$，可以在洗滌液中提供較多量的 HClO 氧化離子，使 NO 轉化形成 NO_2 氣體的量也較多，所以使用較高濃度的 $NaClO_{(aq)}$ 時，可以在適當的氣體停留時間之下獲得較佳的 NO_2 生成率。

五、結論

1. 當液氣比為 1.75 以上時，NO 轉化率會趨向穩定上限。而 NO_2 的生成在液氣比為 1.75 時，有最佳的 NO_2 生成率，若液氣比由 1.75 增加至 3.75 時，NO_2 生成率則由 35 %降至 0 %。所以在此類型之操作條件之下，將液氣比控制在 1.75。

2. pH 值為 5.3 時有最佳的 NO 轉化率及 NO_2 生成率。當 pH 值為 3.3 或 9 時，NO 轉化率以及 NO_2 生成率都明顯的降低。因此在操作上 pH 值的範圍建議控制在 pH=5 左右。

3. 氣體停留時間在 5.5 (sec)以上時，NO 轉化率均可達到 80 %以上，且當氣體停留時間愈長，則 NO 轉化率可以更高。但在 NO_2 生成率的部分，在氣體停留時間為 2.5(sec)時可以有最佳的 NO_2 生成率，當氣體停留時間大於 2.5 (sec)時，NO_2 生成率則逐漸降低。因此在操作上，若要求 NO 轉化率的提昇，則必須將氣體停留時間控制在 5.5 (sec)以上。但是若要求達到較佳的 NO_2 生成率，則必須將氣體停留時間控制在 2.5 (sec)左右。

4. 綜合實驗的結果，整理出最佳的操作參數範圍總表如(表 1)所示。

參考文獻

[1] Chang, S.G., Littlejohn, D. Liu, D. K., “Use of Ferrous Chelates of SH-Containing Amino Acids and Peptides for the Removal of NO_x and SO_2 from Flue Gas”, Ind. Eng. Chem. Res., Vol.27, No.11, pp.2156-2161, 1988

[2] Chen, L., Huang, J., Yang, C. L.“Absorption of H_2S in NaOCl Caustic Aqueous Solution”, Environmental Progress, Vol.20, No. 3, pp.175-181, 2001

[3] Chien, T.W., Chu, H., “Removal of SO_2 and NO from Flue Gas by Wet Scrubbing Using an Aqueous $NaClO_2$ Solution”, Journal of Hazardous Materials, B80, pp.43-57, 2000

[4] Christina, H.T., Rosenberg, E., Grasserbauer, M., “(Short Communication) Investigation of Membrane Dryers and Evaluation of a New Ozoen Scrubbing Material for the Sampling of Organosulphur Compounds in Air”, Journal of Chromatography A, Vol.852, pp.589-595, 1999

[5] Chu, H., Chien, T. W. Twu, B. W., “The Absorption Kinetics of NO in $NaClO_2$/NaOH Solutions”, Journal of Hazardous Materials, B84, pp.241-252, 2001

[6] Chu, H., Chien, T. W., Li, S.Y., “Simultaneous Absorption of SO_2 and NO from Flue Gas with $KMnO_4$/NaOH Solutions”, The Science of the Total Environment, Vol.275, pp.127-135, 2001

[7] Cooper, C. D., Alley, F. C., 望熙榮 譯著,「空氣污染防治」,中央圖書出版社,1997

[8] Hofele, J. Velzen D. van, Langenkamp, H., Schaber, K., “Absorption of NO in Aqueous Solutions of Fe^{II}NTA: Determination of the Equilibrium Constant”, Chemical Engineering and Processing, Vol.35, pp.295-300, 1996

[9] Komazaki, Y., Shimizu, H., Tanaka, S., “A New Measurement Method for Nitrogen Oxides in the Air Using an Annular Diffusion Scrubber Coated with Titanium Dioxide”, Atmospheric Environment, Vol.33, pp.4363-4371, 1999

[10] Licki, J., Chmielewski, A.G., Radzio, B., “Off-Line System for Measurement of Nitrous Oxide Concentration in Gases Leaving the Irradiation Chamber”, Radiat. Phys Chem., Vol.45, No.6, pp.1035-1038, 1995

[11] Littlejohn, D., Chang, S. G., “Removal of NO_x and SO_2 from Flue Gas by Peracid Solutions”, Ind. Eng. Chem. Res., Vol.29, No.7, pp.1420-1424, 1990

[12] Pettersson, M., Nilsson, B., Birgersson, J., Simonson, E., “Analysis and Validation of a Simplified Model of a Wet Flue Gas Cleaning System”, J. Proc. Cont., Vol.8, No.1, pp.69-76, 1998

[13] Pickens, R.D., “Add-on Control Techniques for Nitrogen Oxide Emissions During Municipal Waste Combustion”, Journal of Hazardous Materials, Vol.47, pp.195-204, 1996

[14] Pradhan, M. P., Suchak, N.J., Walse, P. R. and Joshi, J. B., “Multicomponent Gas Absorption with Multiple Reaction: Modelling and Simulation of NO_x Absorption in Nitric Acid Manufacture”, Chem. Eng. Sci., Vol.52, No.24, pp.4569-4591, 1997

[15] Smith, M., Harriott, 鄧禮堂 譯，「單元操作」，東華書局，第 22 章，pp.851-910，1989

[16] Thomas, D., Vanderschuren, J., “The Absorption-Oxidation of NO_x with Hydrogen Peroxide for the Treatment of Tail Gases”, Chem. Eng. Sci., Vol.51, No.11, pp.2649-2654, 1996

[17] Yang, C. L., Beltran M., Kravets, Z., Yamamoto, T., “Corona-Induced Chemical Scrubber for the Control of NO_x Emissions”, Environmental Progress, Vol.17, No.3, pp.183-189, 1998

[18] Yang, C. L., Shaw, H., “Aqueous Absorption of Nitric Oxide Induced by Sodium Chlorite Oxidation in the Presence of Sulfur Dioxide”, Environmental Progress, Vol.17, No.2, pp.80-85, 1998

[19] Yang, C. L., Shaw, H., Howord, D. P., “Absorption of NO Promoted by Strong Oxidizing Agents: 1. Inorganic Oxychlorites in Nitric Acid”, Chem. Eng. Comm., Vol.143, pp.23-38, 1996

[20] Zandaryaa, S., Gavasci, R., Lombardi, F., Fiore, A., “Nitrogen Oxides from Waste Incineration: Control by Selective Non-Catalytic Reduction”, Chemosphere, Vol.42, pp.491-497, 2001

[21] 工業研究院工安衛中心，『物質安全資料表(MSDS)』

[22] 吳榮宗，“氮氧化物防治技術及未來發展趨勢”， 工業污染防治期刊，第 49 期，pp.47-64，1994

[23] 李岩錡，「以雙噴霧塔系統進行煙道氣中脫硝效能及反應動力之探討」，國立成功大學環境工程研究所碩士論文，1999

[24] 林俊維，「洗滌法添加 Na_2SO_3 對 NO_2 去除率之影響研究」，私立淡江大學水資源及環境工程研究所碩士論文，2000

[25] 涂博維，「以亞氯酸鈉與氫氧化鈉在煙道氣中同時除硫除氮之反應動力研究」，國立成功大學環境工程研究所碩士論文，1993

[26] 張木彬，“以氣態氧化法同時去除硫氧化物及氮氧化物之可行性探討”，工業污染防治期刊，第 44 期，pp.45-57，1992

[27] 張君正，張木彬，“氮氧化物生成機制與控制技術之探討”，工業污染防治期刊，第 50 期，pp.19-35，1994

[28] 張毓倫，「以 Na_2CO_3/ $NaClO_2$ 探討煙道氣中除硫脫氮之吸收反應動力」，國立成功大學環境工程研究所碩士論文，1995

[29] 梁正中 編著，「空氣污染學講義」，私立逢甲大學環境工程與科學學系

[30] 黃亮潔，「洗滌塔添加氧化劑應用於去除硫氧化氫之參數研究」，私立淡江大學水

資源及環境工程研究所碩士論文，1999
[31] 薛欣達，「以 $NaClO_2$ 探討整合除硫脫硝性能及反應動力之研究」，國立成功大學環境工程研究所碩士論文，1998
[32] 簡聰文，「以亞氯酸鈉溶液於噴霧吸收塔進行煙道氣除硫脫硝之研究」，國立成功大學環境工程研究所博士論文，1999

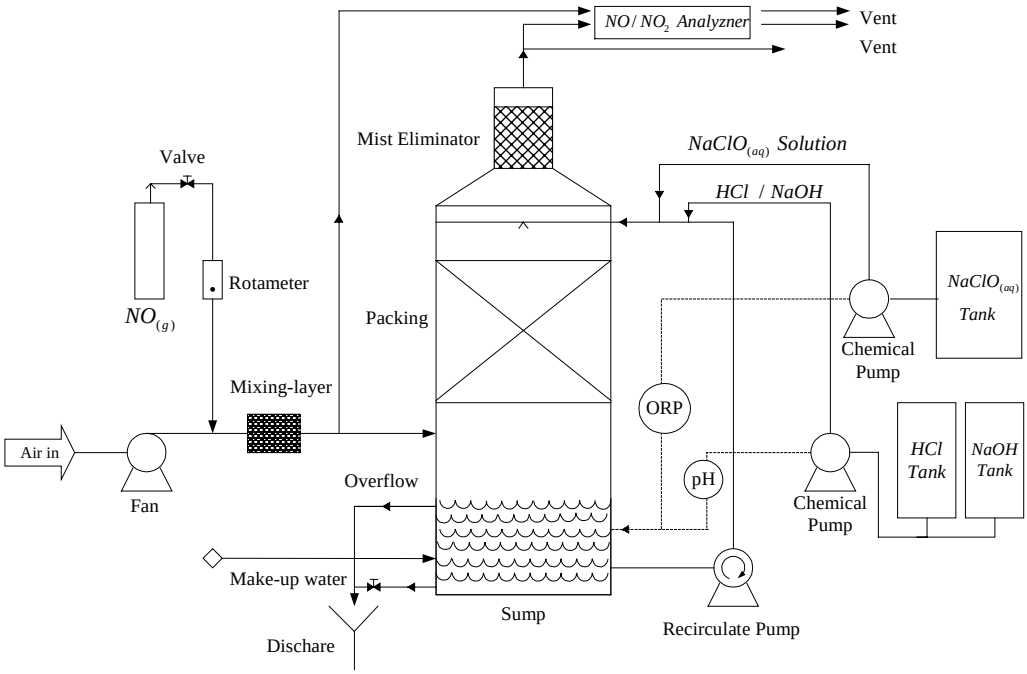

圖 1 實驗設備之全系統流程示意圖

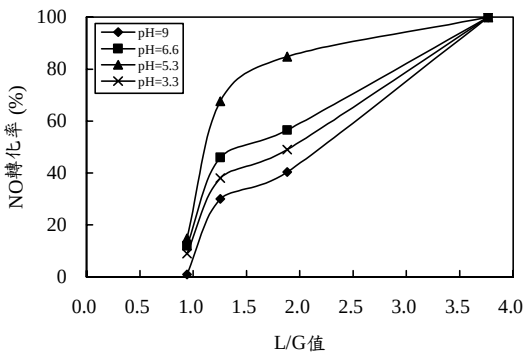

圖 2 液氣比(L/G)及 pH 值與 NO 轉化率之關係(類型一)

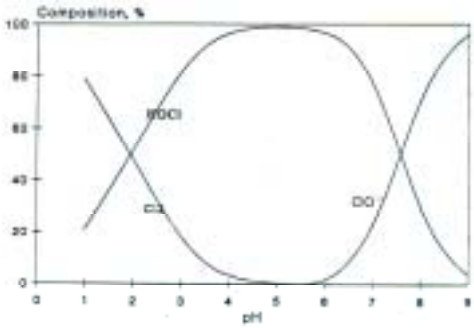

圖 3 $NaClO_{(aq)}$在不同的 pH 值之下的平衡狀態[19]

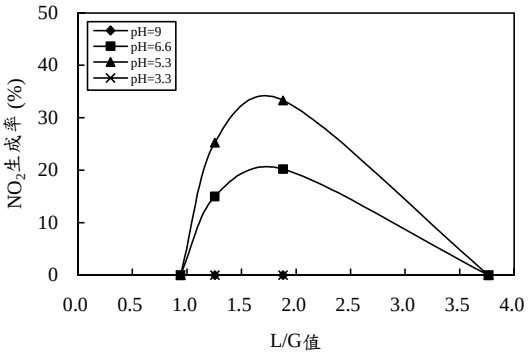

圖 4 液氣比(L/G)及 pH 值與 NO_2 生成率之關係(類型一)

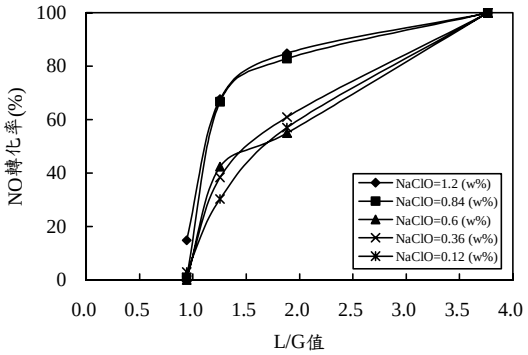

圖 5 液氣比(L/G)及 $NaClO_{(aq)}$與 NO 轉化率之關係(類型一)

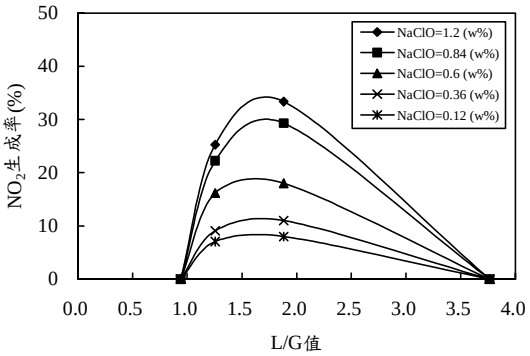

圖 6 液氣比(L/G)及 $NaClO_{(aq)}$與 NO_2 生成率之關係(類型一)

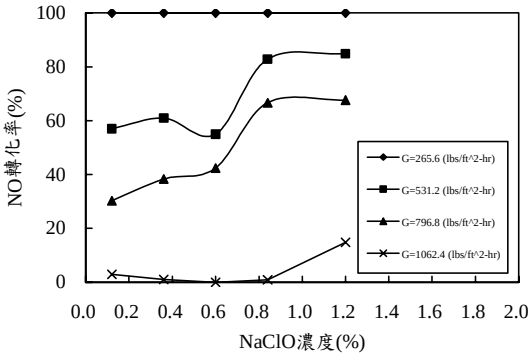

圖 7 $NaClO_{(aq)}$濃度及氣體質量流率與 NO 轉化率之關係

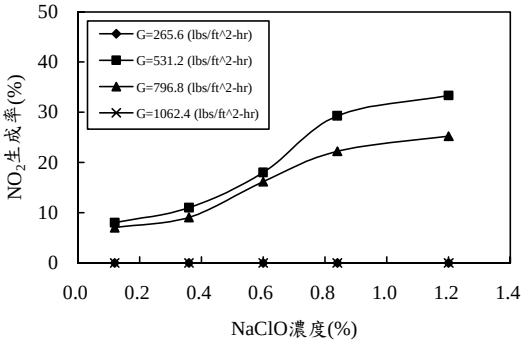

圖 8 $NaClO_{(aq)}$濃度及氣體質量流率與 NO_2 生成率之關係

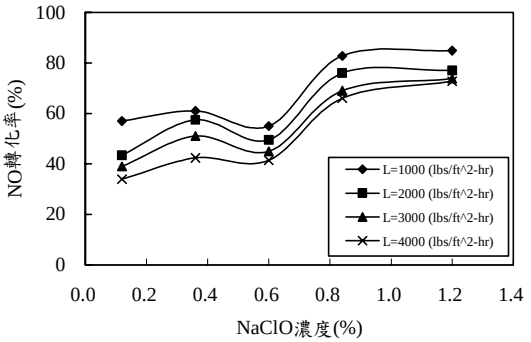

圖 9 $NaClO_{(aq)}$濃度及液體質量流率與 NO 轉化率之關係

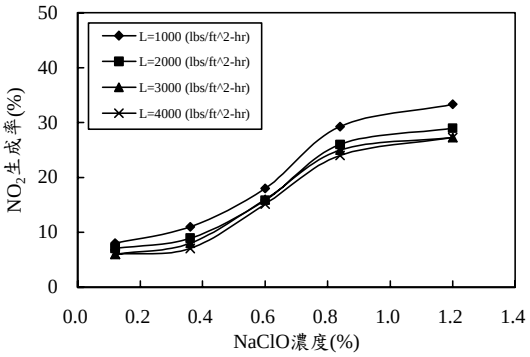

圖 10 $NaClO_{(aq)}$濃度及液體質量流率與 NO_2 生成率之關係

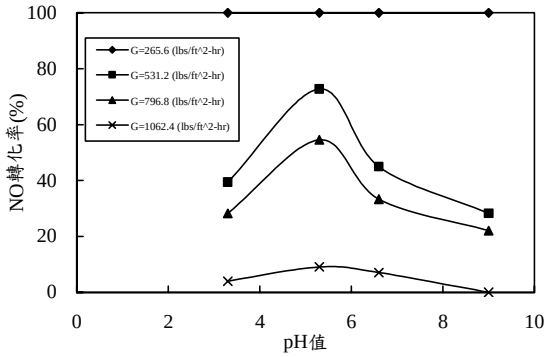

圖 11 pH 值及氣體質量流率與 NO 轉化率之關係

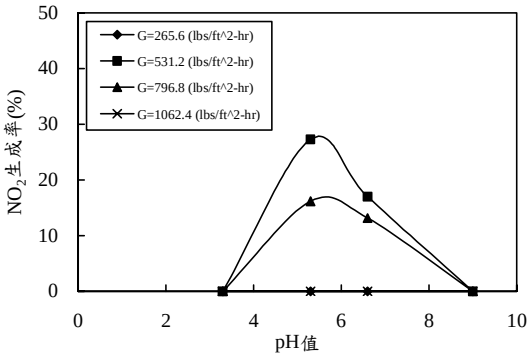

圖 12 pH 值及氣體質量流率與 NO_2 生成率之關係

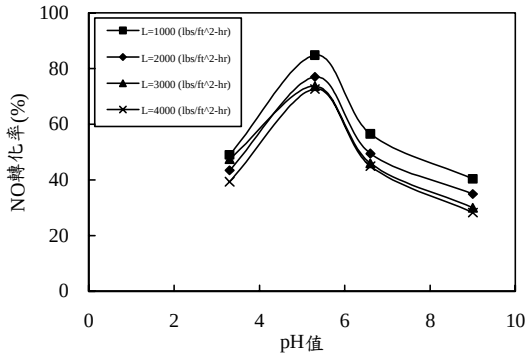

圖 13 pH 值及液體質量流率與 NO 轉化率之關係

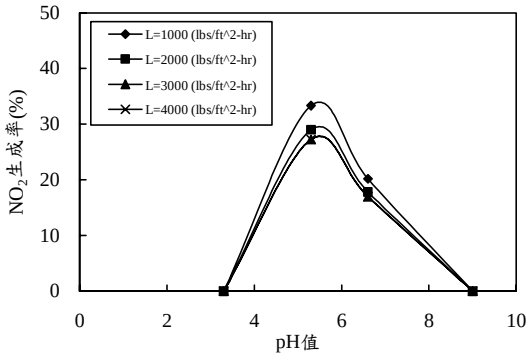

圖 14 pH 值及液體質量流率與 NO_2 生成率之關係

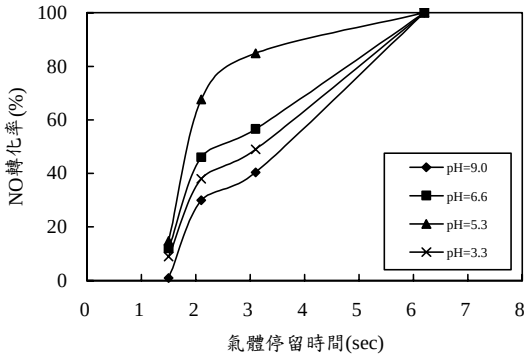

圖 15 氣體停留時間及 pH 值與 NO 轉化率之影響

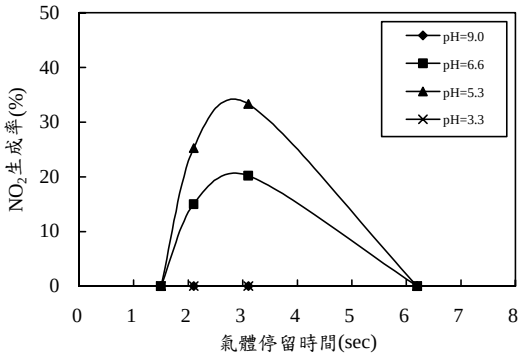

圖 16 氣體停留時間及 pH 值與 NO_2 生成率之影響

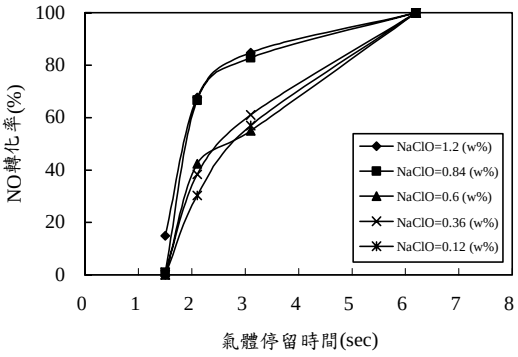

圖 17 氣體停留時間及 $NaClO_{(aq)}$濃度與 NO 轉化率之影響

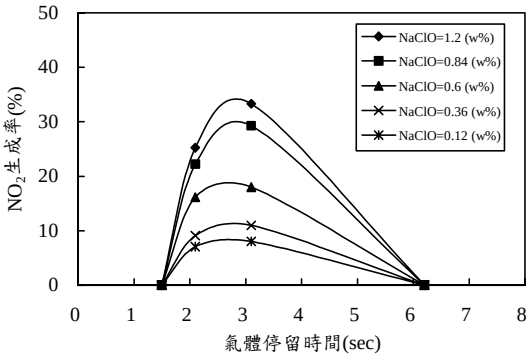

圖 18 氣體停留時間及 $NaClO_{(aq)}$濃度與 NO_2 生成率之影響

表 1 NO 轉化率及 NO_2 生成率之最佳操作參數綜合表

最佳NO轉化率(80 %以上)之操作參數							
氣體質量流率 (G)	液體質量流率 (L)	液氣比 (L/G)	$NaClO_{(aq)}$濃度	氣體停留時間	塔內氣體流速	pH值	ORP值
531.2 (lbs/ft^2-hr)	1000 (lbs/ft^2-hr)	1.75以上	0.84 (w)%	5.5以上 (sec)	0.4以下 (m/s)	5.3	1050 ~ 1100 (mV)

最佳NO_2生成率之操作參數							
氣體質量流率 (G)	液體質量流率 (L)	液氣比 (L/G)	$NaClO_{(aq)}$濃度	氣體停留時間	塔內氣體流速	pH值	ORP值
531.2以下 (lbs/ft^2-hr)	1000 (lbs/ft^2-hr)	1.75	0.84 (w)%	2.5 (sec)	0.65 (m/s)	5.3	1050 ~ 1100 (mV)

附件一

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫 X 成果報告 □期中進度報告

兩段式洗滌吸收除硝系統操作參數研究

計畫類別：X 個別型計畫　　□ 整合型計畫
計畫編號：NSC 91－2211－E －032－010－
執行期間：91 年 8 月 1 日至 92 年 7 月 31 日

計畫主持人：陳俊成
共同主持人：Yang, Chen-Lu
計畫參與人員：鄭光榮、葉嘉純

成果報告類型(依經費核定清單規定繳交)：X 精簡報告　□完整報告

本成果報告包括以下應繳交之附件：
□赴國外出差或研習心得報告一份
□赴大陸地區出差或研習心得報告一份
□出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份
□國際合作研究計畫國外研究報告書一份

處理方式：除產學合作研究計畫、提升產業技術及人才培育研究計畫、列管計畫及下列情形者外，得立即公開查詢
□涉及專利或其他智慧財產權，□一年 X 二年後可公開查詢

執行單位：淡江大學水環所

中　華　民　國 93 年 2 月 10 日

附件二

可供推廣之研發成果資料表

☐ 可申請專利　☐ 可技術移轉　　日期：93 年 2 月 10 日

國科會補助計畫	計畫名稱：兩段式洗滌吸收除硝系統操作參數研究 計畫主持人：陳俊成 計畫編號：NSC 91－2211－E －032－010 學門領域：環境工程
技術/創作名稱	
發明人/創作人	
技術說明	中文：本技術可應用於中小型焚化爐之空污除 NOx 設備應用。中小型焚化爐一般風量小，且不易投資設備與操作高之傳統除 NOx 設備。本計畫所發展之技術正適用於小風量低壓損之焚化爐之空污除 NOx 設備，且設備與操作費較低，故可推廣於這方面應用。 （100~500 字）
	英文：The operational and design parameters of the two-staged NOx scrubber developed in this project can be applied in de-NOx facility for small and median scale incinerator. The small and median incinerator require de-NO_X technology that is economic in both installation and operation costs.　This de-NOx technology is good for small flow rate and is with relatively economic in both facility and operational costs.
可利用之產業及可開發之產品	使用中小型焚化爐之空污除 NOx 設備相關產業
技術特點	適用於小風量低壓損之焚化爐之空污除 NOx 設備，且設備與操作費均較傳統除 NOx 設備低。
推廣及運用的價值	可解決國內中小型焚化爐之空污 NOx 排放控制問題，提工業界經濟可行之 NOx 控制技術。

※　1. 每項研發成果請填寫一式二份，一份隨成果報告送繳本會，一份送　貴單位研發成果推廣單位（如技術移轉中心）。

※　**2. 本項研發成果若尚未申請專利，請勿揭露可申請專利之主要內容。**

※　3. 本表若不敷使用，請自行影印使用。