

2010 ~ 2014 臺灣大氣腐蝕因子之調查與分析

邱永芳、陳桂清、柯正龍、羅建明*

The Survey and Analysis of Atmospheric Corrosive Factors in Taiwan during 2010 to 2014

Y. F. Chiu, K. C. Chen, J. L. Ko, C. M. Lo*

Received 10 July 2015; received in revised form 20 August 2015; accepted 1 September 2015

摘 要

臺灣四面環海，具有高溫、高濕、高鹽份的環境，公共工程結構物經常受到嚴重的腐蝕。因此，瞭解臺灣地區大氣腐蝕劣化因子，尤其重要。本文將 2010 ~ 2014 年試驗期間，依一年期及各季試驗點所調查之氯鹽沉積速率、二氧化硫沉積量等劣化因子及金屬腐蝕數據整理呈現，以利日後新建與既有金屬結構物之防蝕設計與維護管理的參考。研究結果顯示，氯鹽沉積速率於垂直海岸試驗線以桃園試驗線最大，二氧化硫沉積速率以觀音、彰濱、臨海及龍德等工業區較高。一年期金屬腐蝕速率部份，於垂直海岸試驗線以桃園、基隆、麥寮及臺中港等試驗線皆高達 C5+等級；於特定測站則以台塑六輕、大潭火力電廠、通霄火力電廠、臺中火力電廠及彰濱工業區等站達 C5+等級。在季節性之比較中，氯鹽沉積速率、二氧化硫沉積速率及金屬腐蝕速率，均以秋季與冬季較為嚴重。

關鍵詞：大氣腐蝕；腐蝕因子；腐蝕環境；腐蝕速率。

ABSTRACT

Taiwan located in a high temperature, high humidity and high salt island environment that resulting in severe corrosion of public structures. Therefore, realizing the situation of atmospheric corrosive factors in Taiwan is very important. In the study, surveyed data were obtained from September 2010 till September 2014. The data were analyzed with chloride deposition rates, sulfur dioxide deposition rates and metals corrosion rates by season and one-year periods. The above information could be applied in metals anti-corrosion design and maintaining management in the future. The study results showed that Tao-yuan test line gets the maximum chloride deposition rate among vertical seashore lines. Guan-yin Industrial Park, Chang-hua Coastal Industrial Park, Da-fa Industrial Park, Lin-hai Industrial Park, Lung-te Industrial Park had higher sulfur dioxide deposition rate than other test sites. Annual metals corrosion rate at vertical seashore lines were indicated that Tao-yuan, Kee-lung, Mai-liau and Tai-chung Harbor test lines had higher corrosion

rate and reached C5 + level. At specific test sites such as Formosa Plastics Group's Plants (at Mai-liau), Tai-tam Power Plant, Tungh-siao Power Plant, Tai-chung Power Plant and Chang-hua Coastal Industrial Park also had higher corrosion rates and reached C5 + level. In seasonal comparison, chloride deposition rate, sulfur dioxide deposition rate and metals corrosion rate were more impacted within Fall and Winter.

Keywords: Atmospheric corrosion; Corrosion Factors; Corrosivity of environments; Corrosion rate.

1. 前言

臺灣為亞熱帶的海島，氣候上具有高溫、高溼與高鹽份的環境特色，因此腐蝕環境相對嚴重。有鑑於此，大氣腐蝕因子的調查與掌握對金屬與鋼筋混凝土結構物耐久性防蝕設計的影響，有其重要性。隨著工業發展與氣候環境變遷，為達到結構物耐久性防蝕設計的目的，本所自 2007 年起至今 2015 年持續進行「臺灣大氣腐蝕因子調查研究」，擬長期針對臺灣全島區域進行大氣腐蝕因子調查，完成臺灣大氣腐蝕環境的分類工作，並根據調查結果建立「臺灣大氣腐蝕環境分類資訊系統」(act.ihmt.gov.tw:8080)。其中，2009 年 7 月至 2010 年 9 月一年期之數據已發表於本期刊^[1]。本文將 2010 ~ 2014 年試驗期間，依一年期及多個年度各季試驗點所調查之氯鹽沉積速率、二氧化硫沉積量等劣化因子及金屬腐蝕數據予以整理，以利日後新建與既有金屬結構物之防蝕設計與維護管理的參考。

2. 研究方法

2.1 環境分類依據

如本研究團隊先前研究^[1]所敘明，依 ISO 9223^[2]與 ISO 9224^[3]之規定，大氣腐蝕環境分類區分，可採用污染量量測或標準試片腐蝕速率量測二種方式進行。若採污染量量測進行分類，選擇的參數則包括濕潤時間(τ)、空氣中的氯鹽沉積速率(S)與二氧化硫沉積量(P)。依前述各參數的量測結果，參照 CNS 13401 (ISO 9223)之規定表格對應後，即可獲得如表 1 所示之大氣腐蝕環境分類的等級。詳細的量測方法、沉積速率計算以及分類推定，請參見 CNS 13401 及 CNS 13754^[4] (ISO 9225)^[5]或本研究團隊之先前研究^[1]。

2.2 大氣腐蝕環境因子調查

目前臺灣全島已建置氯鹽沉積量調查 61 個試

表 1 大氣腐蝕環境分類-以各種標準金屬最初第一年之腐蝕速率區分。

Table 1 The estimated corrosivity categories of the atmosphere - based on the first year corrosion rate.

腐蝕性分類	腐蝕速率 (γ_{corr})				
	單位	碳鋼	鋅	銅	鋁
C1	$\text{g/m}^2/\text{yr}$ $\mu\text{m}/\text{yr}$	$\gamma_{\text{corr}} \leq 10$ $\gamma_{\text{corr}} \leq 1.3$	$\gamma_{\text{corr}} \leq 0.7$ $\gamma_{\text{corr}} \leq 0.1$	$\gamma_{\text{corr}} \leq 0.9$ $\gamma_{\text{corr}} \leq 0.1$	可忽視 —
C2	$\text{g/m}^2/\text{yr}$ $\mu\text{m}/\text{yr}$	$10 < \gamma_{\text{corr}} \leq 200$ $1.3 < \gamma_{\text{corr}} \leq 25$	$0.7 < \gamma_{\text{corr}} \leq 5$ $0.1 < \gamma_{\text{corr}} \leq 0.7$	$0.9 < \gamma_{\text{corr}} \leq 5$ $0.1 < \gamma_{\text{corr}} \leq 0.6$	$\gamma_{\text{corr}} \leq 0.6$ —
C3	$\text{g/m}^2/\text{yr}$ $\mu\text{m}/\text{yr}$	$200 < \gamma_{\text{corr}} \leq 400$ $25 < \gamma_{\text{corr}} \leq 50$	$5 < \gamma_{\text{corr}} \leq 15$ $0.7 < \gamma_{\text{corr}} \leq 2.1$	$5 < \gamma_{\text{corr}} \leq 12$ $0.6 < \gamma_{\text{corr}} \leq 1.3$	$0.6 < \gamma_{\text{corr}} \leq 2$ —
C4	$\text{g/m}^2/\text{yr}$ $\mu\text{m}/\text{yr}$	$400 < \gamma_{\text{corr}} \leq 650$ $50 < \gamma_{\text{corr}} \leq 80$	$15 < \gamma_{\text{corr}} \leq 30$ $2.1 < \gamma_{\text{corr}} \leq 4.2$	$12 < \gamma_{\text{corr}} \leq 25$ $1.3 < \gamma_{\text{corr}} \leq 2.8$	$2 < \gamma_{\text{corr}} \leq 5$ —
C5	$\text{g/m}^2/\text{yr}$ $\mu\text{m}/\text{yr}$	$650 < \gamma_{\text{corr}} \leq 1500$ $80 < \gamma_{\text{corr}} \leq 200$	$30 < \gamma_{\text{corr}} \leq 60$ $4.2 < \gamma_{\text{corr}} \leq 8.4$	$25 < \gamma_{\text{corr}} \leq 50$ $2.8 < \gamma_{\text{corr}} \leq 5.6$	$5 < \gamma_{\text{corr}} \leq 10$ —

資料來源：CNS 13401 (ISO 9223)

驗點，二氧化硫沉積量調查 51 個試驗點，其位置如本研究團隊先前研究^[1]所示。

2.3 現地暴露試驗

本研究依 CNS 13753^[6] (ISO 9226^[7])大氣腐蝕性測定標準製作試片，採用螺旋狀標準試片。試片的材料與成分為：(1) 碳鋼：非合金碳鋼(Cu = 0.03 ~ 0.10 % · P < 0.07%)；(2) 鋅：純度 98.5%以上；(3) 銅：純度 99.5%以上；(4) 鋁：純度 99.5 %以上。將以上

金屬直徑 2 ~ 3 mm 之線材，剪取約 1000 mm 長度，纏繞在直徑為 24 mm 的聚乙烯試驗桿上，製成螺旋狀試樣，以重量損失法計算其腐蝕速率。本研究團隊進行之試驗點總計有 88 處，其位置如圖 1 所示。但為精簡呈現，於本論文僅取 10 處具代表性的試驗點之數據予以分析。為瞭解腐蝕與海岸距離之間關係，本研究亦規劃 8 條距海岸 0 m、100 m、300 m、1000 m、3000 m 之垂直海岸試驗線，以 5 個試驗點的平均值為該試驗線的試驗值，合併標示於圖 1。

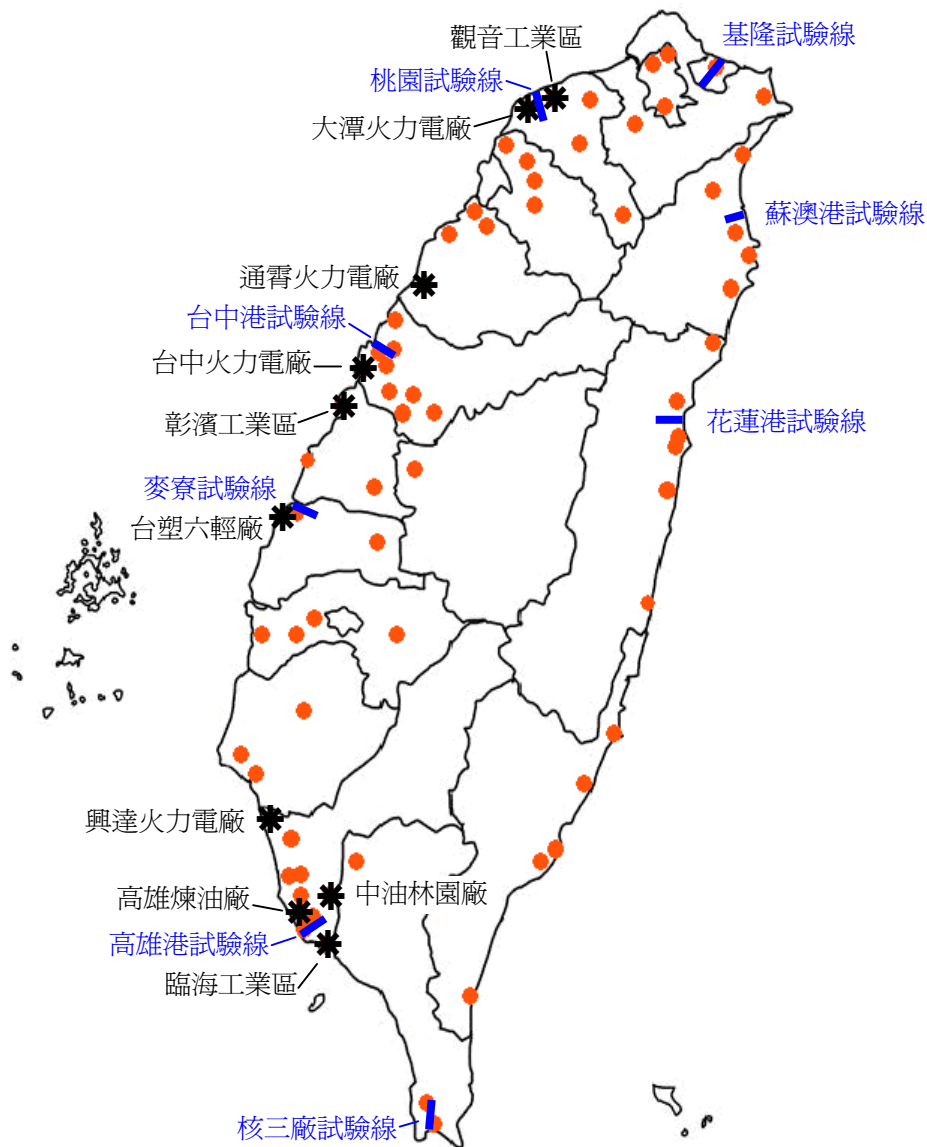


圖 1 現地暴露試驗點。

Figure 1 The monitoring locations for measurements of corrosion rate.

3. 結果與討論

本文所探討之試驗調查期間共有 16 次採樣。試樣曝放期間相當於臺灣氣候之秋季(9 月至 12 月)、冬季(12 月至 3 月)、春季(3 月至 6 月)、夏季(6 月至 9 月)及一年期。依年度及各季試驗點所調查之數據，整理說明如下。

3.1 垂直試驗線之氯鹽沉積速率與季節之影響

圖 2 為在 2010 ~ 2014 年共 16 次調查期間之平均氯鹽沉積速率比較圖。在整個調查期間，氯鹽沉積速率介於 0.9 mg/m²/day 至 132.1 mg/m²/day 之間。最高的沉積速率為桃園試驗線 132.1 mg/m²/day (2010 秋季)，其他較高者依序為麥寮試驗線 77.7 mg/m²/day (2010 冬季)、基隆試驗線 68.3 mg/m²/day (2010 秋季) 等。最低為蘇澳港試驗線僅 0.9 mg/m²/day 與最高沉積速率差異很大。

在季節性之比較中，如圖 2 所見，四個季節中以秋季最為嚴重，氯鹽沉積速率以桃園試驗線、麥寮試驗線及基隆試驗線較高，多大於 10 mg/m²/day 最高達 132 mg/m²/day。高雄港試驗線、核三廠試驗線、花蓮港試驗線、蘇澳港試驗線相較氯鹽沉積速

率較小，調查的結果大部份少於 10 mg/m²/day。冬季氯鹽沉積速率在(2010 冬季)，亦以桃園試驗線、麥寮試驗線及基隆試驗線氯鹽沉積速率較高且大於 60 mg/m²/day，臺中港試驗線、花蓮港試驗線亦大於 10 mg/m²/day。春季以桃園試驗線較高且大於 40 mg/m²/day，最高達 78.6 mg/m²/day，麥寮試驗線、基隆試驗線亦大於 10 mg/m²/day。夏季在(2012 夏季)桃園試驗線、麥寮試驗線、基隆試驗線及核三廠試驗線皆大於 20 mg/m²/day。

由氯鹽沉積速率比較發現，臺灣位於亞洲西太平洋的季風區內，季風現象明顯尤其是以冬季與秋季東北季風最為強烈，主要盛行風向以北風為主。因此造成北部海岸(桃園試驗線、基隆試驗線)與中部海岸(麥寮試驗線、臺中港試驗線)相較東部海岸(花蓮港試驗線、蘇澳港試驗)與南部海岸(高雄港試驗線、核三廠試驗線)較高。

3.2 特定區之二氧化硫沉積速率與季節性之比較

圖 3 為試驗調查期間 16 次調查特定區之二氧化硫沉積速率圖，沉積速率介於 9.6 mg/m²/day 至 1025.1 mg/m²/day 之間。其中以觀音工業區 1025.1

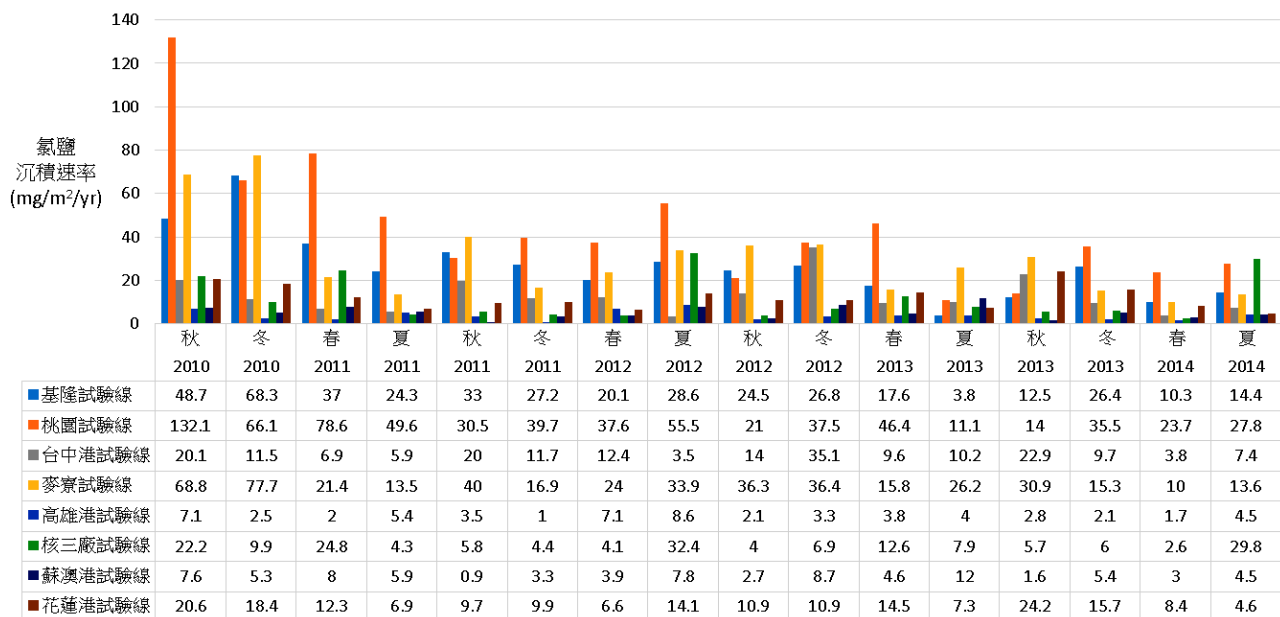


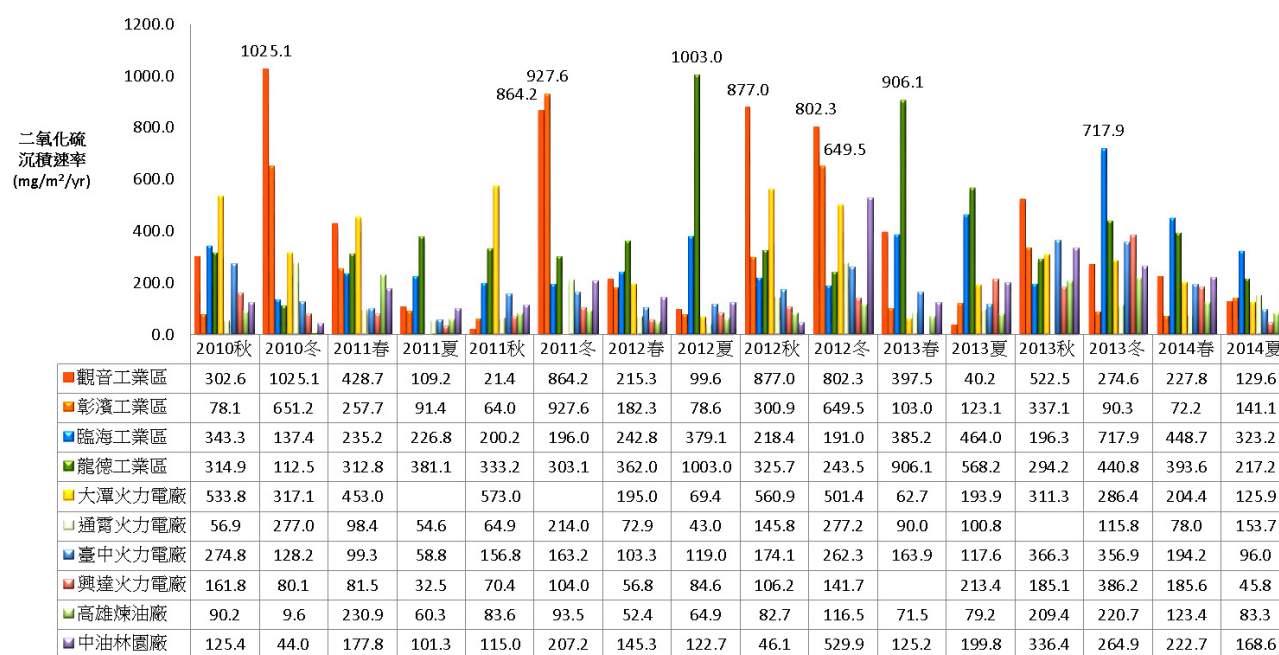
圖 2 2010 ~ 2014 氯鹽沉積速率在各垂直試驗線之比較圖。(註：氯鹽沉積速率為試驗線測站平均值)

Figure 2 The annual comparison chart of chloride deposition rate by vertical seashore lines during 2010 to 2014.

mg/m²/day (2010 秋季)為最高，大於 800 mg/m²/day 者有龍德工業區 1003.0 mg/m²/day (2010 冬季)及 906.1 mg/m²/day (2013 春季)和彰濱工業區 927.6 mg/m²/day (2011 冬季)。介於 500 至 800 mg/m²/day 有臨海工業區 717.9 mg/m²/day，大潭火力電廠 573.0 mg/m²/day、中油林園廠 529.9 mg/m²/day。上述各試驗點沉積速率均遠超過 CNS 13401 的最高分類標準 P3 (200 mg/m²/day)。

如以季節之沉積速率來比較，檢視圖 3，大致上仍是以秋冬季有較高的沉積速率，例如觀音工業區(2010 冬季、2012 秋季)、彰濱工業區(2011 冬季)及臨海工業區(2013 冬)及大潭火力電廠(2010 / 2011 / 2012, 秋季)。春夏季則以龍德工業區(2012 夏季、2013 春季)沉積速率較高。

上述季節性顯著之差異，二氧化硫沉積(降)主要來自於附近發電廠或工廠使用含硫燃料所造成，或所處環境區域產業活動所產生有一些關聯性。另外二氧化硫在大氣分佈，會隨著季節而改變，如夏季季風的溫暖潮濕，冬季季風則乾燥寒冷以及降雨氣候條件等皆影響分佈情形。



註：空白處為試片遺失。

圖 3 2010~2014 年二氧化硫沉積速率在特定試驗點之比較圖。

Figure 3 The annual comparison chart of sulfur dioxide deposition rate by specific test sites during 2010 to 2014.

3.3 金屬腐蝕速率調查結果

3.3.1 一年期金屬腐蝕速率垂直試驗線之比較

圖 4 為碳鋼於各垂直試驗線之腐蝕速率。碳鋼的腐蝕速率以桃園試驗線、基隆試驗線、麥寮試驗線較高，均大於 200 $\mu\text{m}/\text{yr}$ ，依腐蝕環境分類屬 C5+ 等級，臺中港試驗線與蘇澳港試驗線介於 80 至 200 $\mu\text{m}/\text{yr}$ 為 C5 等級。

四種金屬於各垂直試驗線之腐蝕速率，如表 2 所示，鋅腐蝕速率以桃園試驗線最高，屬於 C5+(大於 8.4 $\mu\text{m}/\text{yr}$)，麥寮試驗線、臺中港試驗線、基隆試驗線為 C5 等級(4.2 至 8.4 $\mu\text{m}/\text{yr}$)，高雄試驗線、核三試驗線、花蓮試驗線、蘇澳試驗線、屬 C4 等級。銅腐蝕速率以桃園試驗線、臺中港試驗線、麥寮試驗線較高，均大於 5.6 $\mu\text{m}/\text{yr}$ ，屬 C5+等級，基隆試驗線、核三試驗線、花蓮試驗線、蘇澳試驗線，屬 C5 等級(2.8 至 5.6 $\mu\text{m}/\text{yr}$)，高雄港試驗線，屬 C4 等級。鋁腐蝕速率以桃園試驗線、臺中港試驗線、麥寮試驗線等較高，均大於 10 $\text{g}/\text{m}^2/\text{yr}$ ，屬 C5+等級，基隆試驗線為 C5 等級(5 至 10 $\text{g}/\text{m}^2/\text{yr}$)，花蓮試驗線、蘇澳試驗線、高雄試驗線為 C4 等級。

3.3.2 一年期金屬腐蝕速率特定測站之比較

圖 5 為碳鋼一年期特定站之腐蝕速率，表 3 為四種金屬於特定試驗點之腐蝕速率。碳鋼以台塑六輕 1168.2 $\mu\text{m}/\text{yr}$ 、大潭火力電廠 282.4 $\mu\text{m}/\text{yr}$ 、觀音工業區 202.5 $\mu\text{m}/\text{yr}$ 、彰濱工業區 241.8 $\mu\text{m}/\text{yr}$ 較高均大於 200 $\mu\text{m}/\text{yr}$ ，屬 C5+等級。鋅腐蝕速率以大潭火力電廠 30 $\mu\text{m}/\text{yr}$ 、彰濱工業區 17.4 $\mu\text{m}/\text{yr}$ 、台塑六輕 13.1 $\mu\text{m}/\text{yr}$ 等均大於 8.4 $\mu\text{m}/\text{yr}$ 、屬 C5+等級，通霄火力電廠、台中火力電廠、觀音工業區腐蝕速率為 C5 等級(4.2 至 8.4 $\mu\text{m}/\text{yr}$)。銅腐蝕速率以台塑六輕、大潭火力電廠、通霄火力電廠、台中火力電廠、彰濱工業區等均大於 5.6 $\mu\text{m}/\text{yr}$ ，屬 C5+等級。興達火力電廠、中鋼公司、觀音工業區等為 C5 級(2.8 至 5.6 $\mu\text{m}/\text{yr}$)。鋁腐蝕速率以台塑六輕、大潭火力電廠、台中火力電廠、彰濱工業區等均大於 10 $\text{g}/\text{m}^2/\text{yr}$ 屬

C5+等級，興達火力電廠、觀音工業區、通霄火力電廠等為 C5 等級(5 至 10 $\text{g}/\text{m}^2/\text{yr}$)。

3.3.3 金屬腐蝕速率季節性之比較

表 4 為碳鋼季節性之腐蝕速率，如表所見，碳鋼在秋季腐蝕速率最高，其中大潭火力電廠、台中火力電廠、台塑六輕皆超過 600 $\mu\text{m}/\text{yr}$ 屬 C5+等級；冬季以彰濱工業區、大潭火力電廠、台塑六輕、通霄火力電廠、台中火力電廠較高，屬 C5+等級；春季以台塑六輕、大潭火力電廠、彰濱工業區較高屬 C5+等級；夏季以大潭火力電廠、台塑六輕、通霄火力電廠屬 C5+等級。

鋅金屬季節性之腐蝕速率如表 5 所示，鋅在秋季及冬季相對春夏兩季較高，其中彰濱工業區、大潭火力電廠、台塑六輕、通霄火力電廠均超過 8.4 $\mu\text{m}/\text{yr}$ 屬 C5+等級。

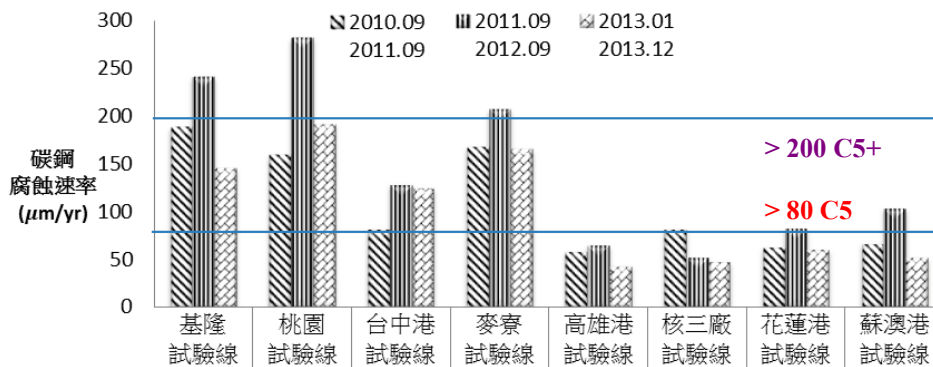


圖 4 2010 ~ 2013 一年期垂直海岸試驗線之碳鋼腐蝕速率。

Figure 4 The annual comparison chart of carbon steel corrosion rate by vertical seashore lines during 2010 to 2013.

表 2. 一年期四種金屬於各垂直試驗線之腐蝕速率。

Table 2 The annual metals corrosion rate of the test metals at the vertical seashore lines.

	碳鋼 ($\mu\text{m}/\text{yr}$)				鋅 ($\mu\text{m}/\text{yr}$)				銅 ($\mu\text{m}/\text{yr}$)				鋁 ($\text{g}/\text{m}^2/\text{yr}$)			
	2011	2012	2013	2014	2011	2012	2013	2014	2011	2012	2013	2014	2011	2012	2013	2014
基隆試驗線	188.8	242.1	145.4	123.0	4.1	5.4	8.6	8.3	5.1	4.3	4.7	4.7	8.2	3.2	6.2	6.7
桃園試驗線	159.4	282.4	191.8	148.4	14.4	23.7	10.3	13.7	6.8	6.8	6.6	7.1	19.8	8.8	12.0	19.4
台中港試驗線	82.2	128.8	124.4	77.0	8.9	6.4	10.0	5.13	5.5	5.6	6.1	4.4	10.0	7.8	18.4	7.0
麥寮試驗線	168.2	207.8	165.8	148.0	7.0	13.1	6.7	18.2	8.2	10.2	9.2	10.3	23.4	13.0	18.6	15.6
高雄港試驗線	58.3	65.1	43.3	45.4	3.1	2.9	1.6	2.2	2.0	2.2	2.5	3.2	3.6	4.3	2.6	2.6
核三廠試驗線	82.1	51.9	48.1	55.5	3.1	2.1	3.5	2.8	5.2	4.8	5.6	4.7	1.7	1.9	1.8	2.3
花蓮港試驗線	62.7	82.4	60.2	52.2	3.5	5.4	3.3	3.0	4.4	5.0	3.8	3.2	5.0	4.2	4.7	3.3
蘇澳港試驗線	66.9	103.8	52.1	47.5	2.7	2.7	2.8	2.0	2.8	3.5	2.9	1.6	2.3	2.2	2.2	1.5

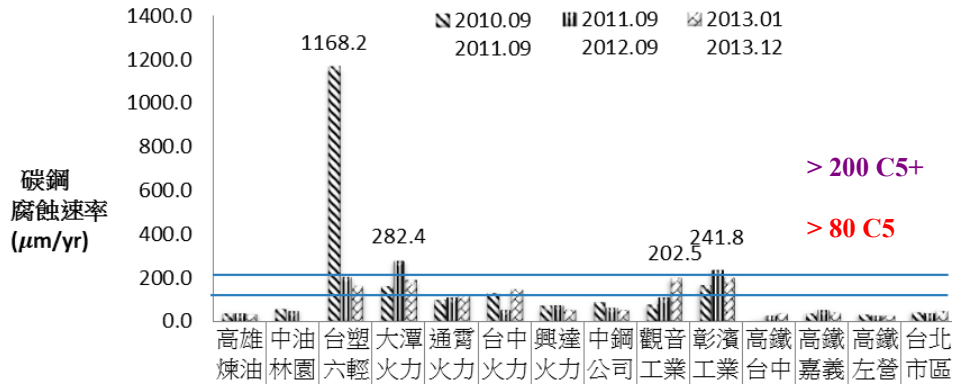


圖 5 2010 ~ 2013 一年期特定測站之碳鋼腐蝕速率(臺塑六輕、大潭火力腐蝕速率為測站平均值)。

Figure 5 The annual comparison chart of carbon steel corrosion rate by specific test sites during 2010 to 2013.

表 3. 一年期四種金屬於特定試驗點之腐蝕速率。

Table 3 The annual metals corrosion rate at specific test sites.

	碳鋼 (µm/yr)				鋅 (µm/yr)				銅 (µm/yr)				鋁 (g/m ² /yr)			
	2011	2012	2013	2014	2011	2012	2013	2014	2011	2012	2013	2014	2011	2012	2013	2014
觀音工業	83.1	116.5	202.5	117.4	4.3	2.3	6.5	7.0	4.4	4.4	4.4	5.1	12.2	4.4	11.6	12.1
大潭火力	169.5	282.4	191.8	148.4	30.0	23.7	10.3	13.7	8.4	6.8	6.6	7.1	19.0	8.8	12.0	19.4
通霄火力	103.9	115.9	126.7	88.2	6.6	4.8	4.2	8.8	8.3	7.7	5.7	5.6	16.3	8.3	7.0	9.8
台中火力	137.9	61.5	150.7	108.8	6.8	3.5	4.1	5.4	11.3	8.9	5.0	5.3	16.5	14.8	13.4	12.2
彰濱工業	170.8	241.8	205.1	147.6	17.4	5.5	10.6	16.2	8.2	7.7	8.5	7.5	22.7	15.8	17.3	11.1
台塑六輕	1168*	207.8	165.8	148.0	7.0	13.1	6.7	18.2	8.2	10.2	9.2	10.3	23.4	13.0	18.6	15.6
興達火力	78.8	81.6	62.2	77.0	3.4	3.0	2.6	3.6	3.7	4.6	5.4		7.4	3.1	7.2	3.0
高雄煉油	45.6	42.7	40.5	39.1	3.9	2.2	1.8	1.4	1.5	2.3	2.2	2.5	1.1	0.1	2.2	0.6
中油林園	64.2	54.5		45.1	3.9	3.4		2.0	2.3	3.6		3.8	1.7	0.1		1.4
臨海工業	93.7	67.5	58.5	52.2	4.4		4.7	1.8	4.1	3.3	3.3	3.7	5.2	2.1	4.4	3.7

*註：2011 年台塑六輕公共管線洩漏導致大火發生產生化學氣體，數值較高。空白處為試片遺失。

表 4. 碳鋼季節性之腐蝕速率(µm/yr)。

Table 4 The seasonal corrosion rate (µm/yr) of carbon steel.

	2010		2011				2011				2013				2014	
	秋	冬	春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬	春	夏
觀音工業	343.7	322.0	182.9	68.6	230.9	292.3	155.5	109.1	164.8	498.1	138.9	156.2	324.1	253.9	171.5	66.8
大潭火力	374.0	232.8	287.6	211.1	661.2	495.1	216.0	329.9	127.5	417.1	234.7	206.7	329.2	268.4	247.1	235.6
通霄火力	237.7	248.3	287.6	211.1	277.7	410.3	182.1	206.2	134.2	413.4	185.4	151.5	199.1	281.0	138.2	119.6
台中火力	703.1	181.5	17.5	80.0	362.4	341.0	145.8	216.3	154.6	286.6	114.7	115.9	218.1	346.1	139.5	98.3
彰濱工業	275.6	233.4	406.4	158.5	392.0	510.7	290.4	183.1	203.7	573.3	184.0	118.0	282.6	252.4	201.3	103.6
台塑六輕	435.0	286.8	364.3	107.3	624.2	391.7	219.8	253.7	285.4	414.0	165.0	275.3	329.7	291.3	147.2	147.6
興達火力	136.1	86.1	111.5	151.0	133.6	136.4	131.8	157.9	69.2	93.8	92.6	137.1	76.1	103.1	96.9	150.4
高雄煉油	87.3	47.3	85.7	153.1	82.7	62.2	97.5	74.3	49.2	60.7	95.2	69.7	44.4	55.1	70.6	77.0
中油林園	125.9	47.5	99.5	124.1	114.4	113.1	133.7	66.6	65.4	63.1	136.9	126.8	57.7		93.2	120.8
臨海工業	170.8	60.0	110.7	210.6	120.9	111.6	143.1	193.7	66.0	70.7	105.4	120.9	67.5	81.	109.5	147.9

註：空白處為試片遺失。

表 6 為銅季節性之腐蝕速率，如表所見，銅四季中以秋季相對較高，其中彰濱工業區、台中火力電廠、大潭火力電廠、台塑六輕、通霄火力電廠等均超過 5.6 $\mu\text{m}/\text{yr}$ 屬 C5+等級。表 7 為鋁季節性之腐蝕速率，如表所見，鋁在秋季及冬季亦較高，秋季中以中油林園、台塑六輕、台中火力電廠等，均超過 10 $\text{g}/\text{m}^2/\text{yr}$ 為 C5+等級。冬季以台塑六輕、通霄火力電廠、台中火力電廠、觀音工業區、彰濱工業區屬 C5+等級。春季以台中火力電廠、大潭火力電廠、台塑六輕、彰濱工業區較高屬 C5+等級。夏季以大潭火力電廠、台塑六輕較高屬 C5+等級。

由腐蝕環境分類等級可知，金屬腐蝕速率受到不同區域、季節、暴露時間與環境因子具有相關性，由金屬材料與大氣腐蝕因子關聯性研究^[8]得知，工業區環境因子中之二氧化硫、濕潤時間對一年期腐蝕速率有顯著相關，沿海區以氯鹽具顯著相關。

4. 結論

1. 垂直試驗線氯鹽沉積速率以桃園試驗線沉積速率最大，其次依序麥寮試驗線、基隆試驗線、臺中港試驗線、核三廠試驗線、花蓮港試驗線、高雄港試驗線、蘇澳港試驗線。

表 5. 鋅金屬季節性之腐蝕速率($\mu\text{m}/\text{yr}$)。

Table 5 The seasonal corrosion rate ($\mu\text{m}/\text{yr}$) of zinc.

	2010		2011				2011				2013				2014	
	秋	冬	春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬	春	夏
觀音工業	9.5	13.0	8.9	5.5	7.1	17.6	10.5	9.8	11.6	12.8	9.1	4.4	18.8	13.2	8.5	5.1
大潭火力		15.9	11.7	20.4	23.1	21.7	9.1	18.1	14.8	14.5	15.3	26.0	20.7	18.1	11.5	25.7
通霄火力	15.7	11.4	5.5	12.1	17.7	14.7	8.8	12.1	15.9	11.7	10.4	12.1	25.5	10.8	10.6	11.7
台中火力	13.0	8.5	39.9	7.3	22.8	27.3	6.8	11.0	30.7	8.7	6.9	12.7	19.4	15.7	6.9	8.0
彰濱工業	9.2	30.2	10.6	7.1	12.4	19.0	8.6	12.3	13.0	10.1	8.6	7.6	34.7	9.4	14.5	10.5
台塑六輕	12.8	9.0	6.9	8.1	22.1	18.0	7.0	9.3	22.6	13.8	10.2	13.3	21.5	21.7	9.8	8.6
興達火力	14.0	15.0	6.0	8.6	6.7	9.9	6.3	7.7	5.2	4.9	9.1	8.3	12.8	9.7	10.7	6.8
高雄煉油	3.5	10.3	3.9	19.1	4.7	14.0	5.7	7.1	5.3	5.5	12.5	7.5	6.9	5.6	4.2	9.6
中油林園	9.7	10.2	2.9		7.0	21.9	5.3	8.4	3.5	7.9		5.1	6.7		10.0	12.4
臨海工業	23.8	9.7	3.8		9.5	24.7	7.5	8.8	4.6	9.4	6.1	5.8	6.8	3.0	9.9	9.8

註：空白處為試片遺失。

表 6. 銅金屬季節性之腐蝕速率($\mu\text{m}/\text{yr}$)。

Table 6 The seasonal corrosion rate ($\mu\text{m}/\text{yr}$) of copper.

	2010		2011				2011				2013				2014	
	秋	冬	春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬	春	夏
觀音工業	8.1	10.8	8.3	14.0	18.5	6.7	6.1	4.8	11.3	9.3	5.4	7.3	13.5	11.9	9.3	3.7
大潭火力	19.7	20.5	16.8	18.9	26.4	18.1	11.8	13.3	25.0	15.3	8.8	20.4	19.9	18.8	15.9	24.2
通霄火力	18.0	15.4	15.8	17.9	18.9	13.6	11.5	15.9	13.3	16.5	8.8	16.5	22.4	12.7	14.9	21.3
台中火力		13.8	18.4	7.1	25.5	19.6	11.3	11.1	10.5	13.9	6.2	8.3	22.8	16.5	8.7	8.6
彰濱工業	17.9	23.8	16.3	13.6	17.3	26.7	13.9	10.4	21.7	20.1	8.5	9.7	26.2	16.7	12.2	10.3
台塑六輕	22.9	21.8	16.3	11.2	28.5	23.7	15.9	15.2	27.5	23.7	11.9	15.6	25.6	21.3	14.9	12.4
興達火力	6.9	6.3	7.2	10.8		8.5	10.6	13.8	7.0	10.7	8.0	8.0	6.0	7.8	9.7	11.6
高雄煉油	3.3	1.9	3.3		3.7	3.5	5.2	4.7	3.1	3.7	9.7	3.7	3.4	3.0	4.4	3.7
中油林園	4.4	2.1	5.7		7.2	3.9	8.2	6.8	7.3	3.4		6.2	3.8		8.0	7.7
臨海工業	6.1	2.9	3.6		5.6	3.7	7.6	7.6	3.9	3.1	5.8	6.1	3.9	2.5	6.4	6.7

註：空白處為試片遺失。

表 7. 鋁金屬季節性之腐蝕速率(g/m²/yr)。Table 7 The seasonal corrosion rate (g/m²/yr) of aluminum.

	2010		2011				2011				2013				2014	
	秋	冬	春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬	春	夏
觀音工業	33.4	42.8	23.1	2.7	13.4	8.0	9.9	4.3	20.5	23.2	8.7	11.4	53.2	32.8	15.5	2.7
大潭火力	44.9	28.4	27.4	19.8	16.3	24.4		21.6	40.6	26.2	22.5	15.3	35.7	26.3	27.8	14.7
通霄火力	27.3	48.0	17.4		14.5	15.7	15.8	4.6	14.8	16.2	12.7	8.2	17.1	18.1	9.0	7.6
台中火力	57.1	20.6	30.4	8.5	43.0	44.9	22.0	4.8	41.9	27.6	23.8	9.5	33.2	45.7	24.0	7.7
彰濱工業	34.5	40.4	25.4	9.2	24.0	37.1	19.8	9.7	22.1	19.2	17.1	5.8	26.5	33.3	14.2	6.2
台塑六輕	23.5	60.3	28.1	6.8	62.8	34.9	18.2	10.1	23.0	25.1	15.7	16.1	33.8	25.3	10.0	5.4
興達火力	12.9	9.1	8.4	8.2	7.8	8.5	7.9	5.1	5.8	6.6	5.1	5.0	8.4	6.1	4.7	7.1
高雄煉油	4.4	2.7	2.4		2.4	2.8	3.0	2.1	2.7	3.2	3.8	3.2	4.8	2.4	1.8	1.0
中油林園	59.2	3.2	5.6		1.5	3.2	4.7	3.8	3.7	1.2		4.9	4.2		4.0	4.3
臨海工業		6.0	11.0		8.0	3.8	8.2	4.6	5.9	7.8	8.2	9.8	10.1	7.0	8.7	6.1

註：空白處為試片遺失。

2. 二氧化硫沉積速率以觀音工業區、彰濱工業區、臨海工業區、龍德工業區等較高。
3. 一年期金屬腐蝕速率垂直試驗線之比較，以桃園試驗線、基隆試驗線、麥寮試驗線、臺中港試驗線等較高屬 C5+等級。
4. 一年期金屬腐蝕速率特定測站之比較，以台塑六輕、大潭火力電廠、通霄火力電廠、台中火力電廠及彰濱工業區等較高屬 C5+等級。
5. 環境因子中氯鹽沉積速率與二氧化硫沉積速率及金屬腐蝕速率，在季節性之差異上在秋季與冬季影響較大。
4. 中華民國國家標準 CNS 13754 金屬及合金之腐蝕-大氣腐蝕性(污染之測定)，民國 85 年 7 月。
5. ISO 9225/1992: Corrosion of metals and alloys - Corrosivity of atmospheres - Measurement of pollution.
6. 中華民國國家標準 CNS 13753 金屬及合金之腐蝕-大氣腐蝕性(測定標準試片之腐蝕速率以評估腐蝕性)，民國 94 年 4 月。
7. ISO 9226/1992: Corrosion of metals and alloys - Corrosivity of atmospheres - Determination of corrosion rate of standard specimens for the evaluation of corrosivity.

參考文獻

1. 邱永芳、陳桂清、柯正龍、羅建明，「臺灣大氣腐蝕因子調查與腐蝕環境分類之探討」防蝕工程第 27 卷，第 1 期，2013 年，第 19~30 頁。
2. ISO 9223/1992: Corrosion of metals and alloys - Corrosivity of atmospheres - Classification.
3. ISO 9224/1992: Corrosion of metals and alloys - Corrosivity of atmospheres - Guiding values for the corrosivity categories.

8. 羅建明、陳桂清、柯正龍，「大氣腐蝕因子調查及腐蝕環境分類之研究(3/4)」，交通部運輸研究所，2014 年，第 5-1~5-20 頁。

收到日期：2015 年 7 月 10 日

修訂日期：2015 年 8 月 20 日

接受日期：2015 年 9 月 1 日