

103-36-7740

MOTC-IOT-102-H1DA003b

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

中華民國 103 年 4 月

103-36-7740

MOTC-IOT-102-H1DA003b

大氣腐蝕因子調查及腐蝕環境 分類之研究(3/4)

著 者：羅建明、陳桂清、柯正龍

交通部運輸研究所

中華民國 103 年 4 月

國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

大氣腐蝕因子調查及腐蝕環境分類之研究. (3/4) /
羅建明, 陳桂清, 柯正龍著. -- 初版. -- 臺北市 : 交
通部運研所, 民 103.04

面 ; 公分

ISBN 978-986-04-0936-9(平裝)

1.大氣汙染防制 2.金屬工作法

445.92

103006487

大氣腐蝕因子調查及腐蝕環境分類之研究(3/4)

著 者：羅建明、陳桂清、柯正龍

出版機關：交通部運輸研究所

地 址：10548 臺北市敦化北路 240 號

網 址：www.ihmt.gov.tw (中文版>中心出版品)

電 話：(04)26587186

出版年月：中華民國 103 年 4 月

印 刷 者：

版(刷)次冊數：初版一刷 75 冊

本書同時登載於交通部運輸研究所臺灣技術研究中心網站

定 價：200 元

展 售 處：

交通部運輸研究所運輸資訊組•電話：(02)23496880

國家書店松江門市：10485 臺北市中山區松江路 209 號 F1•電話：(02) 25180207

五南文化廣場：40042 臺中市中山路 6 號•電話：(04)22260330

GPN：1010300529

ISBN：978-986-04-0936-9 (平裝)

著作財產權人：中華民國(代表機關：交通部運輸研究所)

本著作保留所有權利，欲利用本著作全部或部份內容者，須徵求交通部
運輸研究所書面授權。

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

GPN: 1010300529

定價 200 元

交通部運輸研究所自行研究計畫出版品摘要表

出版品名稱：大氣腐蝕因子調查及腐蝕環境分類之研究(3/4)			
國際標準書號 ISBN978-986-04-0936-9 (平裝)	政府出版品統一編號 1010300529	運輸研究所出版品編號 103-36-7740	計畫編號 102- H1DA003b
本所主辦單位：港灣技術研究中心 主管：邱永芳 計畫主持人：羅建明 研究人員：陳桂清、柯正龍 參與人員：陳志遠、陳義松、李春榮、何木火、李昭明、陳毓清、江偉聖、 魏瓊蓉、林隆貞、黃如蜜 聯絡電話：04-26587110 傳真號碼：04-26564418			研究期間 自 102 年 1 月 至 102 年 12 月
關鍵詞：大氣腐蝕、腐蝕因子、腐蝕環境、腐蝕速率			
摘要： <p>臺灣為一海島，地處熱帶/亞熱帶，高溫、高溼與高鹽份的存在，造成金屬在大氣中容易腐蝕劣化，且工業發展的結果，伴隨產生的是工業污染，再加上車輛急劇成長所排放的高腐蝕性廢氣，更造就臺灣地區成為一高腐蝕性的大氣環境。金屬與鋼筋混凝土結構的大氣腐蝕機制，主要是材料受大氣中所含水分、氧氣、和腐蝕性物質(如雨水中的雜質、灰塵、表面沉積物等)聯合作用而產生的破壞。因此，瞭解臺灣地區大氣腐蝕狀況，大氣腐蝕劣化因子的調查與研究，尤其重要。</p> <p>本研究主要工作項目包括：(1)蒐集整理分析國內外大氣腐蝕文獻與國內氣象資料，(2)依據中國國家標準CNS，就金屬及合金之大氣腐蝕性污染測定方法，進行臺灣全島之大氣腐蝕劣化因子調查，(3)標準試片製作與現地暴露試驗之腐蝕速率量測，(4)金屬材料碳鋼與大氣腐蝕因子關聯性研究。(5)完成大氣腐蝕環境分類資料庫建置研究。</p> <p>本研究氯鹽沉積速率調查結果發現，垂直海岸試驗線之氯鹽沉積速率以桃園、基隆、臺塑六輕等試驗線的氯鹽較高。二氧化硫沉積速率以觀音工業區、彰濱工業區較高。金屬垂直海岸試驗線比較，碳鋼金屬以基隆、桃園、臺中港、臺塑六輕等試驗線腐蝕速率較其他地區高。鋅金屬、銅金屬與鋁金屬皆以臺塑六輕、桃園、臺中港等試驗線腐蝕速率較大。在特定測站比較，碳鋼以彰濱工業區、觀音工業區、臺塑六輕為高，鋅金屬以臺中火力發電廠、大潭火力發電廠、臺塑六輕較高，銅金屬與鋁金屬以臺塑六輕、大潭火力發電廠、彰濱工業區腐蝕速率相對較高。</p> <p>在碳鋼腐蝕與環境因子之關聯性研究結果得知，工業區以二氧化硫、濕潤時間在秋季、冬季及一年期碳鋼腐蝕有顯著相關，沿海區以氯鹽、濕潤時間在冬季及一年期碳鋼腐蝕有顯著相關。</p>			
研究成果效益： <ol style="list-style-type: none"> 1.學術效益，發表國內研討會、年報共3 篇： <ol style="list-style-type: none"> (1)2013 年 102 年度防蝕工程年會論文發表會，發表「臺灣大氣腐蝕劣化因子調查研究資料年報簡介」論文 1 篇。 (2)2013 年發行交通部運輸研究所專刊，出版 2011 年及 2012 年「臺灣大氣腐蝕劣化因子調查資料年報」2 冊。 2.社會環境安全影響：本計畫建立臺灣大氣腐蝕環境分類資訊系統，目前建置全島 87 個金屬暴露試驗點，藉由大氣環境因子調查，了解金屬構造物劣化情形及探討其發生機理，並依腐蝕環境分類特性，選用適當之維修材料與工法。以提升我國之整體防災能力及環境之安全與資源之永續利用。 3. 資料庫建置效益：逐年完成臺灣地區構造物腐蝕環境分類數據資料庫的建立且發行臺灣大氣腐蝕劣化因子調查資料年報提供工程單位瞭解金屬構造物在臺灣各腐蝕環境中的耐久性與其防蝕控制之須要可作為港灣地區之地震災前預防、災時應變計畫與決策之參考依據。 			

提供單位應用情形:

1. 本計畫建置「臺灣大氣腐蝕環境分類資訊系統」網站並出版年報，提供公民營事業單位營運安全防護採用。
2. 完成建置國內大氣腐蝕環境分類資訊系統提供產官學研各界參考應用。如:中華民國防蝕工程學會、台塑企業、中國鋼鐵、國道新建工程局、臺灣科技大學、經濟部工業局、臺灣高鐵、臺灣世曦工程顧問公司、中興工程顧問公司等。

出版日期	頁數	定價	本 出 版 品 取 得 方 式
103 年 4 月	176	200	凡屬機密性出版品均不對外公開。普通性出版品，公營、公益機關團體及學校可函洽本所免費贈閱；私人及私營機關團體可按定價價購。

機密等級：

密 機密 極機密 絕對機密

(解密條件： 年 月 日解密，公布後解密，附件抽存後解密，

工作完成或會議終了時解密，另行檢討後辦理解密)

普通

備註：本研究之結論與建議不代表交通部之意見。

**PUBLICATION ABSTRACTS OF RESEARCH PROJECTS
INSTITUTE OF TRANSPORTATION
MINISTRY OF TRANSPORTATION AND COMMUNICATIONS**

TITLE: Study of corrosive factors of atmosphere and classification of corrosive environment in Taiwan (3/4)			
ISBN ISBN978-986-04-0936-9 (pbk)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER 1010300529	IOT SERIAL NUMBER 103-36-7740	PROJECT NUMBER 102-H1DA003b
DIVISION: Harbor & Marine Technology Center DIVISION DIRECTOR: Chiu Yung-Fang PRINCIPAL INVESTIGATOR: Chien-Ming Lo COMMON INVESTIGATOR: Kuei-Ching Cheng, Jeng-Long Ko PROJECT STAFF: Jhin-Yuang Chen, Yi-Song Chen, Chun-Rong Li, Mu-Huo Ho, Jhao-Ming Li, Yu-Cing Chen, Wei-sheng Jiang, Chiung- Rung Wei, Lung-Chen Lin, Ju-Mi Huang			PROJECT PERIOD FROM January 2013 To December 2013
KEY WORDS: ATMOSPHERIC CORROSION, CORROSION FACTORS, CORROSIVITY OF ENVIRONMENTS, CORROSION RATE			
<p>ABSTRACT:</p> <p>Taiwan is an island and locates at tropic and sub-tropic climates with high humidity, and salinity. The cost of atmospheric corrosion and corrosion prevention is considerable because of the climates, industrial development, and traffic pollution. Corrosion of metals and reinforcing steel in concrete is mainly due to reactions of water, oxygen, and corrosive substances such as impurities in the rainfall, dusts, and particle precipitations. Hence, study of corrosive factors of atmosphere in Taiwan is important.</p> <p>In this study, research topics included 1) collection of atmospheric corrosion related documentation and yearly meteorological data, 2) investigations of atmospheric pollutions in accordance with CNS standard, 3) sample preparation and corrosion rate measurement of metals in accordance with CNS standard, 4) corrosion factor correlation of metal material steel, and 5) classification of atmospheric corrosivity in Taiwan.</p> <p>This study focusing on chloride deposition rate. The chloride deposition rate in Taoyuan, Keelung, Formosa Plastics Group's sixth naphtha's test lines shows higher rate. Sulfur Dioxide deposition in Guan-yin Industrial Park, Changhua Coastal Industrial Park is higher than other places in Taiwan. The metal test line comparison Carbon steel in Keelung, Taoyuan, Taichung Harbor, Formosa Plastics Group's sixth naphtha's test lines shows higher rate. Zinc, Copper and Aluminum metal in Taoyuan, Formosa Plastics Group's sixth naphtha's, Taichung Harbor test lines shows higher rate. Comparison of specific stations Carbon steel in Changhua Coastal Industrial Park, Guan-yin Industrial Park, Taoyuan, Formosa Plastics Group's sixth naphtha's shows higher rate. Zinc metal in Taichung Power Plant, Tai Tam Power Plant, Formosa Plastics Group's sixth naphtha's shows higher rate. Both Copper and Aluminum metal in Formosa Plastics Group's sixth naphtha's, Tai Tam Power Plant, Changhua Coastal Industrial Park shows higher rate.</p> <p>The study result of the corrosion of carbon steel and environmental factors shows that in the industrial zones sulfur dioxide, wetting of time in fall and winter and one year period indicate significant correlation. However for coastal zones both chloride deposition and wetting of time are significant factors in winter and one year period.</p> <p>Benefits of research results:</p> <p>1. Academic benefits, publication of 3 papers in conferences and academy bulletins:</p> <p>1) 2013 Annual Corrosion Engineering Society published " Study of corrosive factors of atmosphere and classification of corrosive environment in Taiwan."</p> <p>2) 2013 Institute of Transportation issued special edition, published in 2011 and 2012 " Atmosphere Corrosive Factors Data---Annual Report. "</p> <p>2. Impact on social and environmental safety:</p> <p>The project has built Taiwan's atmospheric corrosion environment classification of information</p>			

systems. It also has built 87 metal exposure test points around Taiwan to investigate the atmospheric environmental factors and the deterioration. The result will enhance the security of our overall disaster prevention capability and environment and sustainable resource utilization.

- 3 The benefit of data-base building: each year the completion of the establishment of the Taiwan region disaggregated data structures corrosive environment and the issue of Taiwan's database atmospheric corrosion degradation factor Annual survey data will provide engineering units to understand the durability of metal structures in various corrosive environments of Taiwan.

Current situation in application:

- 1 This project builds up " The information system of atmospheric corrosive environment classification in Taiwan" website and published annual reports, public and private institutions working to provide security adoption.
- 2 The completion of domestic atmospheric corrosion environment classification system provides information industry, government and the research community reference application. Such as: The Corrosion Engineering Association of the Republic of China, The Formosa Plastics, China Steel, The Taiwan Area National Expressway Engineering Bureau, National Taiwan University of Science and Technology, Ministry of Economic Affairs, Taiwan High Speed Rail, Taiwan CECI Engineering Consultants, Sinotech Engineering Consultants companies.

<p>DATE OF PUBLICATION April 2014</p>	<p>NUMBER OF PAGES 176</p>	<p>PRICE 200</p>	<p>CLASSIFICATION <input type="checkbox"/>RESTRICTED <input type="checkbox"/>CONFIDENTIAL <input type="checkbox"/>SECRET <input type="checkbox"/>TOP SECRET <input checked="" type="checkbox"/>UNCLASSIFIED</p>
---	--------------------------------	----------------------	--

The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications.

大氣腐蝕因子調查及腐蝕環境分類之研究(3/4)

目 錄

中文摘要.....	I
英文摘要.....	III
目錄.....	V
圖目錄.....	IX
表目錄.....	XIII
第一章 前言.....	1-1
1.1 計畫目的.....	1-1
1.2 計畫之重要性.....	1-1
1.3 國內大氣腐蝕研究概況.....	1-2
1.4 計畫工作目標.....	1-6
第二章文獻回顧.....	2-1
2.1 大氣腐蝕測試規範.....	2-1
2.1.1 國外 ISO 大氣腐蝕環境分類.....	2-1
2.1.2 國外 CLIMATE TEST 大氣腐蝕環境分類.....	2-2
2.1.3 中華民國國家標準 CNS 規範.....	2-4
2.2 大氣腐蝕因子介紹.....	2-4
2.3 影響大氣腐蝕的因素.....	2-7
2.4 相關分析.....	2-9
2.5 迴歸分析.....	2-10
第三章 研究方法及進行步驟.....	3-1

3.1 國內外大氣腐蝕文獻蒐集整理分析	3-2
3.2 大氣腐蝕因子調查建置	3-2
3.2.1 氯鹽沉積速率調查	3-2
3.2.2 氯鹽沉積速率試驗點	3-3
3.2.3 氯鹽沉積速率計算	3-10
3.3 二氧化硫沉積速率調查	3-11
3.3.1 調查試驗點	3-11
3.3.2 二氧化硫沉積速率計算	3-16
3.4 現地暴露試驗	3-18
3.4.1 螺旋狀試片	3-18
3.4.2 現地暴露試驗計算	3-23
3.4.3 試片腐蝕生成物清除與測試	3-23
3.5 腐蝕因子環境分類	3-25
第四章 大氣腐蝕因子與現地暴露試驗調查建置	4-1
4.1 氯鹽沉積速率調查結果	4-1
4.1.1 氯鹽沉積速率季節性之比較	4-2
4.1.2 氯鹽沉積速率與垂直海岸線之關係	4-2
4.2 二氧化硫沉積速率調查結果	4-8
4.2.1 二氧化硫沉積速率季節性之比較	4-9
4.3 濕潤時間百分比	4-14
4.4 現地暴露試驗結果	4-20
4.4.1 各金屬腐蝕速率季節性之比較	4-32
第五章 金屬材料與大氣腐蝕因子關聯性研究	5-1

5.1 相關分析	5-1
5.2 研究變數	5-1
5.3 樣本基本敘述	5-4
5.4 碳鋼與大氣腐蝕相關分析	5-4
5.4.1 工業區碳鋼腐蝕速率與環境因子相關顯著性分析	5-4
5.4.2 沿海區碳鋼腐蝕速率與環境因子相關顯著性分析	5-5
5.5 複迴歸模式建立	5-7
5.5.1 迴歸模式摘要	5-7
5.5.2 變異數分析 (ANOVA)	5-8
5.5.3 迴歸係數	5-11
5.6 複迴歸模式的檢驗與討論	5-13
5.7 複迴歸的預測模式	5-20
第六章 大氣腐蝕因子資料庫功能維護與擴充	6-1
6.1 系統功能規劃	6-1
6.2 腐蝕因子資料管理	6-6
6.3 試驗地點資料管理	6-7
6.4 全系統資料庫結構重新調整設計	6-8
6.5 手動繪趨勢圖	6-9
6.5 新增板狀試片腐蝕速率及試驗相片	6-10
第七章 結論	7-1
7.1 結論	7-1
7.2 研究成果之效益	7-2
7.3 提供單位應用情形	7-3
參考文獻	參-1

附錄一 期末審查意見及辦理情形說明表.....	附錄 1-1
附錄二 期末報告簡報資料.....	附錄 2-1

圖目錄

圖 2.1	ISO 大氣腐蝕環境分類	2-2
圖 2.2	CLIMATE TEST 大氣腐蝕測試	2-3
圖 3.1	研究作業流程圖	3-1
圖 3.2	氯鹽沉積速率調查位置	3-9
圖 3.3	濕燭法燭心構造示意圖	3-10
圖 3.4	濕燭法裝置構造圖	3-10
圖 3.5	二氧化硫沉積速率調查位置圖	3-13
圖 3.6	二氧化硫沉積量採集裝置	3-17
圖 3.7	現地暴露試驗(螺旋狀)試驗點分佈圖	3-19
圖 3.8	螺旋狀試片構造圖	3-22
圖 3.9	腐蝕生成物清除法作業流程圖	3-24
圖 4.1	2010.09-2010.12 氯鹽沉積速率	4-5
圖 4.2	2010.12-2011.03 氯鹽沉積速率	4-5
圖 4.3	2011.03-2011.06 氯鹽沉積速率	4-6
圖 4.4	2011.06-2011.09 氯鹽沉積速率	4-6
圖 4.5	四次調查之垂直海岸試驗線氯鹽沉積速率	4-7
圖 4.6	2010.09-2010.12 SO ₂ 沉積速率	4-12
圖 4.7	2010.12-2011.03 SO ₂ 沉積速率	4-12
圖 4.8	2011.03-2011.06 SO ₂ 沉積速率	4-13
圖 4.9	2010.06-2010.09 SO ₂ 沉積速率	4-13
圖 4.10	2010.09-2010.12 濕潤時間百分比	4-18
圖 4.11	2010.12-2011.03 濕潤時間百分比	4-18

圖 4.12	2011.03-2011.06 濕潤時間百分比	4-19
圖 4.13	2011.06-2011.09 濕潤時間百分比	4-19
圖 4.14	2012.09-2012.12 碳鋼腐蝕速率	4-34
圖 4.15	2012.12-2013.03 碳鋼腐蝕速率	4-34
圖 4.16	2013.03-2013.06 碳鋼腐蝕速率	4-35
圖 4.17	2013.06-2013.09 碳鋼腐蝕速率	4-35
圖 4.18	2012.09-2012.12 鋅腐蝕速率	4-36
圖 4.19	2012.12-2013.03 鋅腐蝕速率	4-36
圖 4.20	2013.03-2013.06 鋅腐蝕速率	4-37
圖 4.21	2013.06-2013.09 鋅腐蝕速率	4-37
圖 4.22	2012.09-2012.12 銅腐蝕速率	4-38
圖 4.23	2012.12-2013.03 銅腐蝕速率	4-38
圖 4.24	2013.03-2013.06 銅腐蝕速率	4-39
圖 4.25	2013.06-2013.09 銅腐蝕速率	4-39
圖 4.26	2012.09-2012.12 鋁腐蝕速率	4-40
圖 4.27	2012.12-2013.03 鋁腐蝕速率	4-40
圖 4.28	2013.03-2013.06 鋁腐蝕速率	4-41
圖 4.29	2013.06-2013.09 鋁腐蝕速率	4-41
圖 4.30	垂直海岸試驗線碳鋼腐蝕速率比較圖	4-42
圖 4.31	垂直海岸試驗線鋅金屬腐蝕速率比較圖	4-42
圖 4.32	垂直海岸試驗線銅金屬腐蝕速率比較圖	4-43
圖 4.33	垂直海岸試驗線鋁金屬腐蝕速率比較圖	4-43
圖 4.34	特定測站碳鋼腐蝕速率比較圖	4-44
圖 4.35	特定測站鋅金屬腐蝕速率比較圖	4-44

圖 4.36	特定測站銅金屬腐蝕速率比較圖	4-45
圖 4.37	特定測站鋁金屬腐蝕速率比較圖	4-45
圖 5.1	工業區標準化殘差次數分配直方圖	5-14
圖 5.2	沿海區標準化殘差次數分配直方圖	5-15
圖 5.3	工業區樣本殘差值常態機率分佈圖	5-16
圖 5.4	沿海區樣本殘差值常態機率分佈圖	5-17
圖 5.5	工業區殘差值與預測值交叉散佈圖	5-18
圖 5.6	沿海區殘差值與預測值交叉散佈圖	5-19
圖 6.1	現地試驗等位圖資料管理	6-2
圖 6.2	現地試驗資料整合管理	6-2
圖 6.3	氯離子新增資料顯示	6-3
圖 6.4	氯離子資料顯示(詳細)	6-4
圖 6.5	碳鋼(Fe)新增資料顯示	6-5
圖 6.6	碳鋼(Fe)新增資料顯示(詳細)	6-6
圖 6.7	腐蝕因子資料管理	6-7
圖 6.8	腐蝕因子資料管理-修改	6-7
圖 6.9	試驗地點資料管理	6-8
圖 6.10	試驗地點資料管理-修改	6-8
圖 6.11	選擇繪製趨勢圖之季度	6-9
圖 6.12	手動繪趨勢圖 vs 手動繪趨勢圖(季度)	6-9
圖 6.13	板狀試片腐蝕速率與腐蝕環境分類趨勢圖	6-10
圖 6.14	板狀試片現地試驗相片	6-11

表 目 錄

表 1-1	臺灣地區大氣腐蝕試驗相關研究歷程	1-4
表 2-1	迴歸模式的檢驗.....	2-11
表 3-1	氯鹽沉積速率調查試驗點規畫分類表	3-5
表 3-2	氯鹽沉積採集器安裝與採樣時間紀錄表	3-7
表 3-3	二氧化硫沉積速率調查試驗點分佈表	3-14
表 3-4	二氧化硫沉積採集器安裝與採樣時間紀錄表	3-15
表 3-5	金屬試樣安裝與採樣時間紀錄表	3-20
表 3-6	化學清洗法使用藥品及條件	3-24
表 3-7	濕潤環境分類表.....	3-26
表 3-8	氯鹽腐蝕環境等級分類表	3-26
表 3-9	二氧化硫腐蝕環境等級分類表	3-26
表 3-10	金屬大氣腐蝕環境分類表(以環境因子分類).....	3-27
表 3-11	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	3-28
表 4-1	氯鹽沉積速率表.....	4-3
表 4-2	二氧化硫沉積速率表	4-10
表 4-3	特定試驗位址之二氧化硫沉積速率計算結果	4-11
表 4-4	各試驗點濕潤時間百分比調查表	4-15
表 4-5	試驗點之大氣腐蝕環境分類表(依環境因子分析)	4-21
表 4-6	碳鋼金屬之腐蝕速率	4-24
表 4-7	鋅金屬之腐蝕速率	4-27

表 4-8 銅金屬之腐蝕速率	4-30
表 4-9 鋁金屬之腐蝕速率	4-39
表 5-1 碳鋼樣本敘述統計表	5-2
表 5-2 碳鋼相關性統計表	5-3
表 5-3 碳鋼腐蝕速率與環境因子相關顯著性排序	5-6
表 5-4 碳鋼模式摘要.....	5-8
表 5-5 碳鋼工業區迴歸檢定及係數分析	5-9
表 5-6 碳鋼沿海區迴歸檢定及係數分析	5-10
表 5-7 碳鋼標準化迴歸預測模式	5-12

第一章 前言

1.1 計畫目的

本研究計畫的主要目的為進行臺灣全島區域大氣腐蝕因子之調查與研究，並建立完整的大氣腐蝕因子資料庫，完成臺灣大氣腐蝕環境分類，以利日後新建與既有金屬或鋼筋混凝土結構物之防蝕設計與維護管理的依據。

1.2 計畫之重要性

臺灣為一海島，四面環海，高溫、高溼與高鹽份的環境，加上空氣污染的結果，腐蝕環境嚴重。歷年來公共工程建設常引用國外大氣腐蝕數據進行腐蝕速率評估與防蝕設計，結果常有未及設計年限就已銹蝕損壞的情形；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。

然而臺灣缺乏完整的本土化大氣腐蝕因子資料庫。自 1971 年起，國內各研究單位曾陸續以試片腐蝕速率的量測方式進行臺灣大氣腐蝕環境分類，然而因試驗場址維護不易，各地區鮮少有持續 10 年以上的腐蝕數據，且大部份的研究亦止於 1995 年。隨著氣候變遷與工業的發展，為達到結構物耐久性防蝕設計的目的，目前若仍引用過去腐蝕因子之調查數據，腐蝕速率的估算恐會產生過與不及的虞慮；有鑑於此，本所乃自 2007 年起至今規劃「臺灣地區大氣腐蝕劣化因子調查研究」計畫，擬長期針對臺灣全島區域進行大氣腐蝕劣化因子調查，完成臺灣大氣腐蝕環境的分類工作，並根據調查結果建立大氣腐蝕環境分類資料庫，規劃一適合國內環境需求的大氣腐蝕劣化因子查詢系統，以作為日後新建與既有金屬及鋼筋混凝土結構物之防蝕設計與維護管理的依據。

1.3 國內大氣腐蝕研究概況

臺灣地區從事大氣腐蝕試驗的眾多研究單位中以臺灣電力公司最早，自 1971 年起先後於金山、鹽寮、七美風力發電廠址等地進行二年期的金屬材料及塗料塗裝耐蝕性基本資料調查。金屬工業研究所(目前已併入工業技術研究院)在 1971 年左右亦曾在彰濱一帶從事塗裝耐蝕性暴露試驗調查。工業技術研究院工業材料研究所自 1983 年起與臺電公司合作在林口、澎湖、陽明山、大屯山及其它多處地點從事 1~5 年不等的金屬材料及塗裝系統之暴露試驗。臺灣大學自 1987 年起與臺灣電力公司合作探討腐蝕因子與金屬腐蝕率之關係。中華電信研究所在 1984 年曾進行為期二年之暴露試驗，探討保安盒外殼中密度聚丁烯、及鍍鋅、鍍鋁、55% 鍍鋁鋅鋼絞線的耐久性及其耐蝕性。中國鋼鐵公司約自 1990 年起配合鋼材開發需求，開始從事較有系統之鋼鐵材料大氣耐蝕性試驗，數據累積已有 10 年以上。中山科學研究院於 1987~1990 年在臺北市各區利用 A.C.I、M.C.I、I.C.I 等三種腐蝕指標試驗裝置，廣泛調查臺北市各地大氣腐蝕類性變化。綜合言之，1990 年以前各單位從事現地大氣腐蝕暴露試驗的研究頗多，可惜無系統性的調查，數據多為定性或半定量且較無長期試驗數據，以致在試驗結果上整合困難，難以轉化成基本資料。

2001 年，工業技術研究院材料與化工研究所受內政部營建署委託執行「臺灣地區結構物腐蝕潛勢分區研擬」計畫，主要工作內容為協助規劃全國大氣腐蝕試驗(含試驗項目、試驗場址選擇等)，惟一年後因經費問題而未執行相關試驗工作。2004 至 2005 年，工研院材化所協助臺灣高鐵公司進行高鐵沿線大氣腐蝕調查工作，評估熱浸鍍鋅鋼材與軌道碳鋼扣件之大氣腐蝕狀況並進行服務壽命計算；有別於現地大氣腐蝕暴露試驗，工研院材化所於計畫執行期間首次採用 ISO 9223^[1]環境因子分類方法，依據中央氣象局公佈之相對濕度資料、環保署公佈之 SO₂ 濃度與過去各單位調查研究之氯離子沉積速率，進行臺灣本島大氣腐蝕環境分類，並比較過去現地暴露試驗之結果。惟估算時使用之氣象與空氣污染資料僅止於 2000 年，且無 SO₂ 與氯鹽沉積量之實際

量測數據，因此多數地區僅推估出一概括性的大氣腐蝕環境分類。因此本所於 2007 年 3 月至 2009 年 10 月委託工研院材化所執行「臺灣地區大氣腐蝕劣化因子調查研究」，針對臺灣全島地區進行大氣腐蝕劣化因子調查，建置氯鹽沉積量調查 77 個試驗點，二氧化硫沉積量調查 54 個試驗點，現地暴露試驗調查 87 個試驗點，進行試驗取樣與分析工作。

並於 2009 年 7 月持續執行本研究「大氣腐蝕因子調查及腐蝕環境分類之研究」。國內大氣腐蝕研究歷程如表 1-1 所示。

表 1-1 臺灣地區大氣腐蝕試驗相關研究歷程

研究單位	測試材料	測試地點	研究期間	
臺灣電力公司	Carbon steel, Stainless steel, Galvanized steel, Al, Al alloy, Cu, Cu alloy	金山 (核一廠)	1971.12-1974.7	
		澎湖	1984.9-1985.8	
		土城	1984.7-1986.6	
		林口發電廠	1988.5-1990.4	
	Thermal spray of Zn, Al, Cu, Zn/Al, Cu/Zn on carbon steel	澎湖, 陽明山, 林口發電廠	1989.1-1990.12	
工業技術研究院	Carbon steel with and without painting	林口發電廠	1983.7-1987.6	
		澎湖	1984.7-1987.6	
		金山- 汐止	1984.7-1985.6	
	Carbon steel and weathering steel with and without painting	臺西	1984.11-1987.6	
	Carbon steel, 304, 316 Stainless steel, Cu, Al, Zn, and thermal spray of Al, 5/95 Al/Zn on carbon steel	陽明山	1986.7-1987.6	
	Carbon steel, Stainless steel, Weathering steel, Galvanized steel, Al alloy, Cu alloy, etc.	陽明山, 頭城, 樹林, 新竹, 臺中港, 奮起湖, 興達電廠, 高雄, 花蓮, 澎湖	1987.7-1992.6	
	Carbon steel, Zn, Al, Cu (ISO 9226)	竹東, 小港, 佳洛水, 麥寮, 枋山, 斗南, 臺東, 大武, 新營, 土城, 以及 1987 至 1992 之測試地點	1992.7-1995.6	
	依據 ISO 9223 環境因子分類方法, 使用中央氣象局公佈之相對濕度資料、環保署公佈之 SO ₂ 濃度與過去各單位調查研究之氯離子沉積速率數據, 進行臺灣本島大氣腐蝕環境分類			2004-2005
	執行交通部運研所港灣技術研究中心委託「臺灣地區大氣腐蝕劣化因子調查研究」計畫			2007.3-2009.10

研究單位	測試材料	測試地點	研究期間
中華電信研究所	Galvanized steel wire (Class A, B, C), Al-coated steel wire	澎湖, 基隆, 北投, 高雄, 屏東, 臺東	1984-1986
臺灣大學	SS41, Zn and Zn/Al galvanized steel, 304 Stainless steel, Cu, 953 Cu alloy, Al, 356 Al alloy	蘇澳港, 臺北市, 頭城, 宜蘭, 高雄, 臺中港, 林口發電廠, 興達電廠, 通霄發電廠	1987.5-1990.1
成功大學	SS440, Weathering steel, 304, 430 Stainless steel, Zn and Zn/Al galvanized steel, Cu and Cu alloy	臺南市, 安平工業區	1998.4-2001.4
中國鋼鐵公司	Carbon steel, Weathering steel	中山大學, 中鋼, 新竹	1990.8-present
	Carbon steel, Weathering steel, Galvanized steel	中山大學, 中鋼, 新竹, 樹林, 林口電廠	1993.12-present
交通部運研所 臺灣技術研究中心	大氣腐蝕因子調查及腐蝕環境分類之研究 (1/4)	氯鹽沉積量調查 61 個試驗點, 二氧化硫沉積量調查 51 個試驗點, 現地暴露試驗調查 87 個試驗點	2010.07- 2011.12
交通部運研所 臺灣技術研究中心	大氣腐蝕因子調查及腐蝕環境分類之研究 (2/4)	氯鹽沉積量調查 61 個試驗點, 二氧化硫沉積量調查 51 個試驗點, 現地暴露試驗調查 87 個試驗點	2012.01-2012.12
交通部運研所 臺灣技術研究中心	大氣腐蝕因子調查及腐蝕環境分類之研究 (3/4)	氯鹽沉積量調查 60 個試驗點, 二氧化硫沉積量調查 49 個試驗點, 現地暴露試驗調查 87 個試驗點	2013.01-2013.12

1.4 計畫工作目標

由於外業取得樣品，牽涉龐大化學分析微量變化試驗及數據之品管及相關圖表繪製整理，因此本年度整理自 2012.07 至 2013.09 期間試驗數據，完成的工作如下：

1. 國內外大氣腐蝕文獻蒐集整理分析。

2. 大氣腐蝕因子調查建置：

調查範圍涵蓋臺灣全島區域之試驗場址(點)選定及相關試樣擺放；包含垂直海岸線與平行海岸線之調查規劃，調查區域的選擇須有腐蝕環境分類之代表性(如海洋區、工業區、城市區、鄉村區、鐵公路沿線等)，最終可繪製各腐蝕因子之等位圖。

3. 腐蝕因子調查項目：

包括氣象資料相對溼度、氯鹽(Cl⁻)與二氧化硫(SO₂)沉積量之調查，藉以分析季節與區域之關聯性。目前已建置氯鹽沉積量調查 60 個試驗點，二氧化硫沉積量調查 49 個試驗點。

4. 現地暴露試驗：

針對碳鋼、鋅、鋁、銅四種金屬，選擇適當位置進行現地暴露試驗，建立腐蝕速率與大氣腐蝕因子之資料庫，目前已建置 87 個試驗點。

5. 資料蒐集與分析：

完成氯鹽沉積速率、二氧化硫沉積量與金屬現地暴露試驗四次現地取樣及試驗調查分析工作並繪製等位圖。

6. 完成碳鋼金屬材料與大氣腐蝕因子關聯性研究。

7. 完成大氣腐蝕環境分類資料庫之現地試驗資料管理、腐蝕因子資料管理、試驗地點資料管理新增及資料建置研究。

第二章 文獻回顧

2.1 大氣腐蝕測試規範

2.1.1 國外 ISO 大氣腐蝕環境分類

大氣腐蝕測試工作有系統之進行，最早可溯及美國 ASTM 的 D-1 及 A-1 兩委員會自 1906 年起分別測試塗料塗裝及金屬被覆之鋼鐵產品，自此開始美國便陸續展開數個二十年計畫分別測試當時最新產品的大氣腐蝕耐蝕性及耐久性。國際標準化組織-ISO 於 1985 年起於全球 13 國 47 處地點進行大氣腐蝕暴露試驗，根據這試驗工作成果，於 1992 年發佈 ISO 9223^[1] (大氣腐蝕性分類)、ISO 9224^[2] (各腐蝕環境中腐蝕率指標值)、ISO 9225^[3] (污染量量測方法)、及 ISO 9226^[4] (標準試片腐蝕率量測方法) 四項標準規範，根據這四項規範，只要在欲工作地點從事一年期之標準試片腐蝕率量測或潤濕時間量測及總污染量量測，根據量測結果，即可定義該處的腐蝕環境區分，再根據對照表即可得到該腐蝕環境區分之腐蝕率指標值。換句話說，ISO 9223 大氣腐蝕性分類標準是根據金屬標準試片在某環境中進行自然暴露試驗所得之腐蝕速率，或綜合某環境中大氣污染物濃度和金屬表面潤濕時間而進行分類，其中，潤濕時間(τ , Time of Wetness)是以全年中溫度高於 0 °C，相對濕度大於 80% 之小時數或百分比來區分，環境中大氣污染物濃度的嚴重性則是以 SO₂ 沉積速率或濃度與氯化物(海鹽)沉積速率分別進行區分，之後，將環境之腐蝕性依污染量或最初第一年之腐蝕率大小，分為 C1, C2, C3, C4 與 C5 五個等級，C1 表示腐蝕性非常低(very low)，C2 表示腐蝕性低(low)，C3 表示腐蝕性中等(medium)，C4 表示腐蝕性高(high)，C5 表示腐蝕性非常高(very high)。整體流程如圖 2.1 所示。

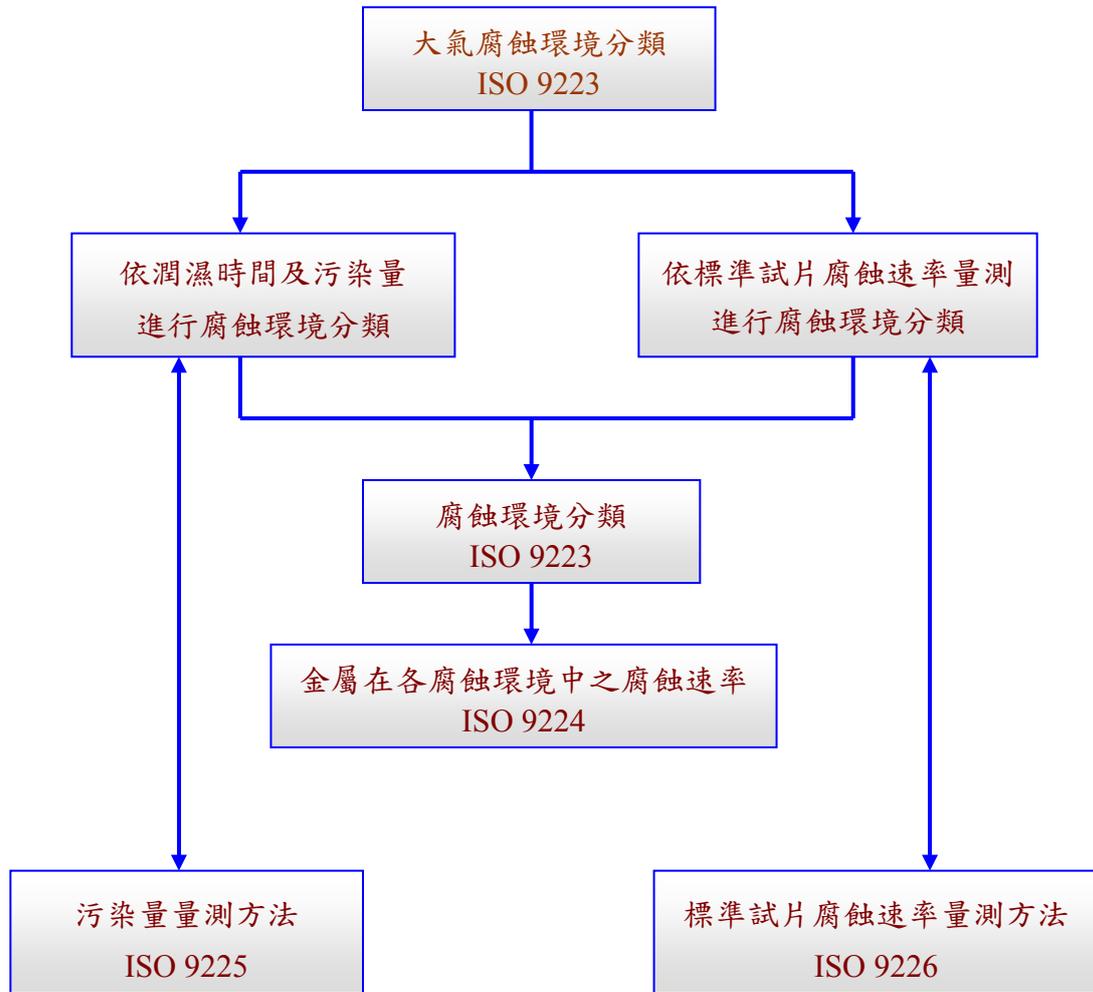


圖 2.1 ISO 大氣腐蝕環境分類

2.1.2 國外 CLIMATE TEST 大氣腐蝕環境分類

依據 ISO 9226 量測大氣腐蝕速率有兩種方式，板狀試片與螺旋狀金屬試片，板狀試片是傳統的量測方式，而螺旋狀試片 - CLIMATE TEST 則是源自貝爾實驗室(原名為 “Wire-on Bolt Test”)，其目的為用以研究偶合金屬在戶外環境的腐蝕行為，ASTM G116-93^[5]規範為標準測試方式。CLIMATE 是取 Classify Industrial and Marine Atmospheres 的字首，而其測試試片是由兩種不同異金屬(Bi-metallic)所組成，即將細金屬線纏繞在螺桿上產生腐蝕電池，並暴露在大氣環境中約 3-6 個月後，再以細金屬線的重量損失率來評估當地的大氣腐蝕行為。通常金屬線是使

用鋁線(AA-1050)纏繞在螺桿上，或者纏繞成螺旋狀，製作規格是螺旋狀直徑為 2.5cm、鋁線直徑 0.89mm、長度約 90cm、螺桿長度 10cm、直徑 1.27cm、螺牙規格 1/2 UNC。由於鋁線與銅桿在工業性大氣腐蝕環境中有較高的靈敏度，因此取 Al-Cu 組合為工業性環境腐蝕指標，簡稱 I.C.I. (Industrial Corrosivity Indices)。在海洋性大氣腐蝕環境中則以鋁線繞在鐵桿的靈敏度較高，取 Al-Fe 組合作為海洋性環境腐蝕指標 M.C.I. (Marine Corrosivity Indices)，另外 Al 線纏繞成螺旋狀(Al-Coil)及 Al 線繞在塑膠螺桿(Al-Plastic)定為 Al 線在大氣環境的腐蝕指標 (Al-A.C.I.)。每一測試裝置是由 Al-Fe、Al-Coil、Al-Plastic、Al-Cu 等四個不同組合單元所組成，並且均固定在一方形塑膠板上，如圖 3.2 所示；再依據腐蝕指標的高低，將大氣環境區分為腐蝕性"可忽略 (Negligible)"，"輕微(Moderate)"，"輕微嚴重(Moderate Severe)"，"嚴重 (Severe)"，與"較嚴重(Very Severe)"等五級。

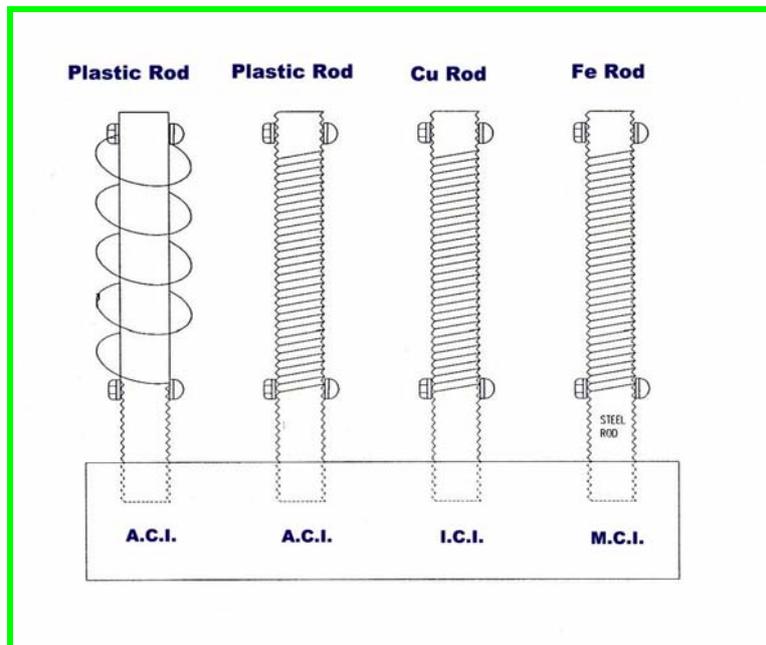


圖 2.2 CLIMATE TEST 大氣腐蝕測試

2.1.3 中華民國國家標準 CNS 規範

有鑑於大氣腐蝕測試的重要，經濟部標準檢驗局於民國 83 年起依據國際標準化組織-ISO 規範(ISO 9223、ISO9224、ISO 9225、ISO 9226、ISO8565^[6])，制定一系列之「金屬及合金之腐蝕-大氣腐蝕性」國家標準 CNS 規範，包括 CNS13401^[7]金屬及合金之腐蝕-大氣腐蝕性之分類，CNS13753^[8]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)，CNS13754^[9]金屬及合金之腐蝕-大氣腐蝕性(污染之測定)，CNS14122^[10]金屬及合金之腐蝕-大氣腐蝕-試片腐蝕生成物清除法，CNS14123^[11]金屬及合金之腐蝕-大氣腐蝕測試(現場測試之一般要求)等五項規範。其中針對大氣腐蝕劣化因子所須的環境資料，於 CNS14123 中規定，須具備氣溫(°C)、相對濕度(%)、降雨量(mm/day)、日照幅射的時間及強度、二氧化硫沉積量(CNS 13754，mg/m²/day or μg/m³)、與只適用於海邊測試場地之氯鹽沉積速率(CNS 13754，mg/m²/day)等參數；其他因素，如降雨時間、濕潤時間、風速及風向、雨水 pH 值、氣體量及特殊的污染物等，皆可依測試條件的要求而加以蒐集量測。此外，在進行戶外暴露實驗時，因開始暴露的季節不同會造成腐蝕速率的不同，所以 CNS14123 中建議，長期或短期的暴露測試應在腐蝕速率最高的時期(如春、秋季)開始進行。

2.2 大氣腐蝕因子介紹

大氣腐蝕依腐蝕反應可分為化學與電化學反應。在乾燥無水的大氣環境中，金屬表面因氧化、硫化而造成變色或失去金屬光澤等，是為化學腐蝕，而其它劣化行為，則多為電化學反應。即金屬表面為薄層電解液下的腐蝕過程，電解液薄膜是由空氣中的水分於金屬表面吸附、凝聚、及溶有空氣中污染物質所形成，陽極反應為金屬的溶解和水化反應，陰極反應為氧的還原反應，其反應過程如下：



式中，M 代表金屬， M^{n+} 為 n 價金屬離子， $M^{n+} \cdot xH_2O$ 為金屬離子化水合物。

陰極反應：在中性或鹼性介質中， $O_2 + 2H_2O + 4e^- \rightarrow 4OH^-$(2-2)

酸性介質(如酸雨)中， $O_2 + 4H^+ + 4e^- \rightarrow 2H_2O$(2-3)

由於水、氧在水膜間的擴散率、大氣中的氯離子含量、以及空氣中的污染物質如 SO_2 、灰塵等，均會影響金屬在大氣中的腐蝕速率，這些腐蝕因子在金屬大氣腐蝕過程中所扮演的角色如下^[12]：

1. 水

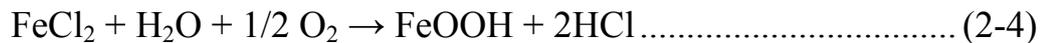
水是引起大氣腐蝕最重要的因素。經驗顯示，唯有當大氣的相對濕度高於某一臨界值時，大氣腐蝕才會發生；因此大氣腐蝕也是一種電化學腐蝕，在特別乾燥地區，大氣腐蝕幾乎不會發生，但在熱帶潮濕地區，腐蝕速率相對較高。大氣腐蝕中，水是以液狀薄膜附著於金屬表面，水固化成冰時，大氣腐蝕便停止。由於雨水、霧氣等是液膜的主要來源，但雨水扮演的角色較複雜，它可能會帶來高溶解度物質而加速腐蝕速率，但也可能沖走一些附著的腐蝕性物質而抑制腐蝕；同時，它亦可能沖走一些具有保護作用的腐蝕生成物，進而加速腐蝕。由霧氣所生成的液膜雖薄，但因氧氣及其他腐蝕性物質的飽和性，反而具有較強的腐蝕性。

2. 氧

當金屬發生大氣腐蝕時，表面液膜很薄，氧氣容易到達陰極表面，且氧的平衡電位較氫為正，所以，金屬在有氧存在的溶液中，首先發生的反應為氧的還原反應。此外，在大氣腐蝕的條件下，氧通過液膜到達金屬表面的速度很快，所以液膜愈薄，擴散速度愈快，陰極氧的還原反應將促使陽極反應繼續進行；但當液膜未形成時，氧的陰極還原反應將無法進行。

3. 氯離子

氯化物在金屬表面上有助於在較低的相對濕度形成液膜，其在腐蝕過程中會阻止氧化膜(oxide films)的形成，進而有助於陰極上氧的還原反應；然而當金屬表面已有氧化膜或鈍態膜存在時，氯離子會破壞鈍態膜，造成孔蝕。Cl⁻與鐵的作用較特別，由於 FeCl₂ 不是緊密結合之化合物，所以 Cl⁻很容易從氯化亞鐵中釋放出來，再與其他金屬作用，進而加速腐蝕反應。過程如下：

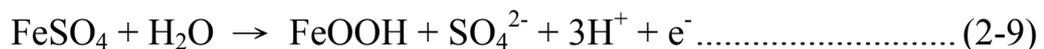


4. 空氣中的污染物質 SO₂

SO₂ 在水溶液中具有極高的溶解度(16.2g SO₂/100g H₂O)，且 SO₂ 與 O₂ 作用形成 SO₄²⁻再和鐵循環作用，將會加速腐蝕反應。Florionovich 等人指出^[13]，在固定電極電位時，陽極溶解溶解電流是 [OH⁻]與[SO₄²⁻]的共同函數，在含 SO₂ 的大氣中，腐蝕反應步驟如下：



由於 FeSO₄ 會與 H₂O 作用生成 FeOOH，而釋放出來的 SO₄²⁻則再次與 FeOH 作用：



因而加速腐蝕反應。

5. 灰塵

不同地區的灰塵有不同的成份，在鄉村地區通常是來自地表的有

機或無機物質，而在都市或工業地區則含有高濃度的工業污染物質及水溶性無機物質，如 SO_2 ， NO_2 等。灰塵將有助於液膜在較低相對濕度下於金屬表面生成。

2.3 影響大氣腐蝕的因素

1. 大氣的相對濕度

大氣腐蝕是一種水膜下的電化學反應，空氣中水分在金屬表面凝聚生成水膜，與空氣中氧氣通過水膜進入金屬表面，是產生大氣腐蝕的基本條件。水膜的生成與大氣中的相對濕度密切相關，相對濕度的定義是指在某一溫度下，空氣中的水蒸氣含量與在該溫度下空氣中所能容納的水蒸氣最大含量之比值。由於不同物質或同一物質的不同表面狀態，對於大氣中水分的吸附能力不同，因此，當空氣中相對濕度到達某一臨界值時，水分將在金屬表面形成水膜，促使電化學反應產生、腐蝕速率增加，此時的相對濕度值稱為金屬腐蝕臨界相對濕度，如鐵的腐蝕臨界相對濕度為 65%^[14]。此外，空氣中相對濕度還影響金屬表面水膜厚度與乾濕交替的頻率；如金屬表面有較薄的水膜存在時，大氣中的氧容易擴散至金屬表面，加速腐蝕；當水膜變厚時，氧的擴散阻力增加，腐蝕速率下降。

2. 表面潤濕時間

依國際標準 ISO 9223 的定義，表面潤濕時間是指產生大氣腐蝕的電解質膜，以吸附或液態膜型式覆蓋在金屬表面上的時間；潤濕時間愈長，腐蝕總量愈大。而金屬表面的潤濕，則是由露水、雨水、高濕度水分凝聚、甚至溶化的雪水所引起。

3. 日照時間

日照的紫外光會促使高分子材料及塗層老化，因此日照時間對於高分子材料及塗層，關係較為密切；但對金屬材料而言，日照時間長，將使金屬表面水膜消失，降低表面潤濕時間，腐蝕總量減少。

4. 氣溫

溫度的變化能影響金屬表面水蒸氣的凝聚、水膜中各腐蝕氣體和鹽類的溶解度、水膜電阻、以及腐蝕過程中陰、陽極的反應速度。一般而言，當相對濕度低於金屬臨界相對濕度時，溫度對大氣腐蝕的影響很小，即無論氣溫多高，因環境乾燥，金屬腐蝕輕微；但當相對濕度達到金屬臨界相對濕度時，溫度每升高 10 °C，反應速率增加為原來之 2 倍。

5. 降雨

降雨對大氣腐蝕有兩種影響，一方面因降雨增加，大氣中的相對濕度增加，延長了金屬表面的潤濕時間，同時也因降雨的沖刷，破壞了金屬表面腐蝕產物的保護性，加速大氣腐蝕；但另一方面，因降雨沖洗掉金屬表面的污染物與灰塵，減少了液膜的腐蝕性，減緩大氣腐蝕。此外，工業大氣中的雨水溶解了空氣中的污染物，如 SO₂、Cl 等，亦加速大氣腐蝕的產生。

6. 風速與風向

風速對表面液膜的乾濕交替頻率有一定的影響，在風沙環境中，風速過大對金屬表面會有磨耗作用。而在污染源的環境中(如工廠的排煙、海邊的鹽粒子)，風向會影響污染物的傳播，直接關係到大氣腐蝕速率。

7. 降塵

固體塵粒對腐蝕的影響可分為 3 類：(1)塵粒本身具有可溶性與腐蝕性，當溶解於液膜中時，成為腐蝕性介質，(2)塵粒本身無腐蝕性，亦不溶解(如碳粒)，但它能吸附腐蝕物質，當溶解於液膜中時，加速腐蝕反應，(3) 塵粒本身無腐蝕性與吸附性(如沙粒)，但落在金屬表面，可能使沙粒與金屬表面間形成縫隙，易於水分凝聚，產生局部腐蝕。

2.4 相關分析

相關分析利用雙變項資料(bivariate-data)通常可以研究相關(Correlation)和預測(Prediction)的問題^[15]。相關是指兩個變項之間關聯的強度。瞭解相關，通常有二種方式，一為繪製資料散佈圖，另為計算相關係數。而當兩變項有相關存在時，則可進行簡單迴歸分析，通常可由一個自變項(預測變項，X)，來預測一個依變項(被預測變項，或效標變項(criterion-variable)，Y)。

兩組資料之間的關係分析，可以用相關係數來表示，這種分析方法即為相關分析。相關分析的表示有二種型式^[16]：一為繪散佈圖，二為計算相關係數，以表示相關程度及方向。相關分析中沒有自變數和依變數的區分，根據分析變數的個數，相關程度與方向可分成下列種類：

1. 以變數個數區分：

簡單相關—只探討二個變數之間的關係。

複相關(多元相關)—探討三個以上的變數之間的相關。

2. 以線性或非線性關係來區分：

線性相關—兩變數間的相關情形可用直線來描述的。

非線性相關—無法用直線來描述變數間的關係時，其相關情形即為非線性相關，亦稱曲線相關。

3. 以相關程度區分：

函數關係—兩變數間的相關可用一直線或曲線完全表示時，其相關係數為1者稱完全正相關，相關係數為-1者稱完全負相關。

統計相關—相關係數介於0和-1或1之間。零相關—兩變數間完全不具任何關係者，相關係數為零。

以相關方向來區分：正相關：兩變數之間的相關情形為同時增加或同時減少。相關係數介於0~1之間。

負相關：一變數增加另一變數即減少。相關係數介於 0~-1 之間。

顯著性水準：一般認為 0.05 水準是典型相關最低要求的顯著水準，0.05 水準和 0.01 水準是一般可接受的水準。

相關分析在許多調查研究中，我們常常需要就實驗中的每一實驗單位觀察兩個或兩個以上的變數，以決定是否可以從其他的變數衡量預測另一主要變數的情形。相關分析是利用來衡量兩個隨機變數之間“直線關係”的方向與強弱程度，在某些狀況下，決策制定者對二變數之關係的方程式的關切，可能不如其對二變數之關係程度的關切。在這種情形下，我們可以使用相關分析來決定二變數之間關係的強度（在相關分析裡， X 與 Y 均假設為隨機變數）。相關分析的結果為一稱為相關係數(correlation coefficient)的數字。由於其定義，相關係數的值恆介於-1 與+1 之間。+1 表示 X 與 Y 為完全正向線性相關；換句話說，所有的點落於斜率為正的直線上。-1 表示 X 與 Y 為完全負向線性相關；換句話說，所有的點落於斜率為負的直線上。若相關係數的值非常接近零，則表示 X 與 Y 無線性關係。

2.5 迴歸分析

迴歸分析就是一種統計分析的方法，主要在了解自變數 (independent variable) 與依變數 (dependent variable) 間之數量關係。它的主要用處，是尋找兩個或兩個以上的變數之間的相互變化的關係^[17]。依自變數多寡分類：簡單迴歸分析 (Simple regression analysis) 與複迴歸分析 (Multiple regression analysis)。

1. 簡單迴歸分析

最簡單的迴歸，只包括了一個依變數 和一個自變數，通常可由一個自變項(預測變項： X)，來預測一個依變項(被預測變項： Y)。而我們假設它們之間的關係是直線，以下茲就在簡單迴歸分析中，常見的基本名稱加以說明：迴歸線方程式：

$$Y = a + bX \dots\dots\dots (2-1)$$

在 2-1 式中 Y ：被預測變項 X ：預測變項 a, b ：迴歸係數標準化迴歸線方程式：

$$Z_Y = \beta Z_X \dots\dots\dots (2-2)$$

在 2-2 式中 Z_Y ：標準化被預測變項 Z_X ：標準化預測變項

β ：標準化迴歸係數迴歸模式的檢驗，如表 2-1 所示。

表 2-1 迴歸模式的檢驗

	平方和 SS	自由度 df	平均平方 和 MS	F 檢定
迴歸模式 Treatments	SS_{REG}	p	$MST = \frac{SST}{p}$	$F = \frac{MS_{REG}}{MSE}$
誤差 Error	SS_E	$n - p - 1$	$MSE = \frac{SSE}{n - p - 1}$	
全體 Total	SS_{TOTAL}	$n - 1$		

註： n 為樣本數； p 為迴歸線中不包括截距的參數個數。

決定係數(R^2)：表示由 X 變項能正確預測 Y 變項之變異數的百分比。

2. 複迴歸分析(或稱多元迴歸分析)

複迴歸分析(multiple-regression-analysis)是簡單相關的一種延伸應用，用以瞭解一組預測變項和一個效標變項的直線關係：當效標變項僅一個，而預測變項僅一個時，稱為簡單迴歸，當效標變項僅 Y 一個，而預測變項二個以上時，則稱為單變項複迴歸(或多元迴歸)。

通常，我們利用複迴歸分析，可以解決下列的問題：(1)找出一個線性組合，簡潔說明一組預測變項 X_i 與一個效標變項 Y 的關係。(2)關係的強度有多大，即利用預測變項線性結合來預測效標變項的能力如何。(3)整體關係是否具有統計上的顯著性。(4)在解釋效標

變項的變異方面，那些預測變項最為重要；特別是在原始模式中的變項數目能否予以減少而仍具有足夠的預測能力。

3. 選取預測變項的方法：

建立迴歸模式時，一方面希望包含較多的預測變項，以求得較準確之預測；另一方面，基於經費及控制程度的考慮，希望模式中的預測變項數目能儘量減少。基於這二方面的考慮，我們希望能以較少的預測變項，達到足以解釋整個模式的變異程度。通常選取預測變項的方法可分兩大類：一為同時分析法，一為逐步選取法。同時分析法(simultaneous)是指將所有的自變數同時納入迴歸方程式當中。逐步分析法(stepwise)是指所有的預測變數並非同時被取用來進行預測，而是依據解釋力的大小，逐步地檢視每一個自變數的影響。

(1)同時分析法：同時分析法又分為強行進入法與強制去除法：

(a)Enter(強行進入法)：乃對任何自變數皆不予以篩選，而是全部納入迴歸模型中。

(b)Remove(強制去除法)：即按照篩選標準將同一個區塊內的變數一次全部去除，是一種將變數只出不進的選入方法。

(2)逐步選取法：可分為：

(a)順向選擇法(FORWARD)：在每一次選擇的步驟中，選出一個變項，對模式的貢獻最大者，進入迴歸方程式中，並對尚未進入迴歸程式的預測變項加以考驗，以決定某一個預測變項是否有資格被納入迴歸模式中。而進入的標準為是否具有最小 F 機率值。

(b)反向淘汰法(BACKWARD)：首先將所有預測變項放入迴歸方程式中，而後在每一次淘汰的步驟中，剔出一個變項，對模式的貢獻最小者，並對留在迴歸方程式中的預測變項加以考驗，以決定某一個預測變項是否應繼續被保留在迴歸模式中。而剔除的標準為是否具有最大 F 機率值。

- (c)逐步迴歸法(STEPWISE)：是傾向選擇法與反向淘汰法的綜合。首先模式中不包含任何預測變項。然後採順向選擇法，根據對模式的貢獻最大者，挑選預測變項進入迴歸模式中。而在每一步驟中，已被納入模式的預測變項則必須再經過反向淘汰法的考驗，以決定該變項要被淘汰亦或留下。逐步迴歸法的進入標準(F 機率值)為 0.15，剔除標準則為 0.15。
- (d)最大 R^2 法：亦即採取最大 R^2 ，依次導出在預測變項數目逐一增加時，選出各個最佳的迴歸方程式。
- (e)最小 R^2 法：亦即採取最小 R^2 ，依次導出在預測變項數目逐一增加時，選出各個最佳的迴歸方程式。

第三章 研究方法及進行步驟

本計畫主要工作項目為大氣環境腐蝕因子調查與腐蝕環境分類資料庫的建立，研究流程如圖 3.1 所示。

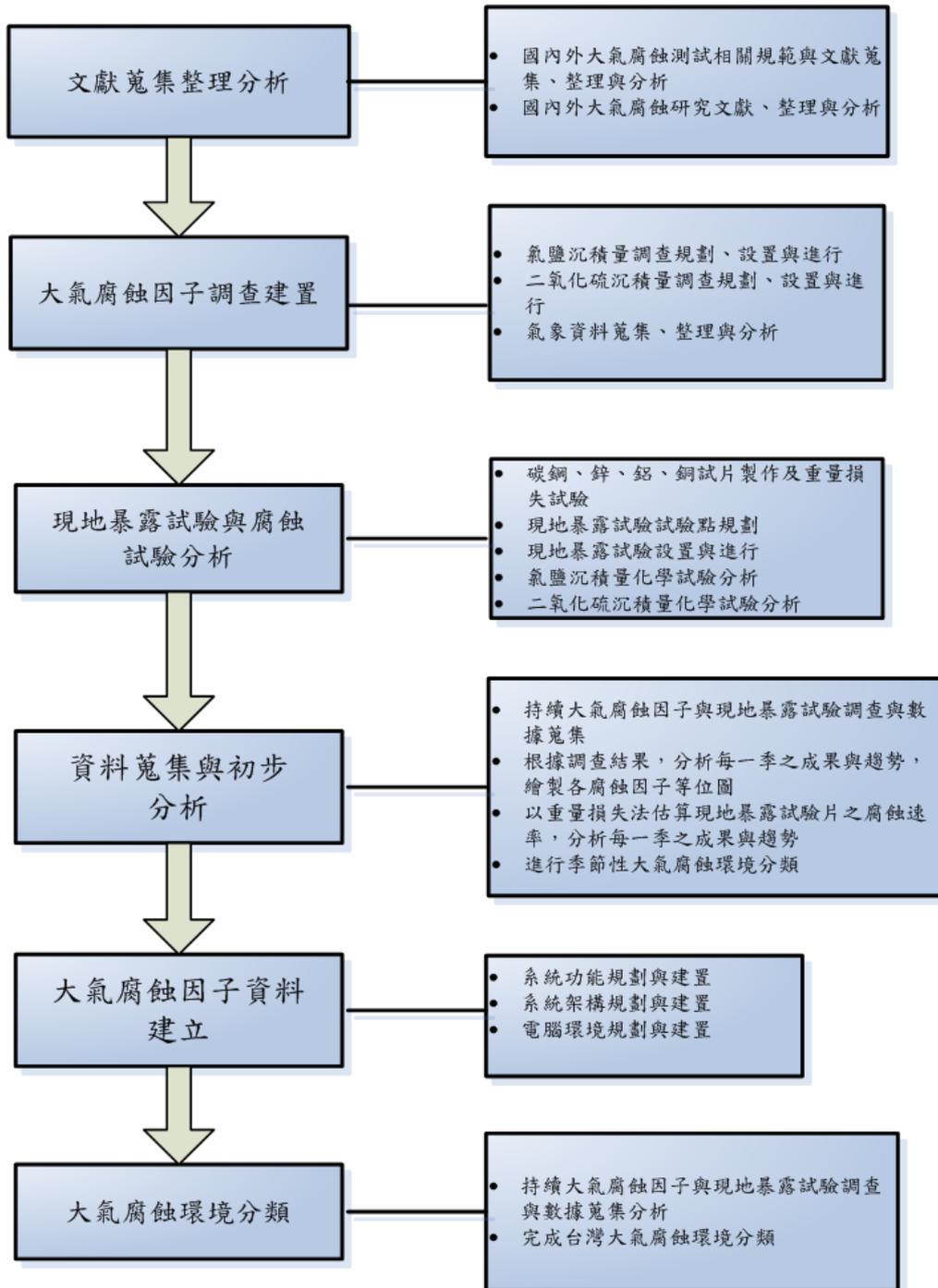


圖 3.1 研究作業流程圖

3.1 國內外大氣腐蝕文獻蒐集整理分析

本年度將持續蒐集國內外大氣腐蝕測試之相關規範與文獻，包括 ISO、ASTM、CNS 等，整理分析相關要點與腐蝕速率估算方式。此外，針對國內各研究單位過去執行之大氣腐蝕調查數據進行分析，比較臺灣過去與目前大氣腐蝕因子與腐蝕速率變化的趨勢，獲得適用於本土環境大氣腐蝕防蝕應用之依據。

3.2 大氣腐蝕因子調查建置

大氣腐蝕因子調查項目包括相對溼度、氯鹽(Cl⁻)與二氧化硫(SO₂)沉積量之調查。相對溼度屬於氣象因子數據，由中央氣象局與相關研究單位之調查資料蒐集分析。

3.2.1 氯鹽沉積速率調查

本研究試驗場址(點)的選定包含垂直海岸線與平行海岸線之規劃，且具有腐蝕環境分類之代表性(如海洋區、工業區、城市區、鄉村區、鐵公路沿線等)，選擇方式如下：

1. 以中央氣象局設有氣象站之附近區域為佳，如此可取得最接近、最相似的氣象變化資料。
2. 足以代表本島特殊氣候的不同類型氣候區，如鹽害區、受季風影響最嚴重的氣候區、交通頻繁之都市地區、工業區、或鹽害與硫害較為輕微但相對溼度與溫度變化較大的山地氣候區等。
3. 本島工程建設較多、人口與橋梁數量較為密集的地區，如西部路廊。
4. 濱海氣候區。

為選擇長期、固定及安全的試驗場址，本計畫協調交通部港務局、交通部公路總局、交通部鐵路管理局、行政院海岸巡防署海岸巡防總局、經濟部工業局工業區服務中心、內政部營建署國家公園管理處、

臺灣高速鐵路股份有限公司、臺北自來水事業處、臺灣電力公司、臺灣中油公司、中鋼公司、臺塑石化股份有限公司與學校，於各機關所屬單位內設置大氣腐蝕試驗裝置，合計共有 87 個試驗點。其中，氯鹽沉積量調查有 60 個試驗點，二氧化硫沉積量調查有 49 個試驗點，現地暴露試驗調查共有 87 個試驗點，各試驗點所在位置之經緯度、高程與距海岸線的距離如附件一所示；表中，Cl 表示氯鹽沉積量調查位置，SO₂ 表示二氧化硫沉積量調查位置，Exp. 則表示現地暴露試驗調查之位置。

3.2.2 氯鹽沉積速率試驗點

本研究以垂直海岸線落鹽量之調查，自距離海岸線 3 km 為邊界，即垂直海岸線試驗點的佈設以離海岸線距離，朝內陸沿一條直線設置，每條測線以離海岸線算起，分別約於臨海、100m、300m、1 km、3 km 之距離處設置試驗點。全島共規劃 8 條調查路線，設置站址共 41 處，如下：

1. 東北季風海域(基隆)：基隆試驗線，包括碧砂安檢所 1 處、海洋大學 1 處共 2 處。
2. 西北季風海域(桃園)：桃園試驗線，包括大潭電廠 2 處與觀音工業區 1 處，共 3 處。
3. 中部地區海域(臺中)：臺中港試驗線，包括臺中港區內 1 處、港研中心 1 處與市區民宅 1 處，共 3 處。
4. 中部工業區海域(雲林)：臺塑六輕麥寮工業區試驗線，包括六輕工業區內 5 處。
5. 西南部地區海域(高雄)：高雄港試驗線，包括高雄港區內 4 處與過港隧道管理中心 1 處，共 5 處。
6. 南部地區海域(恆春)：核三廠試驗線，包括核三廠區內 4 處共 4 處。
7. 東北部地區海域(宜蘭)：蘇澳港試驗線，包括蘇澳港區內 2 處、蘇澳市區民宅 1 處與龍德工業區 1 處，共 3 處。

8. 東部地區海域(花蓮)：花蓮港試驗線，包括花蓮港區內 2 處、市區加油站 1 處共 3 處。

另外為使試驗點之數據可作內插推算，於上述調查路線之垂直方向，即沿臺灣南北向再規劃西部二條、東部一條試驗線。臺灣西部之試驗線一為西部濱海沿線，另一則為臺灣高鐵沿線；西部濱海沿線試驗點包括：臺北港監測站、桃園永安安檢所、新竹漁港安檢所、臺電通霄電廠、苗栗外埔安檢所、臺中五甲安檢所、臺電臺中電廠、彰濱工業區、彰化王功安檢所、嘉義東石安檢所、臺南成大安南校區水工試驗所、高雄興達火力電廠、中鋼公司，共 13 個試驗點；高鐵沿線車站試驗點則包括高鐵臺中站、嘉義站、左營站，共 3 個試驗點。臺灣東部濱海公路沿線之試驗點包括：宜蘭梗枋安檢所、宜蘭南澳安檢所、花蓮太魯閣國家公園管理處、花蓮檳仔樹安檢所、花蓮石梯安檢所、臺東東河金樽安檢所、臺東富崗伽蘭安檢所、臺東尚武安檢所，共 8 個試驗點。

在對照組方面，選擇臺灣距離海岸線較遠之山區或公路佈設試驗點，規劃之試驗點包括臺北市陽明山國家公園管理處、北橫公路(公路總局第一區養護工程處復興工務段)、阿里山(公路總局第五區養護工程處阿里山工務段)等 3 個試驗點。此外，都會地區於臺北市設置 1 個試驗點。

綜言之，氣鹽沉積速率的調查位置共有 60 個試驗點，相關涵蓋區域與試驗點所屬環境分類如表 3-1 所示，分佈如圖 3.2 所示。圖 3.2 中，紅色字樣表示垂直海岸線規劃的調查路線共 33 個試驗點，藍色字樣為 24 個平行海岸線之試驗點，綠色字樣則表示 3 個參考對照試驗點；各試驗點之安裝與四次採樣時間如表 3-2 所示。

表 3-1 氣鹽沉積速率調查試驗點規劃分類表

	試驗線(點)規劃	所在地區	環境分類
垂直海岸線之試驗線	基隆試驗線	基隆市	海洋環境、鄉村環境
	桃園試驗線(大潭電廠)	桃園縣觀音鄉	海洋環境、鄉村環境
	臺中港試驗線	臺中市梧棲區、沙鹿區	海洋環境、鄉村環境
	臺塑六輕試驗線	雲林縣麥寮鄉	海洋環境、工業環境
	高雄港試驗線	高雄市	海洋環境、都市環境
	核三廠試驗線	屏東縣恆春鎮	海洋環境、鄉村環境
	蘇澳港試驗線	宜蘭縣蘇澳鎮	海洋環境、鄉村環境
	花蓮港試驗線	花蓮市、花蓮縣吉安鄉	海洋環境、鄉村環境
	臺東成功漁港試驗線	臺東縣成功鎮	海洋環境、鄉村環境
西部濱海沿線規劃試驗點	樹林工業區	新北市樹林工業區	工業環境
	臺北港監測站	新北市淡水	都市環境
	陽明山硫磺區	臺北市北投區	都市環境
	竹南工業區	苗栗縣竹南鎮	工業環境
	頭份工業區	苗栗縣頭份鎮	工業環境
	工研院	新竹縣	都市環境
	新竹工業區	新竹縣湖口鄉	工業環境
	觀音工業區(服務中心)	新北市觀音	工業環境
	新竹漁港	新竹縣	海洋環境、鄉村環境
	永安安檢所	新北市新屋鄉	鄉村環境
	平鎮工業區	桃園縣平鎮市	工業環境
	臺電通霄電廠	苗栗縣霄電鎮	海洋環境、工業環境
	苗栗外埔安檢所	苗栗縣後龍鎮	海洋環境
	臺中五甲安檢所	臺中市大安區	海洋環境、鄉村環境
	臺電臺中電廠	臺中市	海洋環境、工業環境
	福興工業區	彰化縣福興鄉	海洋環境、工業環境
	南崗工業區	南投縣	工業環境
	大里工業區	臺中市大里工業區	工業環境
	臺中工業區	臺中市	都市環境
	關聯工業區	臺中市梧棲區	海洋環境、鄉村環境
彰濱工業區	彰化縣	海洋環境、工業環境	
彰化王功安檢所	彰化縣芳苑鄉	海洋環境	

	試驗線(點)規劃	涵蓋地區	環境分類
西部濱海沿線 規劃試驗點	嘉義東石安檢所	嘉義縣東石鄉	海洋環境
	朴子工業區	嘉義縣朴子工業區	工業環境
	斗六工業區	雲林縣斗六市	工業環境
	臺南水工試驗所	臺南縣安南區	海洋環境、鄉村環境
	安平工業區	臺南市安平工業區	工業環境
	官田工業區	臺南市官田區	工業環境
	高雄縣興達火力電廠	高雄市永安鄉	海洋環境、工業環境
	中鋼公司	高雄市小港區	工業環境
	林園工業區	高雄市林園區	工業環境
	鳳山工業區	高雄市鳳山區	工業環境
	大發工業區	高雄市大寮鄉	工業環境
	高雄煉油廠	高雄市楠梓區	工業環境
	永安工業區	高雄市岡山鎮	工業環境
	屏東工業區	屏東市	工業環境
	臺中站	臺中市烏日鄉	都市環境
	嘉義站	嘉義縣太保市	鄉村環境
左營站	高雄市	都市環境	
東部濱海沿線 規劃試驗點	和平工業區	花蓮縣秀林鄉	海洋環境
	宜蘭梗枋安檢所	宜蘭縣頭城鎮	海洋環境
	美崙工業區	花蓮市	海洋環境
	宜蘭南澳安檢所	宜蘭縣蘇澳鎮	海洋環境
	花蓮太魯閣國家公園管理處	花蓮縣秀林鄉	鄉村環境
	花蓮橄仔樹安檢所	花蓮市	海洋環境
	花蓮石梯檢所	花蓮縣豐濱鄉	海洋環境
	臺東金樽安檢所	臺東縣東河鄉	海洋環境
	臺東伽蘭安檢所	臺東市	海洋環境
	臺東尚武安檢所	臺東縣大武鄉	海洋環境
對照組 試驗點	臺北市陽明山國家公園管理處	臺北市	鄉村環境
	公路總局第一區養護工程處復興工務段	新北市復興鄉	鄉村環境
	臺北自來水事業處	臺北市	都市環境

表 3-2 氣鹽沉積採集器安裝與採樣時間紀錄表

項次	試驗地點	安裝日期	第一次採樣	第二次採樣	第三次採樣	第四次採樣
1	基隆試驗線 0m	2012/9/4	2012/12/17	2013/3/26	2013/6/25	2013/9/24
2	基隆試驗線 100m	2012/9/4	2012/12/17	2013/3/26	2013/6/25	2013/9/24
3	梗枋安檢所	2012/9/12	2013/1/14	2013/4/18	2013/7/4	2013/10/3
4	龍德工業區	2012/9/12	2013/1/14	2013/4/18	2013/7/4	2013/10/3
5	蘇澳港試驗線 0m	2012/9/12	2013/1/14	2013/4/18	2013/7/4	2013/10/3
6	蘇澳港試驗線 100m	2012/9/12	2013/1/14	2013/4/18	2013/7/4	2013/10/3
7	蘇澳港試驗線 300m	2012/9/12	2013/1/14	2013/4/18	2013/7/4	2013/10/3
8	南澳安檢所(朝陽)	2012/9/12	2013/1/15	2013/4/18	2013/7/4	2013/10/3
9	太魯閣國家公園	2012/9/12	2013/1/15	2013/4/18	2013/7/4	2013/10/3
10	花蓮港試驗線 0m	2012/9/11	2013/1/15	2013/4/17	2013/7/3	2013/10/2
11	花蓮港試驗線 100m	2012/9/11	2013/1/15	2013/4/17	2013/7/3	2013/10/2
12	花蓮港試驗線 300m	2012/9/11	2013/1/15	2013/4/17	2013/7/3	2013/10/2
13	橄仔樹安檢所	2012/9/11	2013/1/16	2013/4/17	2013/7/3	2013/10/2
14	石梯安檢所	2012/9/11	2013/1/16	2013/4/17	2013/7/3	2013/10/2
15	成功試驗線 0m	2012/9/11	2013/1/16	2013/4/17	2013/7/3	2013/10/2
16	金樽安檢所	2012/9/11	2013/1/16	2013/4/17	2013/7/3	2013/10/2
17	伽蘭安檢所	2012/9/11	2013/1/16	2013/4/17	2013/7/3	2013/10/2
18	尚武安檢所	2012/9/10	2013/1/16	2013/4/16	2013/7/2	2013/10/1
19	核三廠試驗線 0m	2012/9/18	2013/1/17	2013/4/16	2013/7/2	2013/10/1
20	核三廠試驗線 100m	2012/9/18	2013/1/17	2013/4/16	2013/7/2	2013/10/1
21	核三廠試驗線 300m	2012/9/18	2013/1/17	2013/4/16	2013/7/2	2013/10/1
22	核三廠試驗線 1Km	2012/9/18	2013/1/17	2013/4/16	2013/7/2	2013/10/1
23	中鋼公司	2012/9/18	2013/1/8	2013/4/16	2013/7/9	2013/10/15
24	高雄港試驗線 0m	2012/9/18	2013/1/9	2013/4/9	2013/7/9	2013/10/15
25	高雄港試驗線 100m	2012/9/18	2013/1/9	2013/4/9	2013/7/9	2013/10/15
26	高雄港試驗線 300m	2012/9/18	2013/1/9	2013/4/9	2013/7/9	2013/10/15
27	高雄港試驗線 1Km	2012/9/18	2013/1/9	2013/4/9	2013/7/9	2013/10/15
28	高雄港試驗線 3Km	2012/9/18	2013/1/9	2013/4/9	2013/7/9	2013/10/15
29	高鐵左營站	2012/9/21	2013/1/11	2013/4/12	2013/7/12	2013/10/18

項次	試驗地點	安裝日期	第一次採樣	第二次採樣	第三次採樣	第四次採樣
30	興達火力電廠	2012/9/19	2013/1/9	2013/4/10	2013/7/10	2013/10/16
31	成大水工所	2012/9/19	2013/1/9	2013/4/17	2013/7/10	2013/10/16
32	東石安檢所	2012/9/17	2013/1/9	2013/4/8	2013/7/8	2013/10/14
33	高鐵嘉義站	2012/9/21	2013/1/11	2013/4/12	2013/7/12	2013/10/18
34	臺塑六輕試驗線 0m	2012/9/17	2013/1/7	2013/4/8	2013/7/8	2013/10/14
35	臺塑六輕試驗線 100m	2012/9/17	2013/1/7	2013/4/8	2013/7/8	2013/10/14
36	台塑六輕試驗線 300m	2012/9/17	2013/1/7	2013/4/8	2013/7/8	2013/10/14
37	台塑六輕試驗線 1Km	2012/9/17	2013/1/7	2013/4/8	2013/7/8	2013/10/14
38	台塑六輕試驗線 3Km	2012/9/17	2013/1/7	2013/4/8	2013/7/8	2013/10/14
39	王功安檢所	2012/8/13	2012/12/24	2013/3/20	2013/6/19	2013/9/16
40	彰濱工業區	2012/8/13	2012/12/24	2013/3/20	2013/6/19	2013/9/16
41	高鐵臺中站	2012/9/21	2013/1/11	2013/4/12	2013/7/12	2013/10/18
42	臺中火力電廠	2012/8/17	2012/12/26	2013/3/22	2013/6/21	2013/9/16
43	臺中港試驗線 0m	2012/8/13	2012/12/26	2013/3/20	2013/6/19	2013/9/12
44	臺中港試驗線 100m	2012/8/20	2013/1/2	2013/3/25	2013/6/25	2013/9/23
45	臺中港試驗線 1Km	2012/8/21	2012/12/26	2013/3/20	2013/6/21	2013/9/17
46	五甲安檢所	2012/8/17	2012/12/25	2013/3/21	2013/6/20	2013/9/11
47	通霄火力電廠	2012/8/17	2012/12/25	2013/3/21	2013/6/20	2013/9/11
48	外埔安檢所	2012/8/17	2012/12/25	2013/3/21	2013/6/20	2013/9/11
49	平鎮工業區	2012/9/3	2012/12/19	2013/3/27	2013/6/24	2013/9/23
50	桃園試驗線 0m	2012/9/5	2012/12/18	2013/3/27	2013/6/26	2013/9/25
51	桃園試驗線 300m	2012/9/5	2012/12/18	2013/3/27	2013/6/26	2013/9/25
52	桃園試驗線 1Km	2012/9/5	2012/12/18	2013/3/27	2013/7/4	2013/9/25
53	臺北市區	2012/9/4	2012/12/18	2013/3/25	2013/6/25	2013/9/24
54	陽明山國家公園	2012/9/4	2012/12/18	2013/3/26	2013/6/25	2013/9/24
55	北橫巴陵	2012/9/3	2012/12/17	2013/3/25	2013/6/24	2013/9/23
56	阿里山	2012/9/17	2013/1/7	2013/4/8	2013/7/8	2013/9/30
57	東北角風景管理處	2012/9/12	2013/1/14	2013/4/18	2013/7/4	2013/10/3
58	臺北港監測站	2012/9/4	2012/12/18	2013/3/26	2013/6/25	2013/9/24
59	永安安檢所	2012/9/5	2012/12/19	2013/3/27	2013/6/26	2013/9/25
60	新竹漁港	2012/8/17	2012/12/25	2013/3/21	2013/6/20	2013/9/11



圖 3.2 氯鹽沉積速率調查位置

3.2.3 氯鹽沉積速率計算

本計畫參考 CNS 13754^[2] (ISO 9225^[3]) 金屬及合金之腐蝕-大氣腐蝕性(污染之測定)規範，安裝氯鹽採集裝置。氯鹽沉積量採集裝置是以濕燭法進行(圖 3.3)，其原理為使用一個濕纖維織物表面，在已知面積的條件下暴露一段時間，再以化學分析法測定其氯鹽沉積量。計算所得之氯鹽沉積率，以 $\text{mg}/\text{m}^2/\text{day}$ 表示。

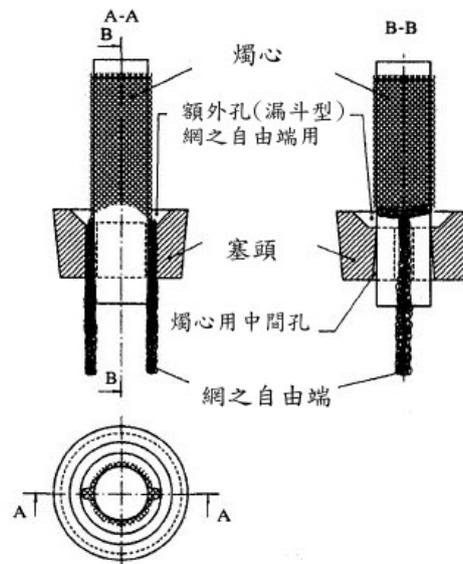


圖 3.3 濕燭法燭心構造示意圖 (CNS 13754)

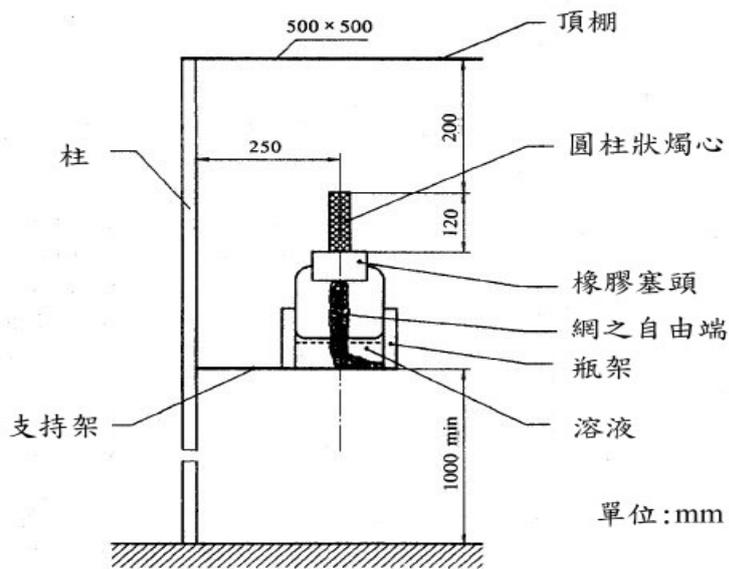


圖 3.4 濕燭法裝置構造圖 (CNS 13754)

各試驗點暴露後回收的紗布以定量的去離子水(約 50 ml)沖洗，再依環保署水中陰離子檢測方法-離子層析法(NIEA W415.52B)之離子層析儀測定水中之氯離子含量。氯鹽之沉積速率， $R(\text{Cl}^-)$ ($\text{mg}/\text{m}^2/\text{day}$)，依下式計算：

$$R(\text{Cl}^-) = \frac{m}{A \times t} \dots\dots\dots (3-1)$$

式中， $R(\text{Cl}^-)$ = 氯化物沉積速率($\text{mg}/\text{m}^2/\text{day}$)

m =試樣溶液之氯離子總質量(mg)

A =暴露網表面積(m^2)

t =暴露時間，天(day)

3.3 二氧化硫沉積速率調查

3.3.1 調查試驗點

大氣中廢氣的污染程度決定了當地大氣的腐蝕性，若排放的廢氣中含有大量的 SO_2 與 H_2S ，這些氣體在大氣中會形成酸雨，且當這些硫化物溶於水以水膜形式存在時，將會形成強腐蝕介質，加速金屬腐蝕。一般在石化廠、煉鋼廠、火力電廠等工業區與都市地區，大氣中均可能存在相當程度的硫化物；因此本研究針對二氧化硫沉積速率調查試驗點的佈設，主要以都市地區、工業地區、石化與火力電廠附近為主，並設置對照組，建置如下：

- (1) 都市地區：臺北市，選取交通頻繁處，共 1 個試驗點。
- (2) 工業地區：於表 3-4 中各工業區服務中心，共 29 個試驗點。
- (3) 石化與火力電廠：高雄煉油廠、林園煉油廠、大潭 0m、大潭 300m、通霄、臺中、興達、核能三廠，共有 8 個試驗點。
- (4) 臺灣西部南北縱向：高鐵沿線車站，地點包括高鐵臺中站、嘉義站、左營站，共有 3 個試驗點。

(5) 對照組：選擇臺灣距離海岸線較遠之山區或公路佈設試驗點，包括臺北市陽明山國家公園管理處、太魯閣國家公園管理處、北橫公路(公路總局第一區養護工程處復興工務段)、阿里山(公路總局第五區養護工程處阿里山工務段) 4 個試驗點。此外，在硫磺區如陽明山淨水站亦有 1 個試驗點。

二氧化硫沉積速率調查位置共有 49 個試驗點(如圖 3.5 所示)，包括都市地區 1 個試驗點，全臺工業區 29 個試驗點，石化與火力電廠 8 個試驗點，高鐵沿線 3 個試驗點，5 個參考對照試驗點與硫磺溫泉區 1 個試驗點。採樣調查時間如表 3-4 所示。

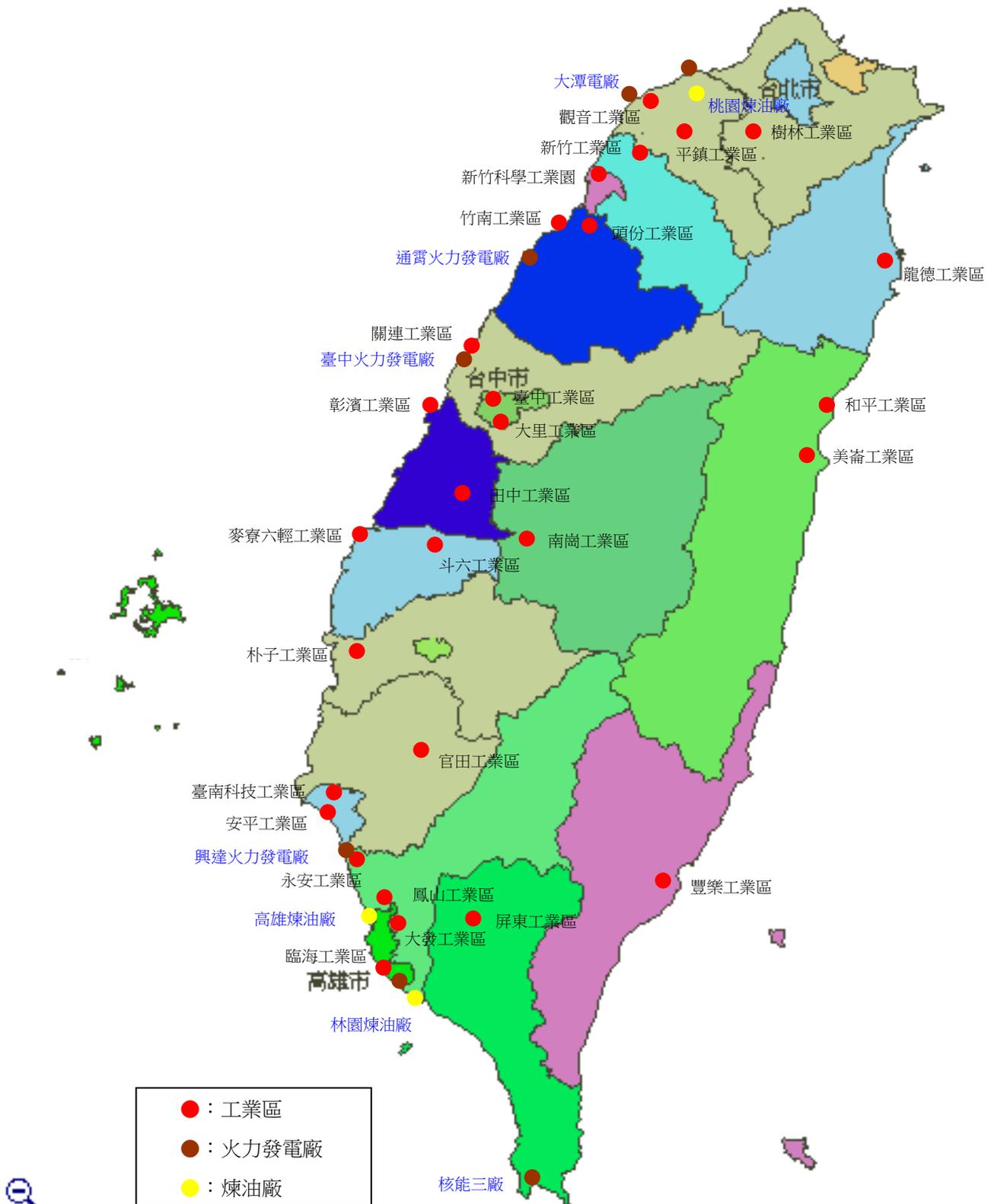


圖 3.5 二氧化硫沉積速率調查位置圖(工業區與石化、火力電廠)

表 3-3 二氧化硫沉積速率調查試驗點分佈表

縣(市)	環境分類(工業區、石化區、火力發電廠)
基隆市	基隆試驗線 3Km
新北市	樹林工業區、陽明山國家公園、陽明山硫磺區、臺北市區、臺北港監測站
桃園縣	觀音工業區、平鎮工業區、桃園試驗線 0m(大潭電廠)、桃園試驗線 300m(大潭電廠)、桃園試驗線 1Km、北橫巴陵
新竹縣	新竹工業區
新竹市	工業技術研究院
苗栗縣	頭份工業區、竹南工業區
臺中市	大里工業區、臺中港關連工業區
臺中市	臺中工業區、高鐵臺中站、臺中火力電廠、臺中港試驗線 100m、通霄火力電廠
南投縣	南崗工業區
彰化縣	彰濱工業區、田中工業區
雲林縣	臺塑六輕工業園區、斗六工業區
嘉義縣	朴子工業區、高鐵嘉義站、阿里山
臺南縣	官田工業區
臺南市	安平工業區、興達火力電廠、成大水工所、
高雄市	永安工業區、鳳山工業區、大發工業區、中油林園廠、中鋼公司、高鐵左營站、高雄煉油廠、
屏東縣	屏東工業區
宜蘭縣	龍德工業區、東北角風景區
花蓮縣	和平工業區、太魯閣國家公園、
花蓮市	美崙工業區
臺東市	豐樂工業區

表 3-4 二氧化硫沉積採集器安裝與採樣時間紀錄表

項次	試驗地點	安裝日期	第一次採樣	第二次採樣	第三次採樣	第四次採樣
1	基隆試驗線 3Km	2012/9/4	2012/12/17	2013/3/26	2013/6/25	2013/9/24
2	龍德工業區	2012/9/12	2013/1/14	2013/4/18	2013/7/4	2013/10/3
3	和平工業區	2012/9/12	2013/1/15	2013/4/18	2013/7/4	2013/10/3
4	太魯閣國家公園	2012/9/12	2013/1/15	2013/4/18	2013/7/4	2013/10/3
5	美崙工業區	2012/9/11	2013/1/15	2013/4/17	2013/7/3	2013/10/2
6	豐樂工業區	2012/9/10	2013/1/16	2013/4/16	2013/7/2	2013/10/1
7	屏東工業區	2012/9/18	2013/1/8	2013/4/9	2013/7/9	2013/10/15
8	中油林園廠	2012/9/18	2013/1/8	2013/4/9	2013/7/9	2013/10/15
9	中鋼公司	2012/9/18	2013/1/8	2013/4/9	2013/7/9	2013/10/15
10	鳳山工業區	2012/9/19	2013/1/8	2013/4/9	2013/7/9	2013/10/15
11	大發工業區	2012/9/18	2013/1/8	2013/4/9	2013/7/9	2013/10/15
12	高鐵左營站	2012/9/21	2013/1/11	2013/4/12	2013/7/12	2013/10/18
13	高雄煉油廠	2012/9/19	2013/1/9	2013/4/10	2013/7/9	2013/10/16
14	永安工業區	2012/9/19	2013/1/9	2013/4/10	2013/7/10	2013/10/16
15	興達火力電廠	2012/9/19	2013/1/9	2013/4/10	2013/7/10	2013/10/16
16	安平工業區	2012/9/19	2013/1/9	2013/4/10	2013/7/10	2013/10/16
17	成大水工所	2012/9/19	2013/1/9	2013/4/17	2013/7/10	2013/10/16
18	官田工業區	2012/9/17	2013/1/9	2013/4/8	2013/7/8	2013/9/30
19	朴子工業區	2012/9/17	2013/1/9	2013/4/8	2013/7/8	2013/10/14
20	高鐵嘉義站	2012/9/21	2013/1/11	2013/4/12	2013/7/12	2013/10/18
21	斗六工業區	2012/8/20	2012/12/24	2013/3/22	2013/6/21	2013/9/18
22	彰濱工業區	2012/8/13	2012/12/24	2013/3/20	2013/6/19	2013/9/16
23	田中工業區	2012/8/13	2012/12/24	2013/3/20	2013/6/19	2013/9/16
24	南崗工業區	2012/8/20	2012/12/26	2013/3/22	2013/6/21	2013/9/18
25	大里工業區	2012/8/20	2012/12/26	2013/3/22	2013/6/21	2013/9/18
26	高鐵臺中站	2012/9/21	2013/1/11	2013/4/12	2013/7/12	2013/10/18
27	臺中工業區	2012/8/20	2012/12/26	2013/3/22	2013/6/21	2013/9/18
28	臺中港關連工業區	2012/8/13	2012/12/26	2013/3/20	2013/6/19	2013/9/16

項次	試驗地點	安裝日期	第一次採樣	第二次採樣	第三次採樣	第四次採樣
29	臺中火力電廠	2012/8/17	2012/12/26	2013/3/22	2013/6/21	2013/9/16
30	臺中港試驗線 100m	2012/8/20	2013/1/2	2013/3/25	2013/6/25	2013/9/23
31	通霄火力電廠	2012/8/17	2012/12/25	2013/3/21	2013/6/20	2013/9/11
32	竹南工業區	2012/8/17	2012/12/25	2013/3/21	2013/6/20	2013/9/11
33	頭份工業區	2012/8/17	2012/12/25	2013/3/21	2013/6/20	2013/9/11
34	工研院	2012/8/17	2012/12/25	2013/3/21	2013/6/20	2013/9/11
35	新竹工業區	2012/9/6	2012/12/20	2013/3/28	2013/6/27	2013/9/26
36	平鎮工業區	2012/9/3	2012/12/19	2013/3/27	2013/6/24	2013/9/23
37	桃園試驗線 0m	2012/9/5	2012/12/18	2013/3/27	2013/6/26	2013/9/25
38	桃園試驗線 300m	2012/9/5	2012/12/18	2013/3/27	2013/6/26	2013/9/25
39	桃園試驗線 1Km	2012/9/5	2012/12/18	2013/3/27	2013/7/4	2013/9/25
40	樹林工業區	2012/9/3	2012/12/18	2013/3/26	2013/6/25	2013/9/23
41	臺北市區	2012/9/4	2012/12/18	2013/3/25	2013/6/25	2013/9/24
42	陽明山國家公園	2012/9/4	2012/12/18	2013/3/26	2013/6/25	2013/9/24
43	陽明山硫磺區	2012/9/4	2012/12/18	2013/3/26	2013/6/25	2013/9/24
44	北橫巴陵	2012/9/3	2012/12/17	2013/3/25	2013/6/24	2013/9/23
45	阿里山	2012/9/17	2013/1/7	2013/4/8	2013/7/8	2013/9/30
46	平鎮工業區(中心)	2012/9/12	2013/1/14	2013/4/18	2013/7/4	2013/10/3
47	觀音工業區(中心)	2012/9/3	2012/12/19	2013/3/27	2013/6/24	2013/9/23
48	東北角風景區	2012/9/5	2012/12/19	2013/3/27	2013/6/26	2013/9/25
49	永安安檢所	2012/9/5	2012/12/19	2013/3/27	2013/6/26	2013/9/25

3.3.2 二氧化硫沉積速率計算

二氧化硫沉積量採集裝置是以二氧化硫在二氧化鉛硫酸化平板之沉積速率測定(圖 3.6)，其原理為大氣中二氧化硫與二氧化鉛會反應形成硫酸鉛，暴露一段時間後回收該平板，並針對平板上的附著物進行硫酸鹽分析以測定二氧化硫之含量，二氧化硫的沉積量以 $\text{mg}/\text{m}^2/\text{day}$ 表示。

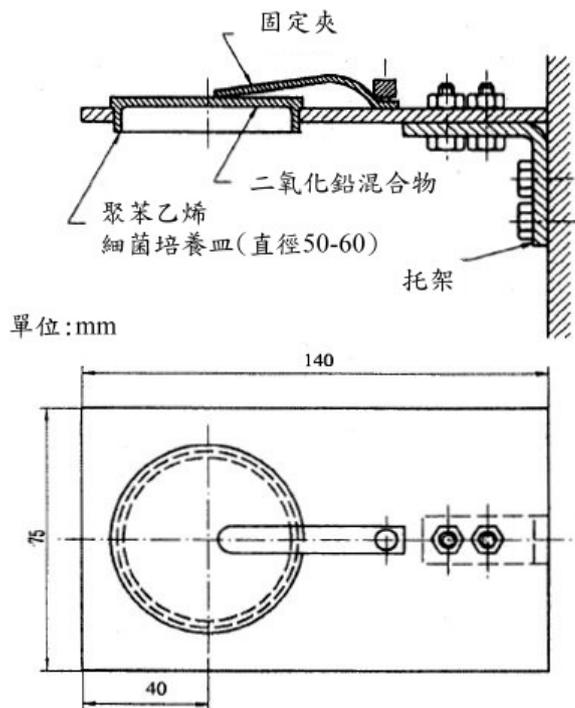


圖 3.6 二氧化硫沉積量採集裝置 (CNS 13754)

各試驗點暴露後回收的硫酸化平板依環保署水中陰離子檢測方法-離子層析法(NIEA W415.52B)測定，即使用碳酸鈉溶液先移出並溶解硫酸化平板之內容物，然後以離子層析儀檢測硫酸鹽含量。二氧化硫之沉積速率之計算如下：

$$R(\text{SO}_2) = \frac{(m_1 - m_0) \times 16.67}{A \times t \times 1000} \dots\dots\dots(3-2)$$

式中， $R(\text{SO}_2)$ = 二氧化硫沉積速率($\text{mg}/\text{m}^2/\text{day}$)

m_0 =空白平板(未暴露)測試之硫酸鹽質量(μg)

m_1 =每一平板之硫酸鹽質量(μg)

A =平板面積(m^2)

t =暴露時間，天(day)

3.4 現地暴露試驗

現地暴露試驗試驗點建置的數量以涵蓋氯鹽沉積量與二氧化硫沉積量調查位置之 75% 為原則，全國合計共有 87 個試驗點。即在氯鹽沉積量調查路線上，9 條垂直海岸線試驗點的佈設以距海岸線約臨海、300m、1 km、3 km 之距離處設置，配合 20 個平行海岸線之臨海試驗點(西部濱海與東部濱海沿線之港口或安檢所)，3 個高鐵沿線試驗點與 3 個參考對照試驗點，共 60 個試驗場址。在二氧化硫沉積量調查位置上，包括工業區所在各縣市各一個試驗點，共 22 個試驗點，都市地區 3 個試驗點，石化與火力電廠 11 個試驗點，高鐵沿線 3 個試驗點，硫磺區 2 個試驗點與 5 個參考對照試驗點，共 49 個試驗場址。其中，若氯鹽沉積量與二氧化硫沉積量調查位置相同時，僅在該試驗點設立一組試片(包括碳鋼、鋅、鋁、銅四種金屬)裝置。調查位置共 87 個場址，分佈如圖 3.7 所示；各次試體之安裝與採樣時間如表 3-5 所示。

3.4.1 螺旋狀試片

本研究針對碳鋼、鋅、銅、鋁四種金屬，選擇適當位置進行現地暴露試驗並以重量損失法計算其腐蝕速率。試片製作的方式參考 CNS 13753^[5] (ISO 9226^[6]) 大氣腐蝕性測定標準試片製作，採用螺旋狀標準試片(圖 2.4)，試片的材料如下：1) 碳鋼：非合金碳鋼(Cu=0.03~0.10%，P < 0.07%)，2) 鋅：98.5% 以上之純度，3) 銅：99.5% 以上之純度，4) 鋁：99.5% 以上之純度；將以上金屬之線材，線材直徑 2~3 mm，碳鋼線材直徑為 2.65mm，鋅線材直徑為 2.35mm，銅線材直徑為 3.0mm，鋁線材直徑為 2.4mm 剪取約 1000 mm 長度，纏繞在直徑為 24 mm 的圓棒上，製成螺旋狀試片。現地暴露試驗調查 87 個試驗點。

本年度持續現地採樣與試驗調查，取樣頻率為每季一次，每次取樣後更換新試片；測試回收後的樣本則進行腐蝕速率分析，以探討季節與區域之大氣腐蝕速率變化。

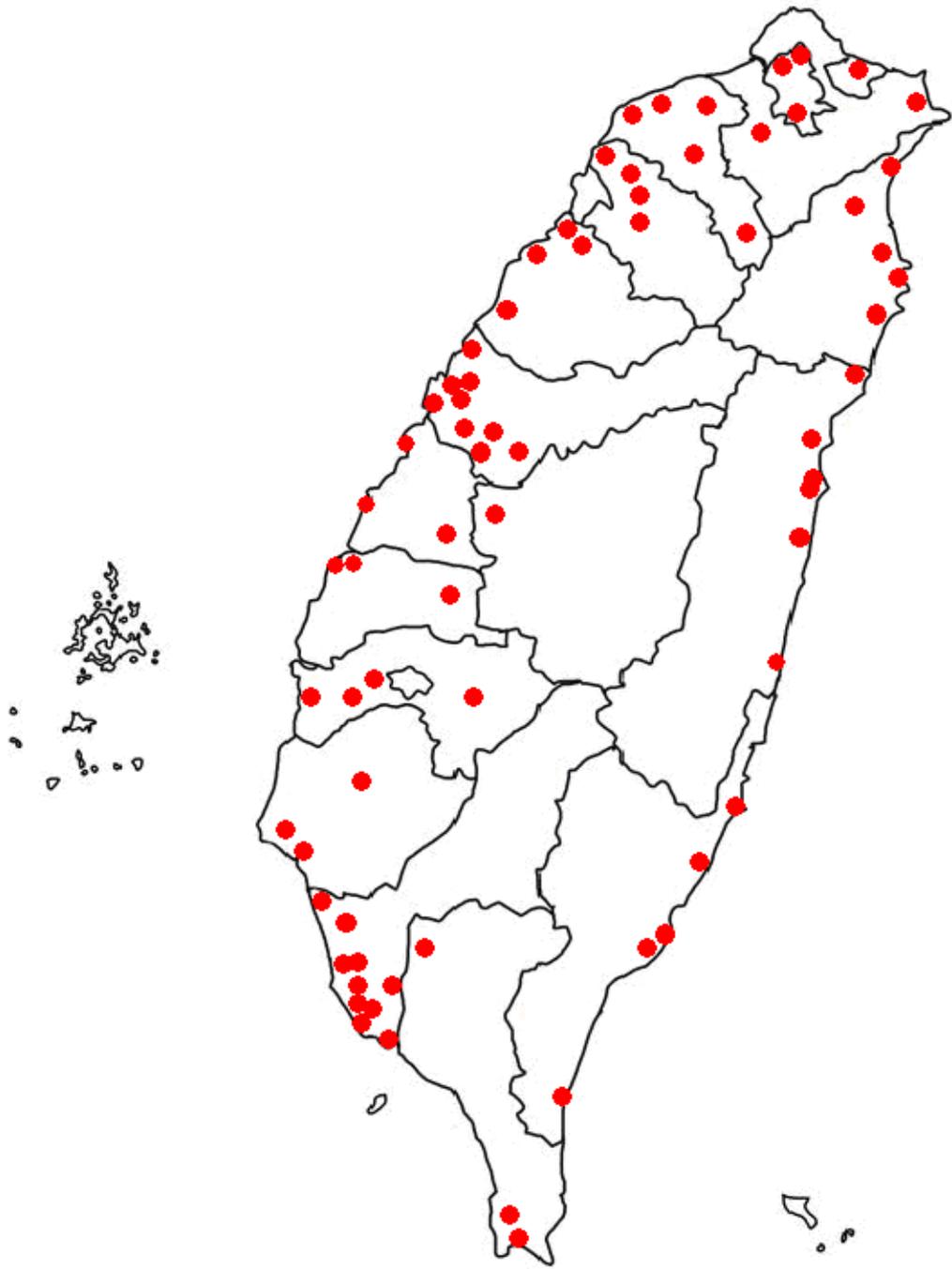


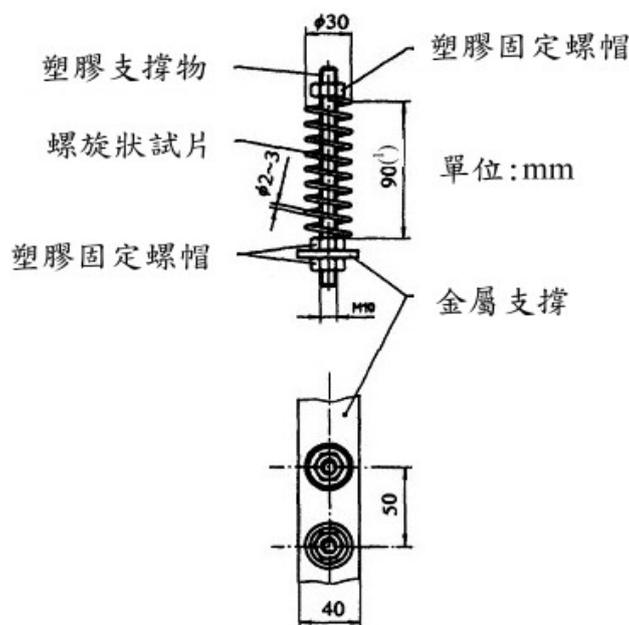
圖 3.7 現地暴露試驗(碳鋼、鋅、鋁、銅螺旋狀試片)試驗點分佈圖

表 3-5 金屬試樣安裝與採樣時間紀錄表

項次	試驗地點	安裝日期	第一次取樣	第二次取樣	第三次取樣	第四次取樣
1	基隆試驗線 0m	2012/9/4	2012/12/17	2013/3/26	2013/6/25	2013/9/24
2	基隆試驗線 100m	2012/9/4	2012/12/17	2013/3/26	2013/6/25	2013/9/24
3	基隆試驗線 3Km	2012/9/4	2012/12/17	2013/3/26	2013/6/25	2013/9/24
4	梗枋安檢所	2012/9/12	2013/1/14	2013/4/18	2013/7/4	2013/10/3
5	龍德工業區	2012/9/12	2013/1/14	2013/4/18	2013/7/4	2013/10/3
6	蘇澳港試驗線 0m	2012/9/12	2013/1/14	2013/4/18	2013/7/4	2013/10/3
7	蘇澳港試驗線 100m	2012/9/12	2013/1/14	2013/4/18	2013/7/4	2013/10/3
8	蘇澳港試驗線 300m	2012/9/12	2013/1/14	2013/4/18	2013/7/4	2013/10/3
9	南澳安檢所	2012/9/12	2013/1/15	2013/4/18	2013/7/4	2013/10/3
10	和平工業區	2012/9/12	2013/1/15	2013/4/18	2013/7/4	2013/10/3
11	太魯閣國家公園	2012/9/12	2013/1/15	2013/4/18	2013/7/4	2013/10/3
12	美崙工業區	2012/9/11	2013/1/15	2013/4/17	2013/7/3	2013/10/2
13	花蓮港試驗線 0m	2012/9/11	2013/1/15	2013/4/17	2013/7/3	2013/10/2
14	花蓮港試驗線 100m	2012/9/11	2013/1/15	2013/4/17	2013/7/3	2013/10/2
15	花蓮港試驗線 300m	2012/9/11	2013/1/15	2013/4/17	2013/7/3	2013/10/2
16	橄仔樹安檢所	2012/9/11	2013/1/16	2013/4/17	2013/7/3	2013/10/2
17	石梯安檢所	2012/9/11	2013/1/16	2013/4/17	2013/7/3	2013/10/2
18	成功安檢所	2012/9/11	2013/1/16	2013/4/17	2013/7/3	2013/10/2
19	金樽安檢所	2012/9/11	2013/1/16	2013/4/17	2013/7/3	2013/10/2
20	伽蘭安檢所	2012/9/11	2013/1/16	2013/4/17	2013/7/3	2013/10/2
21	豐樂工業區	2012/9/10	2013/1/16	2013/4/16	2013/7/2	2013/10/1
22	尚武安檢所	2012/9/10	2013/1/16	2013/4/16	2013/7/2	2013/10/1
23	核三廠試驗線 0m	2012/9/18	2013/1/17	2013/4/16	2013/7/2	2013/10/1
24	核三廠試驗線 100m	2012/9/18	2013/1/17	2013/4/16	2013/7/2	2013/10/1
25	核三廠試驗線 300m	2012/9/18	2013/1/17	2013/4/16	2013/7/2	2013/10/1
26	核三廠試驗線 1Km	2012/9/18	2013/1/17	2013/4/16	2013/7/2	2013/10/1
27	屏東工業區	2012/9/18	2013/1/8	2013/4/9	2013/7/9	2013/10/15
28	中油林園廠	2012/9/18	2013/1/8	2013/4/9	2013/7/9	2013/10/15
29	中鋼公司	2012/9/18	2013/1/8	2013/4/9	2013/7/9	2013/10/15
30	鳳山工業區	2012/9/19	2013/1/8	2013/4/9	2013/7/9	2013/10/15
31	大發工業區	2012/9/18	2013/1/8	2013/4/9	2013/7/9	2013/10/15
32	高雄港試驗線 0m	2012/9/18	2013/1/9	2013/4/9	2013/7/9	2013/10/15
33	高雄港試驗線 100m	2012/9/18	2013/1/9	2013/4/9	2013/7/9	2013/10/15
34	高雄港試驗線 300m	2012/9/18	2013/1/9	2013/4/9	2013/7/9	2013/10/15

項次	試驗地點	安裝日期	第一次取樣	第二次取樣	第三次取樣	第四次取樣
35	高雄港試驗線 1Km	2012/9/18	2013/1/9	2013/4/9	2013/7/9	2013/10/15
36	高雄港試驗線 3Km	2012/9/18	2013/1/9	2013/4/9	2013/7/9	2013/10/15
37	高鐵左營站	2012/9/21	2013/1/11	2013/4/12	2013/7/12	2013/10/18
38	高雄煉油廠	2012/9/19	2013/1/9	2013/4/10	2013/7/9	2013/10/16
39	永安工業區	2012/9/19	2013/1/9	2013/4/10	2013/7/10	2013/10/16
40	興達火力電廠	2012/9/19	2013/1/9	2013/4/10	2013/7/10	2013/10/16
41	安平工業區	2012/9/19	2013/1/9	2013/4/10	2013/7/10	2013/10/16
42	成大水工所	2012/9/19	2013/1/9	2013/4/17	2013/7/10	2013/10/16
43	官田工業區	2012/9/17	2013/1/9	2013/4/8	2013/7/8	2013/9/30
44	東石安檢所	2012/9/17	2013/1/9	2013/4/8	2013/7/8	2013/10/14
45	朴子工業區	2012/9/17	2013/1/9	2013/4/8	2013/7/8	2013/10/14
46	高鐵嘉義站	2012/9/21	2013/1/11	2013/4/12	2013/7/12	2013/10/18
47	斗六工業區	2012/8/20	2012/12/24	2013/3/22	2013/6/21	2013/9/18
48	臺塑六輕試驗線 0m	2012/9/17	2013/1/7	2013/4/8	2013/7/8	2013/10/14
49	六輕試驗線 100m	2012/9/17	2013/1/7	2013/4/8	2013/7/8	2013/10/14
50	六輕試驗線 300m	2012/9/17	2013/1/7	2013/4/8	2013/7/8	2013/10/14
51	六輕試驗線 1Km	2012/9/17	2013/1/7	2013/4/8	2013/7/8	2013/10/14
52	六輕試驗線 3Km	2012/9/17	2013/1/7	2013/4/8	2013/7/8	2013/10/14
53	王功安檢所	2012/8/13	2012/12/24	2013/3/20	2013/6/19	2013/9/16
54	彰濱工業區	2012/8/13	2012/12/24	2013/3/20	2013/6/19	2013/9/16
55	田中工業區(福興)	2012/8/13	2012/12/24	2013/3/20	2013/6/19	2013/9/16
56	南崗工業區	2012/8/20	2012/12/26	2013/3/22	2013/6/21	2013/9/18
57	大里工業區	2012/8/20	2012/12/26	2013/3/22	2013/6/21	2013/9/18
58	高鐵台中站	2012/9/21	2013/1/11	2013/4/12	2013/7/12	2013/10/18
59	臺中工業區	2012/8/20	2012/12/26	2013/3/22	2013/6/21	2013/9/18
60	關連工業區	2012/8/13	2012/12/26	2013/3/20	2013/6/19	2013/9/16
61	臺中火力電廠	2012/8/17	2012/12/26	2013/3/22	2013/6/21	2013/9/16
62	臺中港試驗線 0m	2012/8/13	2012/12/26	2013/3/20	2013/6/19	2013/9/12
63	臺中港試驗線 100m	2012/8/20	2013/1/2	2013/3/25	2013/6/25	2013/9/23
64	臺中港試驗線 1Km	2012/8/21	2012/12/26	2013/3/20	2013/6/21	2013/9/17
65	五甲安檢所	2012/8/17	2012/12/25	2013/3/21	2013/6/20	2013/9/11
66	通霄火力電廠	2012/8/17	2012/12/25	2013/3/21	2013/6/20	2013/9/11
67	外埔安檢所	2012/8/17	2012/12/25	2013/3/21	2013/6/20	2013/9/11
68	竹南工業區	2012/8/17	2012/12/25	2013/3/21	2013/6/20	2013/9/11
69	頭份工業區	2012/8/17	2012/12/25	2013/3/21	2013/6/20	2013/9/11
70	工研院	2012/8/17	2012/12/25	2013/3/21	2013/6/20	2013/9/11

項次	試驗地點	安裝日期	第一次取樣	第二次取樣	第三次取樣	第四次取樣
71	新竹工業區	2012/9/6	2012/12/20	2013/3/28	2013/6/27	2013/9/26
72	平鎮工業區	2012/9/3	2012/12/19	2013/3/27	2013/6/24	2013/9/23
73	桃園試驗線 0m	2012/9/5	2012/12/18	2013/3/27	2013/6/26	2013/9/25
74	桃園試驗線 300m	2012/9/5	2012/12/18	2013/3/27	2013/6/26	2013/9/25
75	桃園試驗線 1km	2012/9/5	2012/12/18	2013/3/27	2013/7/4	2013/9/25
76	樹林工業區(服務中心)	2012/9/3	2012/12/18	2013/3/26	2013/6/25	2013/9/23
77	臺北市	2012/9/4	2012/12/18	2013/3/25	2013/6/25	2013/9/24
78	陽明山國家公園管理處	2012/9/4	2012/12/18	2013/3/26	2013/6/25	2013/9/24
79	陽明山硫磺區	2012/9/4	2012/12/18	2013/3/26	2013/6/25	2013/9/24
80	北橫巴陵	2012/9/3	2012/12/17	2013/3/25	2013/6/24	2013/9/23
81	阿里山	2012/9/17	2013/1/7	2013/4/8	2013/7/8	2013/9/30
82	東北角風景管理處	2012/9/12	2013/1/14	2013/4/18	2013/7/4	2013/10/3
83	臺北港監測站	2012/9/4	2012/12/18	2013/3/26	2013/6/25	2013/9/24
84	平鎮工業區(服務中心)	2012/9/3	2012/12/19	2013/3/27	2013/6/24	2013/9/23
85	觀音工業區(服務中心)	2012/9/5	2012/12/19	2013/3/27	2013/6/26	2013/9/25
86	永安安檢所	2012/9/5	2012/12/19	2013/3/27	2013/6/26	2013/9/25
87	新竹漁港	2012/8/17	2012/12/25	2013/3/21	2013/6/20	2013/9/11



註1 線材兩端插入支撐物間之距離

圖 3.8 螺旋狀試片構造圖(CNS 13753)

3.4.2 現地暴露試驗計算

將各試驗點測試後每季回收的試片進行腐蝕速率量測。碳鋼、鋅、鋁、銅四種螺旋狀金屬試片之大氣腐蝕速率量測，依照 CNS14122^[8] (ISO 8407^[9]) 金屬及合金之腐蝕-大氣腐蝕-試片腐蝕生成物清除法，以適當的清洗方式除去試片表面腐蝕生成物，量測其重量損失，並依金屬材料的暴露時間，計算其大氣腐蝕速率。螺旋狀金屬試片之腐蝕速率單位以 $\mu\text{m}/\text{y}$ 表示，計算公式依據 CNS 13753 規範，如下：

$$R_{\text{corr}} = 0.25(\Delta m \cdot d / m \cdot t) \dots \dots \dots (3-3)$$

式中， R_{corr} = 腐蝕速率 ($\mu\text{m}/\text{y}$)

Δm = 質量損失 (mg)

d = 線材直徑 (mm)

m = 試片原始質量 (g)

t = 暴露時間，年 (y)

3.4.3 試片腐蝕生成物清除與測試

碳鋼、鋅、鋁、銅四種螺旋狀金屬線材之大氣腐蝕速率量測，依照 CNS14122 金屬及合金之腐蝕-大氣腐蝕-試片腐蝕生成物清除法，以適當的清洗方式除去試片表面腐蝕生成物，量測其重量損失，並依金屬材料的暴露時間，計算其大氣腐蝕速率。為確保除去腐蝕生成物的化學清洗方法不會損壞底材金屬，先依照 CNS14122 規範，使用腐蝕試片進行重複清洗，以制定檢量標準，作業流程如圖 3.9 所示。針對不同金屬，化學清洗法使用的化學藥品及各項條件如表 3-6 所示。

大氣腐蝕試片- 腐蝕生成物清除法作業流程

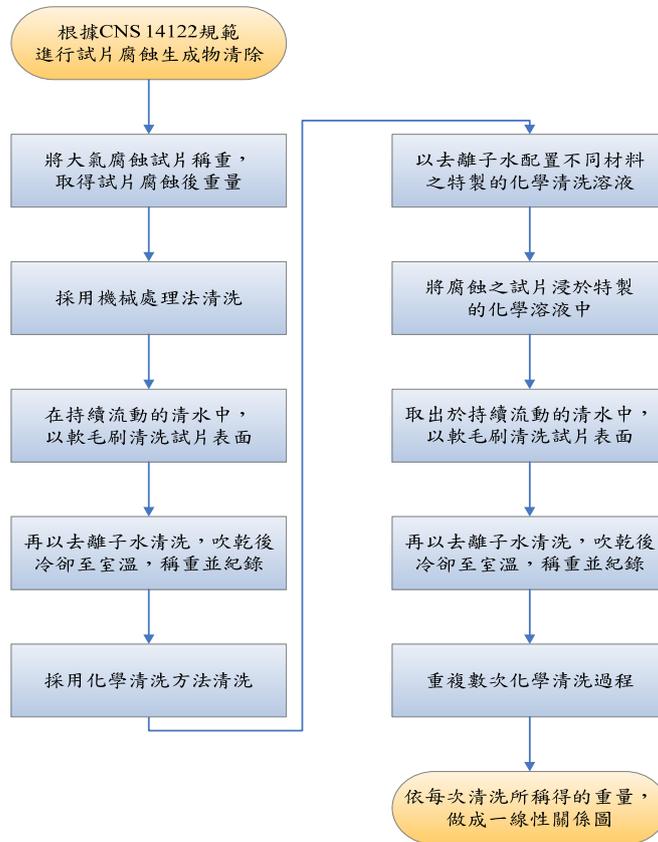


圖 3.9 腐蝕生成物清除法作業流程圖

表 3-6 化學清洗法使用藥品及條件

材料	化學藥品	時間 (min)	溫度 (°C)	備註
碳鋼	以 500mL HCl ($\rho=1.19\text{g/mL}$) 與 3.5g 六亞甲四胺 (Hexamethylene tetramine)，加入蒸餾水配成 1000mL	10	室溫 (23.5)	—
鋅	100g 氯化銨 (NH_4Cl)，加入蒸餾水配成 1000mL	2~5	70	—
銅	以 100mL 硫酸 (H_2SO_4 , $\rho=1.84\text{g/mL}$)，加蒸餾水至 1000mL	1~3	室溫 (23.5)	在處理之前，先移除表面的塊狀腐蝕生成物，可使銅的二次沉積產物量減到最少
鋁	硝酸 (HNO_3 , $\rho=1.42\text{g/mL}$)	1~5	室溫 (23.5)	去除額外之沉積物及塊狀之腐蝕生成物，以免造成基底金屬過度流失

各個試片浸泡之時間，碳鋼線材試片為 10 分鐘，鋅線材試片為 4 分鐘，銅線材試片為 2 分鐘，鋁線材試片為 6 分鐘。

3.5 腐蝕因子環境分類

表 3-7 至表 3-9 分別為 CNS 13401 (ISO 9223) 規範中對濕潤時間、氯鹽沉積速率與 SO₂ 沉積速率或濃度的分類；表 3-10 則為相對於表 3-7 至表 3-9 之分類結果。參考 CNS 13401 (ISO 9223)，大氣腐蝕環境的分類可採用試片腐蝕速率量測與環境因子進行區分，若採用環境因子進行分類，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)。其中，濕潤時間是以全年中溫度高於 0 °C，相對濕度大於 80% 之小時數或百分比計算，氯鹽沉積速率(mg/m²/day)是以 CNS 13754 (ISO 9225) 濕燭法測量，二氧化硫沉積量則是以 CNS 13754 (ISO 9225) 規定之二氧化鉛硫酸化平板量測的沉積速率(mg/m²/day)測定或是空氣中的 SO₂ 濃量($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 計算；其中，各參數的量測時間均至少為一年以上。依據 CNS 與 ISO 規範，若要以腐蝕因子進行大氣腐蝕環境分類，濕潤時間、氯鹽與二氧化硫的沉積速率至少應經過一年以上的連續量測，若測點所在位置無實測的腐蝕因子數據，則以鄰近的腐蝕因子資料推估，選用測點的名稱如表中括號內所示，

表 3-11 為各種標準金屬最初第一年之腐蝕速率區金屬的腐蝕速率在初期暴露時最大，隨後會逐漸下降而最終到達一穩定值；表中除鋁金屬外，碳鋼、鋅、銅金屬的腐蝕速率單位均可以 $\mu\text{m}/\text{yr}$ 表示；主要原因是因碳鋼、鋅、銅金屬在大氣環境中的腐蝕現象為均勻腐蝕，但鋁金屬則為局部腐蝕，所以鋼、鋅、銅金屬的腐蝕速率可以 $\mu\text{m}/\text{yr}$ 表示，但鋁的腐蝕速率須以 $\text{g}/\text{m}^2/\text{yr}$ 表示。

上述分別將大氣腐蝕環境區分為 C1- C2- C3- C4 與 C5 五個等級，C1 表示腐蝕性非常低(very low)，C2 表示腐蝕性低(low)，C3 表示腐蝕性中等(medium)，C4 表示腐蝕性高(high)，C5 表示腐蝕性非常高(very high)。

表 3-7 濕潤環境分類表

濕潤時間		類別
hour/year	%	
$\tau \leq 0.1$	$\tau \leq 10$	τ_1
$0.1 < \tau \leq 3$	$10 < \tau \leq 250$	τ_2
$3 < \tau \leq 30$	$250 < \tau \leq 2500$	τ_3
$30 < \tau \leq 60$	$2500 < \tau \leq 5500$	τ_4
$60 < \tau$	$5500 < \tau$	τ_5

資料來源：CNS 13401- ISO 9223

表 3-8 氯鹽腐蝕環境等級分類表

氯鹽沉積速率 $\text{mg/m}^2/\text{day}$	類別
$S \leq 3$	S_0
$3 < S \leq 60$	S_1
$60 < S \leq 300$	S_2
$300 < S \leq 1500$	S_3

資料來源：CNS 13401- ISO 9223

表 3-9 二氧化硫腐蝕環境等級分類表

SO ₂ 沉積速率 $\text{mg/m}^2/\text{day}$	SO ₂ 濃度 $\mu\text{g/m}^2$	類別
$P_d \leq 10$	$P_c \leq 12$	P_0
$10 < P_d \leq 35$	$12 < P_c \leq 40$	P_1
$35 < P_d \leq 80$	$40 < P_c \leq 90$	P_2
$80 < P_d \leq 200$	$90 < P_c \leq 250$	P_3

資料來源：CNS 13401- ISO 9223

表 3-10 金屬大氣腐蝕環境分類表 (以環境因子分類)

碳鋼															
濕潤 氣鹽 二氧化硫	τ_1			τ_2			τ_3			τ_4			τ_5		
	S_0-S_1	S_2	S_3	S_0-S_1	S_2	S_3	S_0-S_1	S_2	S_3	S_0-S_1	S_2	S_3	S_0-S_1	S_2	S_3
P_0-P_1	1	1	1 or 2	1	2	3 or 4	2 or 3	3 or 4	4	3	4	5	3 or 4	5	5
P_2	1	1	1 or 2	1 or 2	2 or 3	3 or 4	3 or 4	3 or 4	4 or 5	4	4	5	4 or 5	5	5
P_3	1 or 2	1 or 2	2	2	3	4	4	4 or 5	5	5	5	5	5	5	5
鋅與銅															
濕潤 氣鹽 二氧化硫	τ_1			τ_2			τ_3			τ_4			τ_5		
	S_0-S_1	S_2	S_3	S_0-S_1	S_2	S_3	S_0-S_1	S_2	S_3	S_0-S_1	S_2	S_3	S_0-S_1	S_2	S_3
P_0-P_1	1	1	1	1	1 or 2	3	3	3	3 or 4	3	4	5	3 or 4	5	5
P_2	1	1	1 or 2	1 or 2	2	3	3	3 or 4	4	3 or 4	4	5	4 or 5	5	5
P_3	1	1 or 2	2	2	3	3 or 4	3	3 or 4	4	4 or 5	5	5	5	5	5
鋁															
濕潤 氣鹽 二氧化硫	τ_1			τ_2			τ_3			τ_4			τ_5		
	S_0-S_1	S_2	S_3	S_0-S_1	S_2	S_3	S_0-S_1	S_2	S_3	S_0-S_1	S_2	S_3	S_0-S_1	S_2	S_3
P_0-P_1	1	2	2	1	2 or 3	4	3	3 or 4	4	3	3 or 4	5	4	5	5
P_2	1	2	2 or 3	1 or 2	3 or 4	4	3	4	4 or 5	3 or 4	4	5	4 or 5	5	5
P_3	1	2 or 3	3	3 or 4	4	4	3 or 4	4 or 5	5	4 or 5	5	5	5	5	5

註：依濕潤時間(τ)、氣鹽沉積速率(S)與二氧化硫沉積量(P)三者環境因子等級分類，將金屬腐蝕性環境分類數值區分為 1、2、3、4、5 五個等級。如 1 表示 C1 依序類推。

資料來源：CNS 13401- ISO 9223

表 3-11 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

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)

第四章 大氣腐蝕因子與現地暴露試驗

4.1 氯鹽沉積速率調查結果

各試驗點四次採樣之氯鹽沉積速率計算結果如表 4-1。四次採樣的調查期間分別為 2012.09-2012.12(秋季)，2012.12-2013.03(冬季)，2013.03-2013.06(春季)，2013.06-2013.09(夏季)。

一般而言，2012.09-2012.12 秋季期間，氯鹽沉積速率介於 0.54 mg/m²/day (北橫巴陵)至 112.50 mg/m²/day(新竹漁港)之間，而較高的沉積速率發生在檳仔樹安檢所、台塑六輕試驗線 0m、台塑六輕試驗線 100m、台塑六輕試驗線 300m、成功安檢所、桃園試驗線 0m、外埔安檢所，各測點所測得的氯鹽沉積速率均大於 30 mg/m²/day。在北橫巴陵、太魯閣國家公園與阿里山氯鹽沉積速率都低於 1.0 mg/m²/day。

2012.12-2013.03 冬季期間之氯鹽沉積速率介於 0mg/m²/day (檳仔樹安檢所)至 287.41 mg/m²/day (外埔安檢所)之間，較高的沉積速率發生在東海岸沿海區域如檳仔樹安檢所、成功安檢所、南澳安檢所，西部沿海區域如新竹漁港、通霄火力電廠、彰濱工業區、台中港試驗線 0m、桃園試驗線 0m，各測點所測得的氯鹽沉積速率均大於 70 mg/m²/day，其次為台塑六輕試驗線 100km、台塑六輕試驗線 300m、台中火力電廠等，氯鹽沉積速率介於 35.74mg/m²/day 與 62.49 mg/m²/day。在北橫巴陵、阿里山、太魯閣國家公園等站都低於 2.0 mg/m²/day。

2013.03-2013.06 春季期間之氯鹽沉積速率介於 0.35 mg/m²/day (北橫巴陵)至 114.47 mg/m²/day (桃園試驗線 0m)之間，較高的沉積速率發生在桃園試驗線 0m、南澳安檢所、檳仔樹安檢所大於 60 mg/m²/day、新竹漁港、通霄火力電廠、五甲安檢所、台塑六輕試驗線 100m，核三廠試驗線 100m 各測點所測得的氯鹽沉積速率均大於 30 mg/m²/day，。至於氯鹽沉積速率較小有太魯閣國家公園、北橫巴陵、阿里山都低於 1.00 mg/m²/day。

2013.06-2013.09 夏季期間之氯鹽沉積速率介於 $0.23 \text{ mg/m}^2/\text{day}$ (北橫巴陵)至 $79.34 \text{ mg/m}^2/\text{day}$ (新竹漁港)之間，新竹漁港、梗枋安檢所、大於 $60 \text{ mg/m}^2/\text{day}$ ，其次、橄仔樹安檢所、成功安檢所、台塑六輕試驗線(100m、300m)、通霄火力電廠等地區氯鹽沉積速率亦在 $33.72 \text{ mg/m}^2/\text{day}$ 至 $49.52 \text{ mg/m}^2/\text{day}$ 之間。至於氯鹽沉積速率較小有北橫巴陵低於 $1.00 \text{ mg/m}^2/\text{day}$ 。

4.1.1 氯鹽沉積速率季節性之比較

本研究四次採樣調查的期間分別為為 2012.09-2012.12(秋季)，2012.12-2013.03(冬季)，2013.03-2013.06(春季)，2013.06-2013.09(夏季)。圖 4.1 至圖 4.4 為四次採樣期間內之氯鹽沉積速率等位圖，可看出臺灣全島的氯鹽沉積速率四季中以秋季較為嚴重。圖 4.5，圖中，紅色部份表示氯鹽沉積速率大於 $10 \text{ mg/m}^2/\text{day}$ 的區域。根據四次採樣調查結果，而西部海岸一年期氯鹽沉積速率以大潭試驗線 0m 處為 $151.5 \text{ mg/m}^2/\text{day}$ 最高、臺塑六輕試驗線 100m 達 $86.89 \text{ mg/m}^2/\text{day}$ 、新竹漁港為 $64.79 \text{ mg/m}^2/\text{day}$ 。自桃園試驗線一直到嘉義縣東石鄉，氯鹽沉積速率約在 $8.46 \sim 151.5 \text{ mg/m}^2/\text{day}$ 之間；臺灣東部海岸以成功試驗點較高為 $29.86 \text{ mg/m}^2/\text{day}$ ，自梗枋至尚武試驗點氯鹽沉積速率介於 $8.36 \sim 29.86 \text{ mg/m}^2/\text{day}$ 之間。北部海岸以基隆試驗線 100m 為 $68.62 \text{ mg/m}^2/\text{day}$ 較高，南部海岸以核三廠試驗線 300m $24.77 \text{ mg/m}^2/\text{day}$ 較高。

4.1.2 氯鹽沉積速率與垂直海岸線之關係

在垂直海岸的試驗線，如圖 4.6 為四次調查之垂直海岸試驗線於距海岸 0m、100m、300m、1km、3km 等之平均氯鹽沉積速率；調查結果發現，以桃園試驗線、基隆試驗線、臺塑六輕試驗線的氯鹽沉積速率較高。在季節性之差異上以秋季與冬季期間較其他季節偏高。

表 4-1 氯鹽沉積速率表

單位：mg/m²/day

項次	試驗地點	試驗期間			
		2012.09- 2012.12	2012.12- 2013.3	2013.3- 2013.6	2013.6- 2013.9
1	基隆試驗線 0m	14.03	28.29	17.86	4.85
2	基隆試驗線 100m	35.05	25.31	17.37	2.69
3	梗枋安檢所	4.22	11.55	10.10	64.43
4	龍德工業區	1.21	3.67	3.73	5.94
5	蘇澳港試驗線 0m	2.97	11.58	5.86	16.88
6	蘇澳港試驗線 100m	2.51	5.89	3.40	7.22
7	蘇澳港試驗線 300m	-	-	-	-
8	南澳安檢所	14.65	103.92	89.25	7.42
9	太魯閣國家公園	0.64	1.10	0.95	1.07
10	花蓮港試驗線 0m	11.09	15.94	11.51	11.66
11	花蓮港試驗線 100m	16.02	8.81	26.84	3.94
12	花蓮港試驗線 300m	5.55	7.84	5.08	6.44
13	橄仔樹安檢所	61.66	67.79	74.33	40.92
14	石梯安檢所	21.53	26.85	12.52	25.91
15	成功安檢所	57.38	40.29	18.78	47.05
16	金樽安檢所	6.52	11.93	11.86	18.04
17	伽蘭安檢所	5.30	7.79	3.99	11.71
18	尚武安檢所	15.58	14.41	5.82	25.29
19	核三廠試驗線 0m	7.57	11.59	7.32	8.50
20	核三廠試驗線 100m	3.91	6.98	37.18	11.96
21	核三廠試驗線 300m	1.81	5.17	3.72	5.95
22	核三廠試驗線 1Km	2.67	3.71	2.08	5.32
23	臨海工業區	3.13	5.09	4.92	2.94
24	高雄港試驗線 0m	3.22	2.91	8.15	7.47
25	高雄港試驗線 100m	2.36	4.21	3.27	3.94
26	高雄港試驗線 300m	2.64	3.80	3.69	4.96
27	高雄港試驗線 1Km	1.15	3.40	1.94	2.32
28	高雄港試驗線 3Km	0.92	2.40	2.07	1.43
29	高鐵左營站	1.11	2.67	3.58	1.93

項次	試驗期間				
	試驗地點	2012.09- 2012.12	2012.12- 2013.3	2013.3- 2013.6	2013.6- 2013.9
30	興達火力電廠	1.74	2.21	1.44	2.35
31	成大水工所	1.22	3.71	2.23	2.60
32	東石安檢所	5.77	8.03	6.87	4.71
33	高鐵嘉義站	1.48	4.57	1.34	1.07
34	臺塑六輕試驗線 0m	32.54	26.74	3.58	18.50
35	臺塑六輕試驗線 100m	58.48	58.92	39.65	49.52
36	臺塑六輕試驗線 300m	55.06	62.49	16.96	37.57
37	臺塑六輕試驗線 1Km	28.18	27.85	15.72	20.46
38	臺塑六輕試驗線 3Km	7.25	5.81	2.97	4.78
39	王功安檢所	25.99	23.78	7.40	4.72
40	彰濱工業區	24.86	77.58	21.94	22.65
41	高鐵臺中站	1.81	3.74	1.21	1.54
42	臺中火力電廠	13.82	35.74	9.51	10.20
43	臺中港試驗線 0m	27.18	70.61	15.47	16.79
44	臺中港試驗線 100m	6.70	10.18	6.67	5.51
45	臺中港試驗線 1Km	8.26	24.65	6.57	8.35
46	五甲安檢所	26.35	70.36	31.40	6.96
47	通霄火力電廠	26.06	101.10	47.31	33.72
48	外埔安檢所	55.84	287.41	2.28	3.49
49	平鎮工業區(力鋼)	1.65	2.49	1.10	2.10
50	桃園試驗線 0m	34.88	87.16	114.47	-
51	桃園試驗線 300m	17.03	12.11	18.57	-
52	桃園試驗線 1Km	11.09	13.10	6.25	11.05
53	臺北市區	3.06	5.23	3.58	2.82
54	陽明山國家公園	2.54	5.81	2.38	1.22
55	北橫巴陵	0.54	1.60	0.34	0.03
56	阿里山	0.59	1.62	0.92	1.02
57	東北角	6.05	8.52	3.39	-
58	臺北港監測站	4.43	7.41	5.28	1.47
59	永安安檢所	10.71	11.51	20.81	3.86
60	新竹漁港	112.50	115.11	41.69	79.34

註：- 表示試體遺失

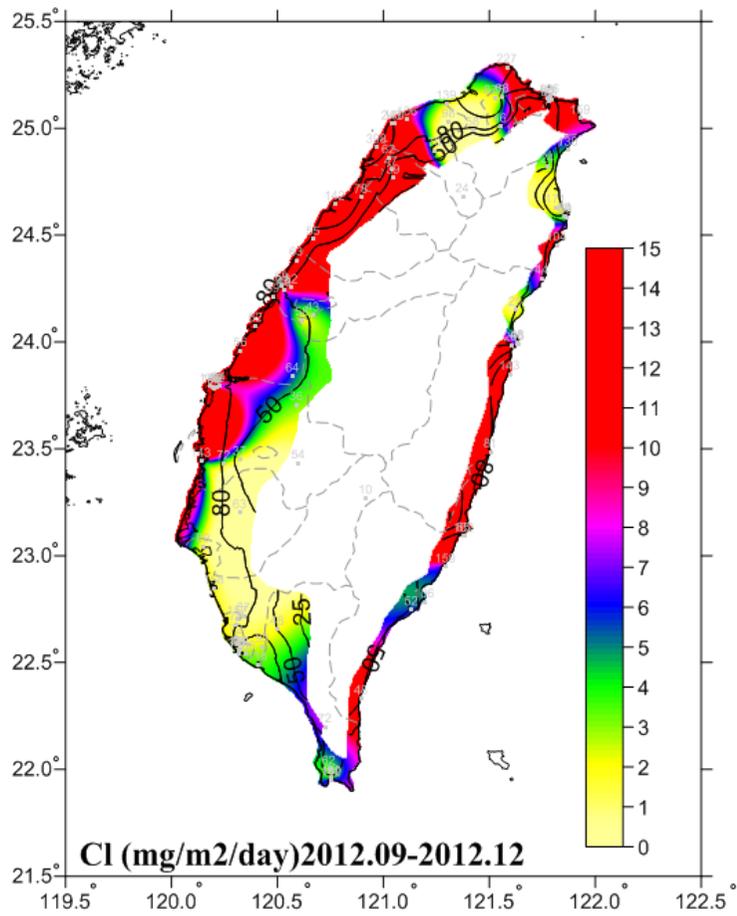


圖 4.1 2012.09-2012.12 氯鹽沉積速率(mg/m²/day)

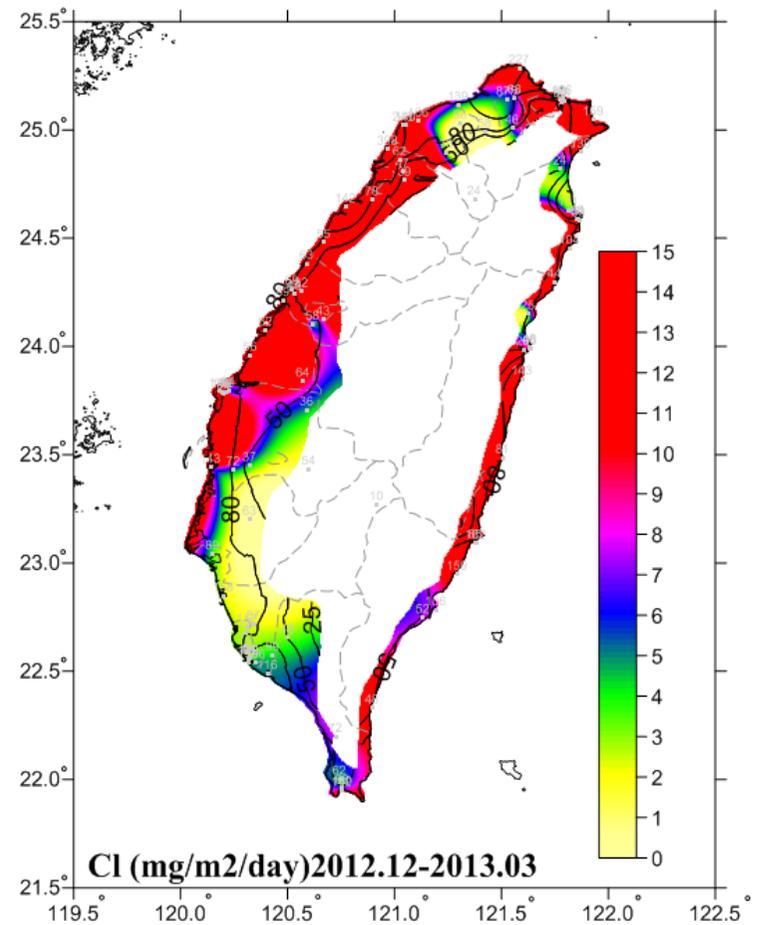


圖 4.2 2010.12-2013.03 氯鹽沉積速率(mg/m²/day)

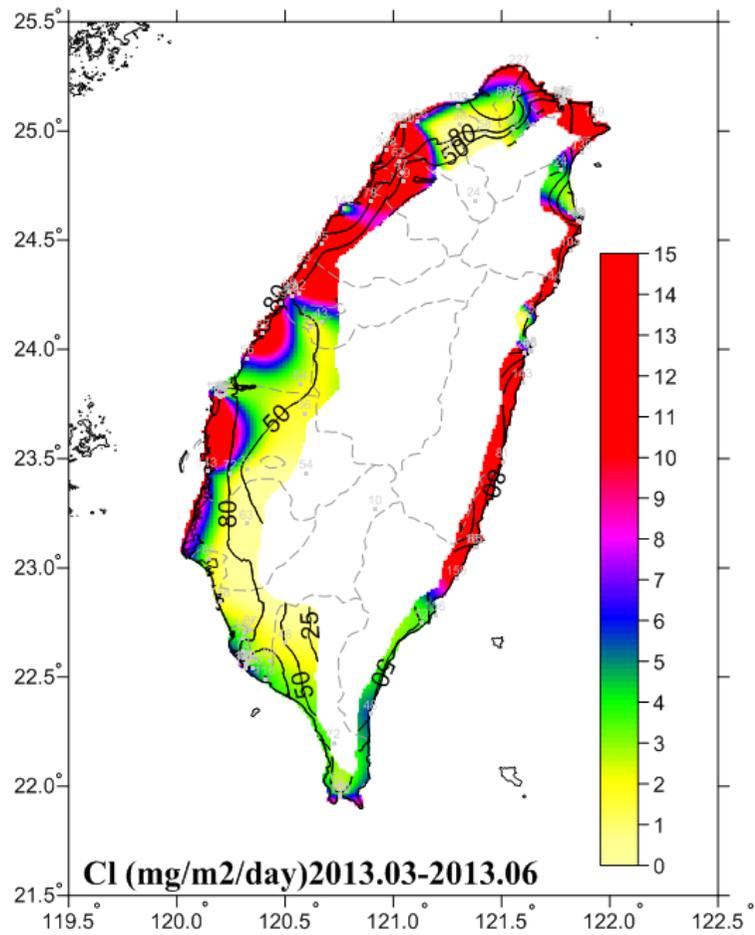


圖 4.3 2013.03-2013.06 氯鹽沉積速率(mg/m²/day)

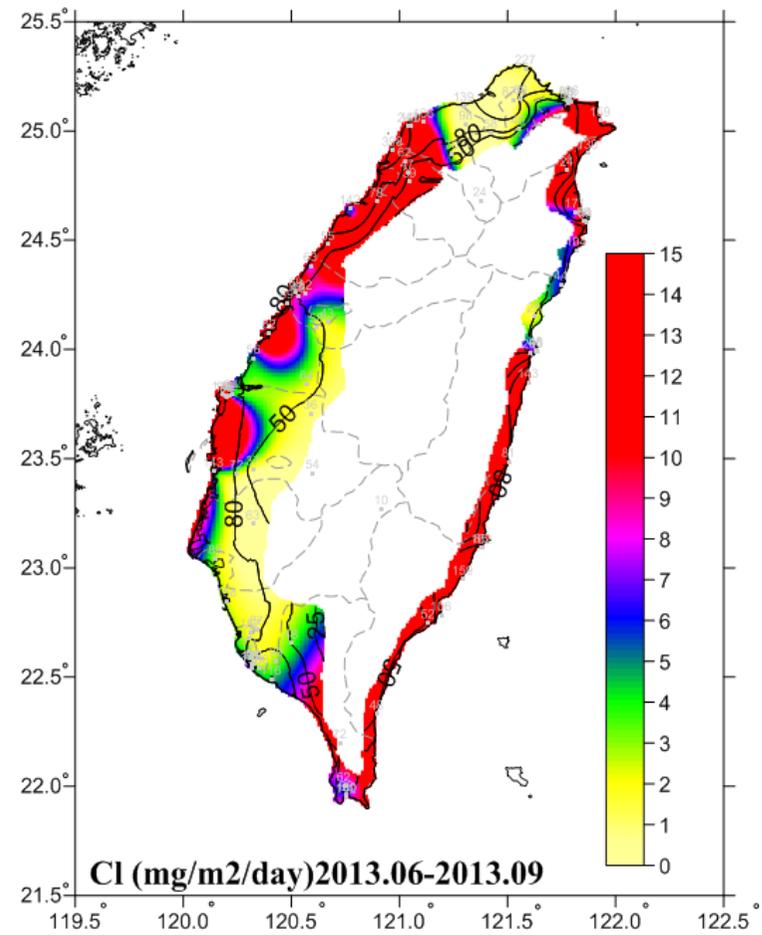
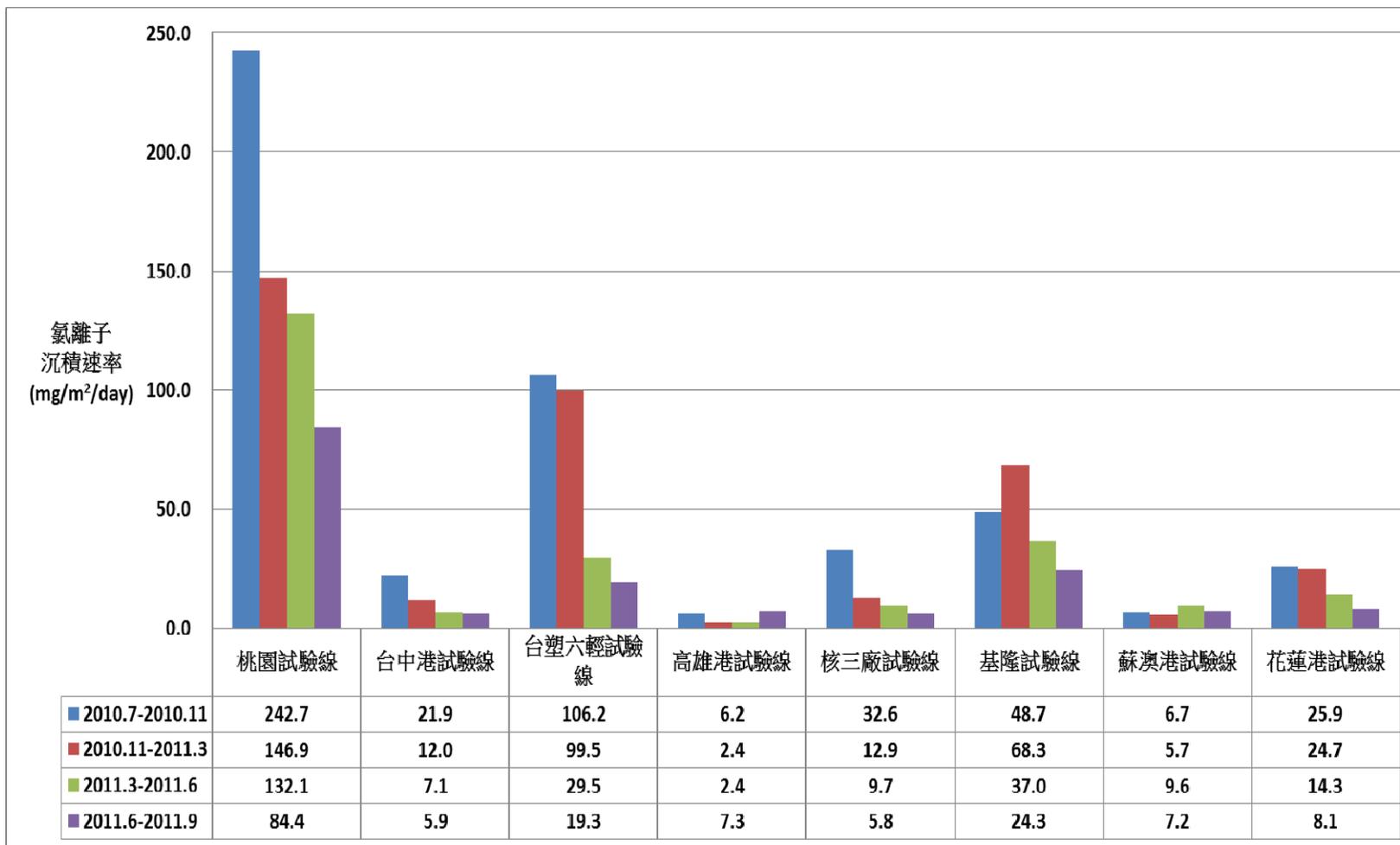


圖 4.4 2013.06-2013.09 氯鹽沉積速率(mg/m²/day)



註 1：氯離子沉積速率為各試驗線測站平均值

圖 4.5 四次調查之垂直海岸試驗線氯鹽沉積速率

4.2 二氧化硫沉積速率調查結果

表 4-2 為各試驗位址二氧化硫沉積速率計算結果。四次採樣調查的時間與氣鹽沉積速率調查的時間相同，分別為為 2012.09-2012.12(秋季)，2012.12-2013.03(冬季)，2013.03-2013.06(春季)，2013.06-2013.09(夏季)。

第一次調查期間 2012.09-2012.12(秋季)，陽明山硫磺區的二氧化硫沉積速率最大 1690.70 mg/m²/day，其餘介於北橫巴陵 1.23 mg/m²/day 至 876.99 mg/m²/day 觀音工業區之間。較高的沉積速率發生在桃園試驗線 0m 560.68 mg/m²/day、龍德工業區 325.68 mg/m²/day、彰濱工業區 300.98 mg/m²/day 大發工業區 270.25 mg/m²/day 其值均大於 CNS 13401 (ISO 9223)的最高分類標準 P3, 200 mg/m²/day。高鐵沿線二氧化硫沉積速率的分布以臺中站最高 99.19mg/m²/day、左營站次之 78.36 mg/m²/day、嘉義站最低為 70.25mg/m²/day。東部海岸因無石化工業區或電廠的設立，除龍德工業區 325.68 mg/m²/day 外，二氧化硫沉積速率僅介於 10.16 mg/m²/day 太魯閣國家公園與 23.15mg/m²/day 豐樂工業區之間。

第二次調查 2012.12-2013.03(冬季)，二氧化硫沉積速率以陽明山硫磺區的二氧化硫沉積速率最高為 2725.41 mg/m²/day，其餘介於 20.86 mg/m²/day 美崙工業區至 802.33 mg/m²/day 觀音工業區之間。其次較高的沉積速率發生在彰濱工業區 649.51 mg/m²/day、中油林園廠 529.85 mg/m²/day、桃園試驗線 0m 501.38 mg/m²/day、竹南工業區 320.30 mg/m²/day、通霄火力發電廠 277.19 mg/m²/day、臺中火力發電廠 262.29 mg/m²/day 與關連工業區 215.88 mg/m²/day 其值均大於 200 mg/m²/day。高鐵沿線二氧化硫沉積速率的分布以臺中站嘉義站最高 119.29mg/m²/day、臺中站次之 105.29mg/m²/day、最低為左營站 102.57 mg/m²/day。

第三次調查 2013.03-2013.06(春季)，二氧化硫沉積速率陽明山硫磺區的二氧化硫沉積速率最高為 3986.78 mg/m²/day，其餘介於 31.10 mg/m²/day 美崙工業區至 906.05mg/m²/day 隆德工業區之間。依序較高

的沉積速率發生在陽明山國家公園 406.20mg/m²/day、觀音工業區 397.54mg/m²/day、臨海工業區 385.22 mg/m²/day 其值均大於 CNS 13401 (ISO 9223)的最高分類標準 P3, 200 mg/m²/day。高鐵沿線二氧化硫沉積速率的分布以左營站最高 92.91 mg/m²/day、臺中站次之 90.25mg/m²/day、最低為嘉義站 60.77 mg/m²/day。

第四次調查期間 2013.06-2013.09(夏季)，二氧化硫沉積速率以陽明山硫磺區最高，約為 1018.36mg/m²/day，其餘介於 11.85mg/m²/day 北橫巴陵至 568.22 mg/m²/day 龍德工業區之間。依序較高的沉積速率發生在臨海工業區 464.04mg/m²/day、平鎮工業區 328.98 mg/m²/day、桃園試驗線 1Km 257.49 mg/m²/day、興達火力電廠 213.36mg/m²/day 其值均大於 CNS 13401 (ISO 9223)的最高分類標準 P3, 200 mg/m²/day。高鐵沿線二氧化硫沉積速率的分佈由大到小依序為臺中站、左營站、嘉義站，分別為 117.20、104.73、58.95mg/m²/day。

各石化廠與火力電廠、高鐵沿線、都市地區以及重要工業區之二氧化硫沉積速率彙整如表 4-3 所示。

4.2.1 二氧化硫沉積速率季節性之比較

圖 4.7 至圖 4.10 為四次採樣期間內之二氧化硫沉積速率等位圖，圖中，黃色表示二氧化硫沉積速率為 0~10 mg/m²/day 的區域，綠色表示沉積速率為 10~35 mg/m²/day 的區域，藍色表示沉積速率為 35~80 mg/m²/day 的區域，粉紅色表示 80~200 mg/m²/day 的區域，紅色則為大於 200 mg/m²/day 的區域。

四次調查的結果分佈情形。在西海岸秋季(2012.09 -2012.12)與冬季(2012.12 -2013.03)期間，以觀音工業區、彰濱工業區、大潭火力電廠、中油林園廠附近二氧化硫沉積速率相較其他季節有顯著增加的趨勢。東海岸四次調查以龍德工業區沉積速率較高，在冬季 (2010.12 -2011.03)期間發現以觀音工業區二氧化硫沉積速率最高，在春季(2013.03 -2013.06)以龍德工業區較高。

表 4-2 二氧化硫沉積速率表

單位：mg/m²/day

項次	試驗期間		2012.09- 2012.12	2012.12- 2013.3	2013.3- 2013.6	2013.6- 2013.9
	試驗地點					
1	基隆試驗線 3Km		24.94	75.08	43.16	41.26
2	龍德工業區		325.68	243.48	906.05	568.22
3	和平工業區		18.99	-	34.15	44.62
4	太魯閣國家公園		10.16	-	34.63	26.71
5	美崙工業區		16.53	20.86	31.10	29.27
6	豐樂工業區		23.15	32.24	35.53	33.15
7	屏東工業區		51.02	56.90	63.20	20.66
8	中油林園廠		46.11	529.85	125.23	199.81
9	臨海工業區		218.36	190.97	385.22	464.04
10	鳳山工業區		127.97	148.99	120.71	127.47
11	大發工業區		270.25	184.32	144.42	107.89
12	高鐵左營站		78.36	102.57	92.91	104.73
13	高雄煉油廠		82.70	116.45	71.45	79.19
14	永安工業區		156.95	186.57	83.04	105.90
15	興達火力電廠		106.18	141.72	-	213.36
16	安平工業區		113.90	186.40	104.94	155.94
17	成大水工所		56.75	121.90	75.00	71.17
18	官田工業區		190.07	298.19	158.23	95.80
19	朴子工業區		93.45	124.95	138.69	88.73
20	高鐵嘉義站		70.25	119.29	60.77	58.95
21	斗六工業區		97.03	133.92	108.06	109.77
22	彰濱工業區		300.93	649.51	102.97	123.09
23	田中工業區		68.44	123.30	82.28	75.30
24	南崗工業區		50.63	74.17	62.58	75.65
25	大里工業區		52.19	79.03	55.92	54.63
26	高鐵臺中站		99.19	105.29	90.25	117.20
27	臺中工業區		70.23	87.39	73.46	82.11
28	關連工業區		114.46	215.88	194.78	124.15
29	臺中火力電廠		174.10	262.29	163.94	117.56
30	臺中港試驗線 100m		58.85	96.08	110.21	99.32
31	通霄火力電廠		145.80	277.19	89.95	100.78
32	竹南工業區		147.39	320.30	188.52	129.86
33	頭份工業區		54.89	119.46	107.79	117.21

項次	試驗期間				
	試驗地點	2012.09-2012.12	2012.12-2013.3	2013.3-2013.6	2013.6-2013.9
34	工研院	74.33	72.78	81.73	48.69
35	新竹工業區	97.14	92.50	123.98	144.73
36	平鎮工業區	61.05	105.72	81.14	53.16
37	桃園試驗線 0m	560.86	501.38	62.66	193.92
38	桃園試驗線 300m	132.35	108.90	144.06	153.74
39	桃園試驗線 1Km	192.86	170.58	187.43	257.49
40	樹林工業區	187.32	162.98	150.24	170.87
41	臺北市區	28.90	43.02	50.91	48.39
42	陽明山國家公園	210.19	250.46	406.20	222.30
43	陽明山硫磺區	1690.70	2725.41	3986.78	1018.36
44	北橫巴陵	1.23	25.43	39.67	11.85
45	阿里山	15.56	38.93	45.84	26.40
46	平鎮工業區(中心)	103.85	133.38	112.95	328.98
47	觀音工業區(中心)	876.99	802.33	397.54	40.24
48	東北角風景區	26.06	47.13	48.68	87.28
49	永安安檢所	127.02	150.65	37.40	127.08

註：- 表示試片遺失

表 4-3 特定試驗點之二氧化硫沉積速率表

試驗地點	試驗期間			
	2012.09-2012.12	2012.12-2013.3	2013.3-2013.6	2013.6-2013.9
高鐵臺中站	99.19	105.29	90.25	117.20
高鐵嘉義站	70.25	119.29	60.77	58.95
高鐵左營站	78.36	102.57	92.91	104.73
高雄煉油廠	82.70	116.45	71.45	79.19
中油林園廠	46.11	529.85	125.23	199.81
大潭火力電廠	560.86	501.38	62.66	193.92
通霄火力電廠	145.80	277.19	89.95	100.78
臺中火力電廠	174.10	262.29	163.94	117.56
興達火力電廠	106.18	141.72	-	213.36
觀音工業區	876.99	802.33	397.54	40.24
彰濱工業區	300.93	649.51	102.97	123.09
大發工業區	270.25	184.32	144.42	107.89
臨海工業區	218.36	190.97	385.22	464.04
龍德工業區	325.68	243.48	906.05	568.22
臺北市區	28.90	43.02	50.91	48.39

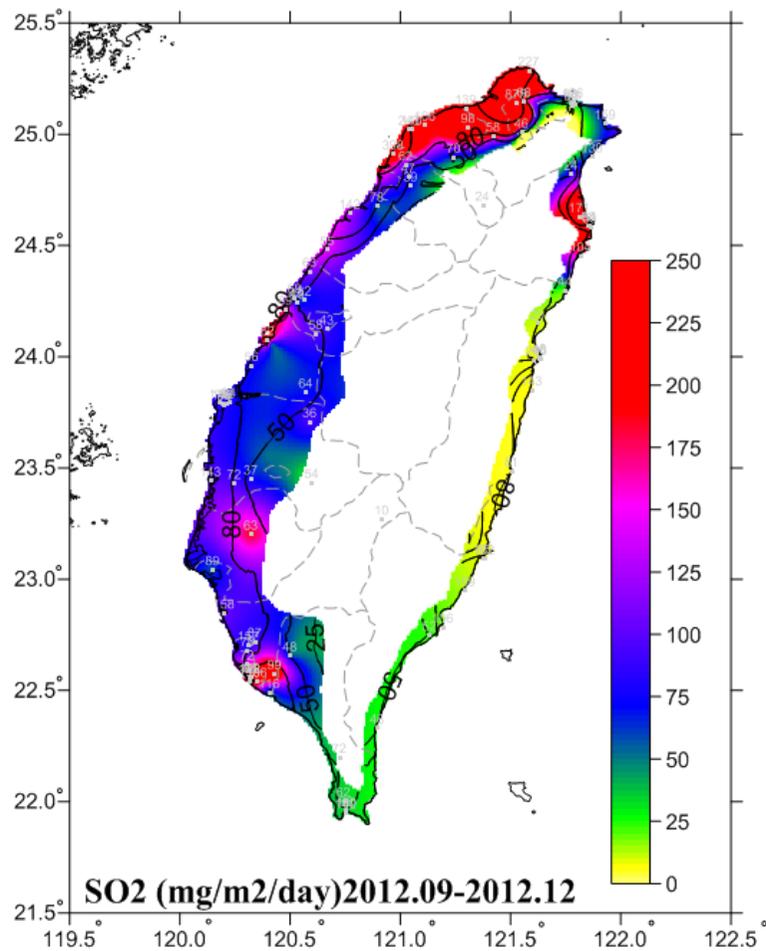


圖 4.6 2012.09-2012.12 二氧化硫沉積速率

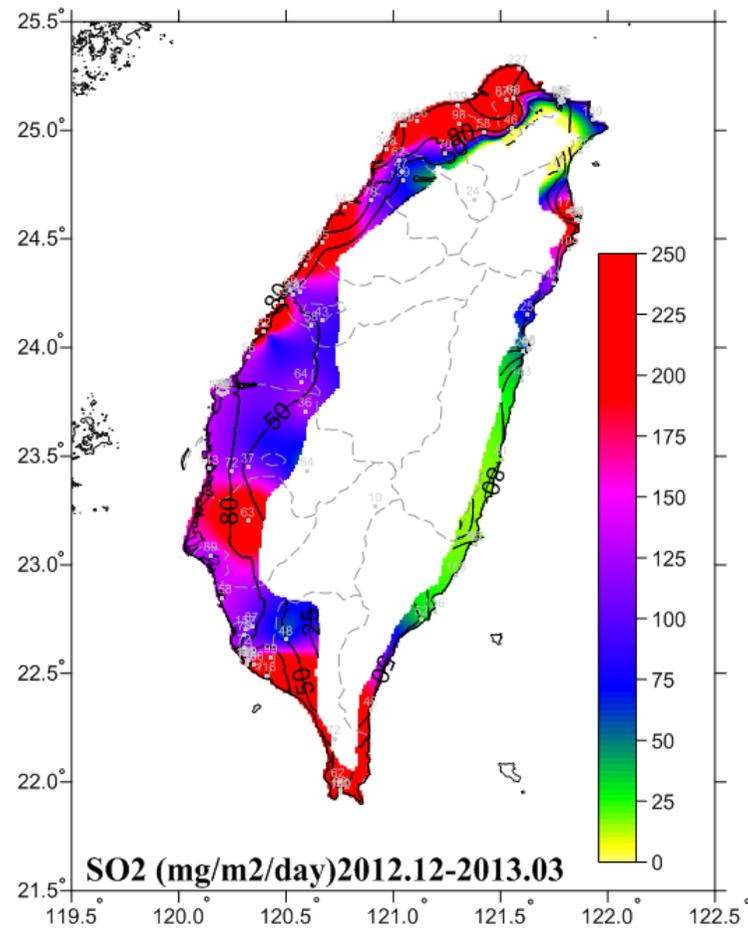


圖 4.7 2012.12-2013.03 二氧化硫沉積速率

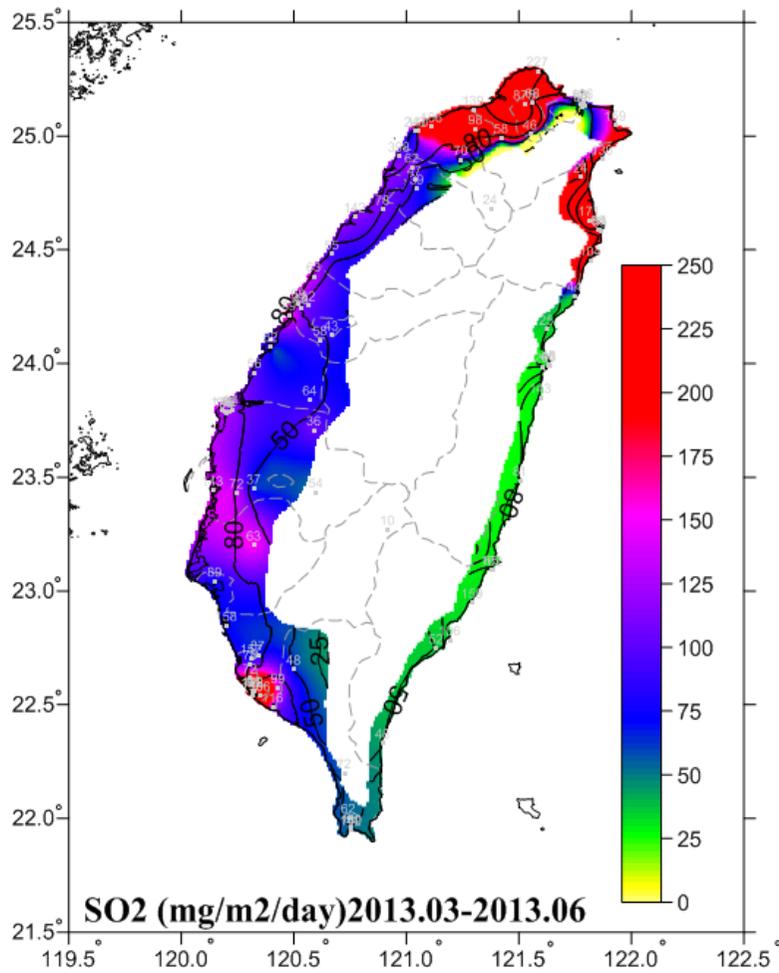


圖 4.8 2013.03-2013.06 二氧化硫沉積速率

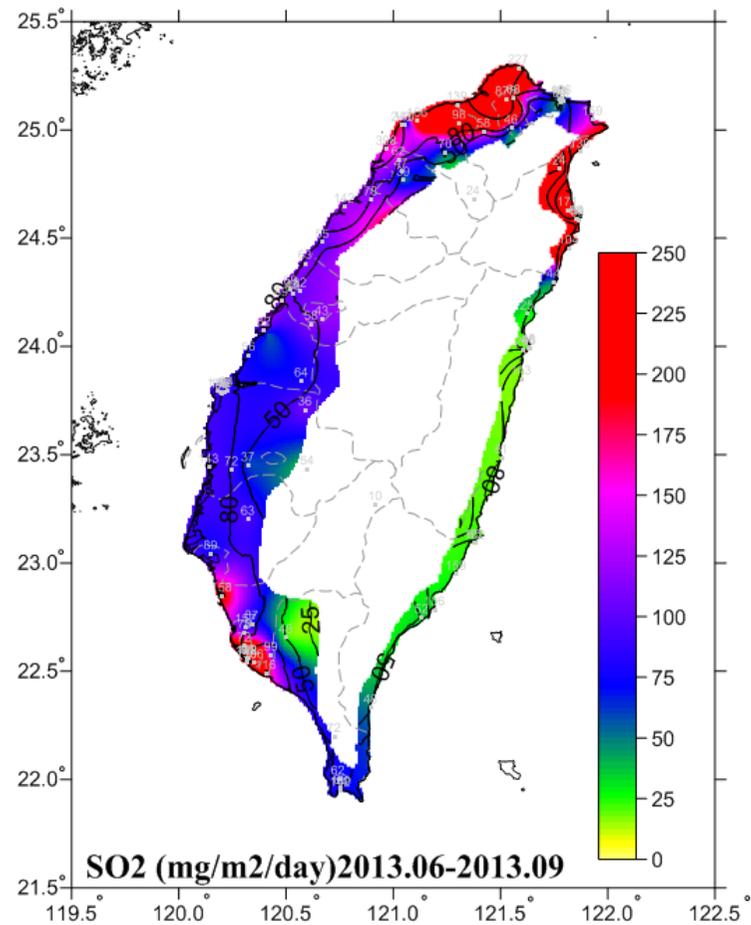


圖 4.9 2013.06-2013.09 二氧化硫沉積速率

4.3 濕潤時間百分比

表 4-4 為各測點四次調查期間，其計算方法為利用中央氣象局氣象站逐時記錄之相對濕度資料，統計試體暴露期間內相對濕度大於 80% 的小時數，再除以總暴露時間(小時數)。若測點所在位置無氣象站，則以鄰近的氣象站資料推估，選用氣象站的名稱如表中括號內所示。圖 4.12 與圖 4.15 分別為為四次採樣期間內之濕潤時間百分比等位圖。

第一次調查期間 2012.09-2012.12(秋季)，濕潤時間百分比(%)介於陽明山 68.4%及核三廠試驗線 15.3%之間，其餘介於 62%至 16%之間，分別為阿里山 62.4%、蘇澳港試驗線 59.8%等地區。而濕潤時間較少有高雄港試驗線 16.6 %、高鐵台中站 17.0%。

第二次調查期間 2012.12-2013.03 (冬季)，濕潤時間百分比介於陽明山國家公園 76.1%及核三廠試驗線 15.3%之間，其餘介於 75%至 20%之間。分別為阿里山、台中試驗線、桃園試驗線、蘇澳試驗線。而濕潤時間介於 20%以下則發生在東部花蓮試驗線 18.3%及、南部高雄港試驗線 16.80 %。

第三次調查期間 2013.03-2013.06 (春季)，濕潤時間百分比介於陽明山 72.80%及台北市區 23.0%之間，其餘介於 62%至 30%之間分別為阿里山 72.7%及東部成功安檢所 62.7%、蘇澳港試驗 62.2%，基隆試驗線 58.9%而濕潤時間介於 30%以下則發生在南部高雄港試驗線 35.2%、安平工業區 34.8%。

第四次調查期間 2013.06-2013.09(夏季)，濕潤時間百分比介於阿里山 76.8%及台北市區 7.9%之間，其餘介於 55%至 20%之間則有陽明山 55.5%、台塑六輕試驗線 47.8%。而濕潤時間介於 20%以下則發生在基隆試驗線 17.1%、北橫巴陵 8.1%。

表 4-4 各試驗點濕潤時間百分比調查表

單位：%

項次	試驗地點	試驗期間			
		2012.09-2012.12	2012.12-2013.3	2013.3-2013.6	2013.6-2013.9
1	基隆試驗線 0m	28.2	58.9	56.0	17.1
2	基隆試驗線 100m	28.2	58.9	56.0	17.1
3	基隆試驗線 3Km	28.2	58.9	56.0	17.1
4	梗枋安檢所	37.4	58.5	48.3	22.2
5	龍德工業區	59.8	66.4	62.2	37.0
6	蘇澳港試驗線 0m	59.8	66.4	62.2	37.0
7	蘇澳港試驗線 100m	59.8	66.4	62.2	37.0
8	蘇澳港試驗線 300m	59.8	66.4	62.2	37.0
9	南澳安檢所	59.8	67.1	62.2	37.0
10	和平工業區	33.4	26.8	46.8	25.0
11	太魯閣國家公園	33.4	26.8	46.8	25.0
12	美崙工業區	33.2	26.7	47.1	25.0
13	花蓮港試驗線 0m	33.2	26.7	47.1	25.0
14	花蓮港試驗線 100m	33.2	26.7	47.1	25.0
15	花蓮港試驗線 300m	33.2	26.7	47.1	25.0
16	橄仔樹安檢所	32.9	27.0	47.1	25.0
17	石梯安檢所	32.9	27.0	47.1	25.0
18	成功試驗線 0m	39.5	37.4	62.7	43.2
19	金樽安檢所	39.5	37.4	62.7	43.2
20	伽蘭安檢所	22.2	18.3	40.3	25.8
21	豐樂工業區	22.2	18.3	40.2	25.9
22	尚武安檢所	22.2	18.3	40.2	25.9
23	核三廠試驗線 0m	15.3	15.1	41.4	32.3
24	核三廠試驗線 100m	15.3	15.1	41.4	32.3
25	核三廠試驗線 300m	15.3	15.1	41.4	32.3
26	核三廠試驗線 1Km	15.3	15.1	41.4	32.3
27	屏東工業區	16.3	17.2	35.5	31.0
28	中油林園廠	16.3	17.2	35.5	31.0
29	臨海工業區	16.3	17.2	35.5	31.0
30	鳳山工業區	16.5	17.2	35.5	31.0

項次	試驗期間				
	試驗地點	2012.09-2012.12	2012.12-2013.3	2013.3-2013.6	2013.6-2013.9
31	大發工業區	16.3	17.2	35.5	31.0
32	高雄港試驗線 0m	16.6	16.8	35.5	31.0
33	高雄港試驗線 100m	16.6	16.8	35.5	31.0
34	高雄港試驗線 300m	16.6	16.8	35.5	31.0
35	高雄港試驗線 1Km	16.6	16.8	35.5	31.0
36	高雄港試驗線 3Km	16.6	16.8	35.5	31.0
37	高鐵左營站	17.3	15.9	36.1	30.5
38	高雄煉油廠	16.7	16.7	35.9	30.7
39	永安工業區	16.7	16.7	35.7	30.9
40	興達火力電廠	16.7	16.7	35.7	30.9
41	安平工業區	23.1	30.7	34.8	32.1
42	成大水工所	23.1	30.6	35.0	32.1
43	官田工業區	22.7	30.4	34.6	33.1
44	東石安檢所	29.0	30.2	31.8	27.7
45	朴子工業區	43.6	49.5	40.8	47.8
46	高鐵嘉義站	44.3	50.1	39.8	47.2
47	斗六工業區	42.2	50.1	46.6	41.9
48	台塑六輕試驗線 0m	42.9	50.0	40.8	47.8
49	台塑六輕試驗線 100m	42.9	50.0	40.8	47.8
50	台塑六輕試驗線 300m	42.9	50.0	40.8	47.8
51	台塑六輕試驗線 1Km	42.9	50.0	40.8	47.8
52	台塑六輕試驗線 3Km	42.9	50.0	40.8	47.8
53	王功安檢所	38.4	73.9	56.0	28.7
54	彰濱工業區	38.4	73.9	56.0	28.7
55	田中工業區	20.4	27.2	36.2	33.8
56	南崗工業區	19.2	28.1	36.0	33.8
57	大里工業區	19.2	28.1	36.0	33.8
58	高鐵臺中站	17.0	33.1	31.5	30.1
59	臺中工業區	19.2	28.1	36.0	33.8
60	關連工業區	38.8	75.3	56.0	28.7

項次	試驗期間				
	試驗地點	2012.09-2012.12	2012.12-2013.3	2013.3-2013.6	2013.6-2013.9
61	臺中火力電廠	38.2	75.4	54.4	29.0
62	臺中港試驗線 0m	38.8	75.3	56.0	29.5
63	臺中港試驗線 100m	38.9	75.9	52.4	28.4
64	臺中港試驗線 1Km	37.3	75.7	55.3	28.7
65	五甲安檢所	37.8	75.1	55.4	29.8
66	通霄火力電廠	37.8	75.1	55.4	29.8
67	外埔安檢所	37.8	75.1	55.4	29.8
68	竹南工業區	38.7	56.3	48.4	25.6
69	頭份工業區	38.7	56.3	48.4	25.6
70	工研院	38.7	56.3	48.4	25.6
71	新竹工業區	36.5	52.0	45.2	24.6
72	平鎮工業區	36.3	52.1	47.1	24.1
73	桃園試驗線 0m	36.1	52.4	46.1	24.5
74	桃園試驗線 300m	46.8	66.9	54.6	25.0
75	桃園試驗線 1Km	46.8	66.9	50.3	27.3
76	樹林工業區(服務中心)	24.4	22.5	23.1	8.0
77	臺北市區	24.6	22.6	23.0	7.9
78	陽明山國家公園	68.4	76.1	72.8	55.5
79	陽明山硫磺區	68.4	76.1	72.8	55.5
80	北橫巴陵	24.2	22.7	23.2	8.1
81	阿里山	62.4	55.4	72.7	76.8
82	東北角風景管理處	55.2	52.9	62.0	45.6
83	臺北港監測站	46.6	66.5	55.0	24.6
84	平鎮工業區(服務中心)	46.5	66.5	55.7	24.7
85	觀音工業區(服務中心)	36.3	52.1	46.1	24.5
86	永安安檢所	47.9	52.1	46.1	24.5
87	新竹漁港	38.7	56.3	48.4	25.6

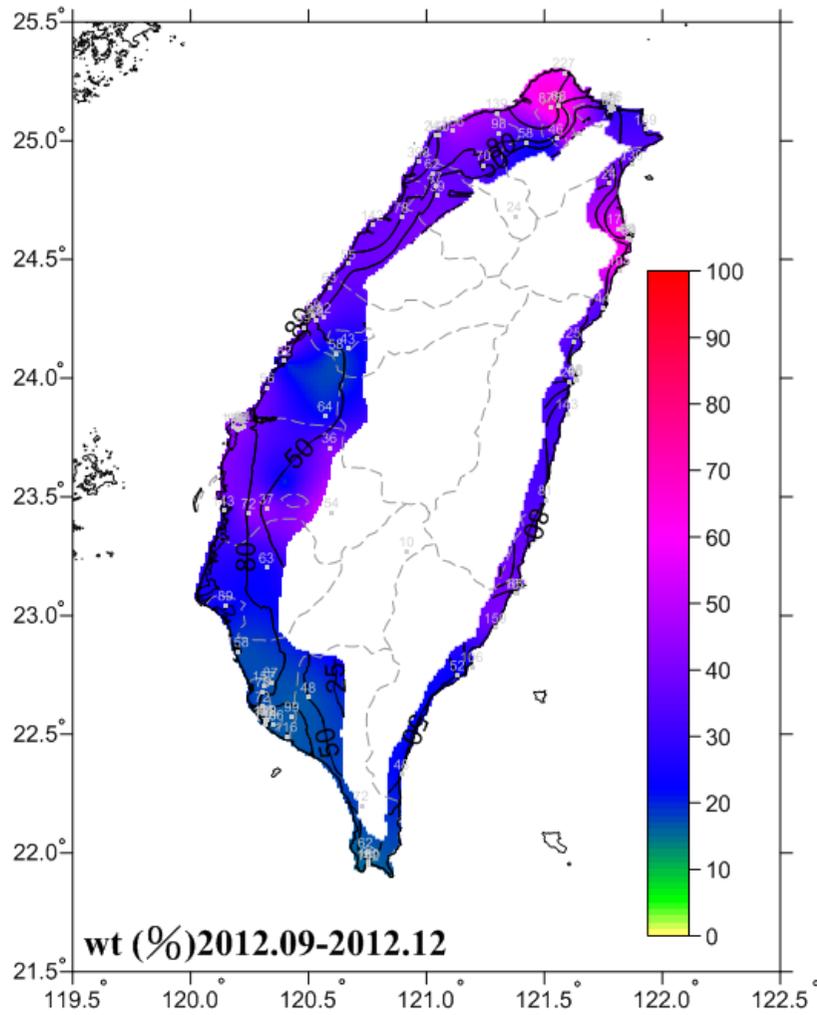


圖 4.10 2012.09-2012.12 濕潤時間百分比

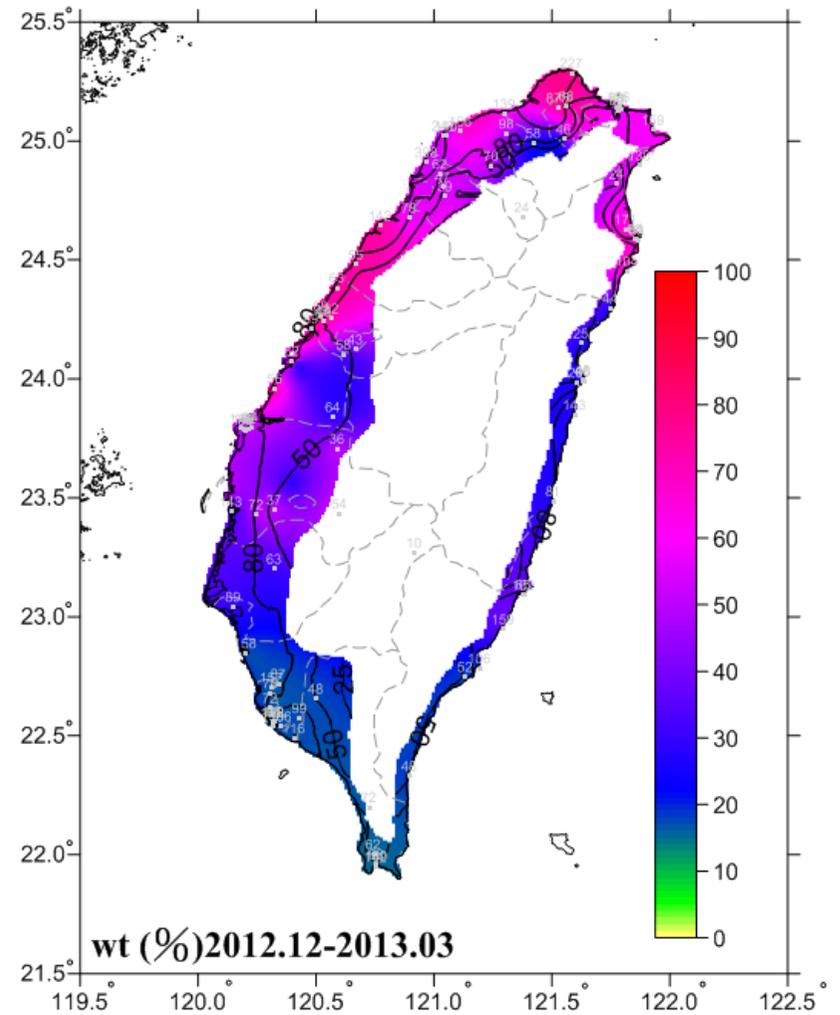


圖 4.11 2012.12-2013.03 濕潤時間百分比

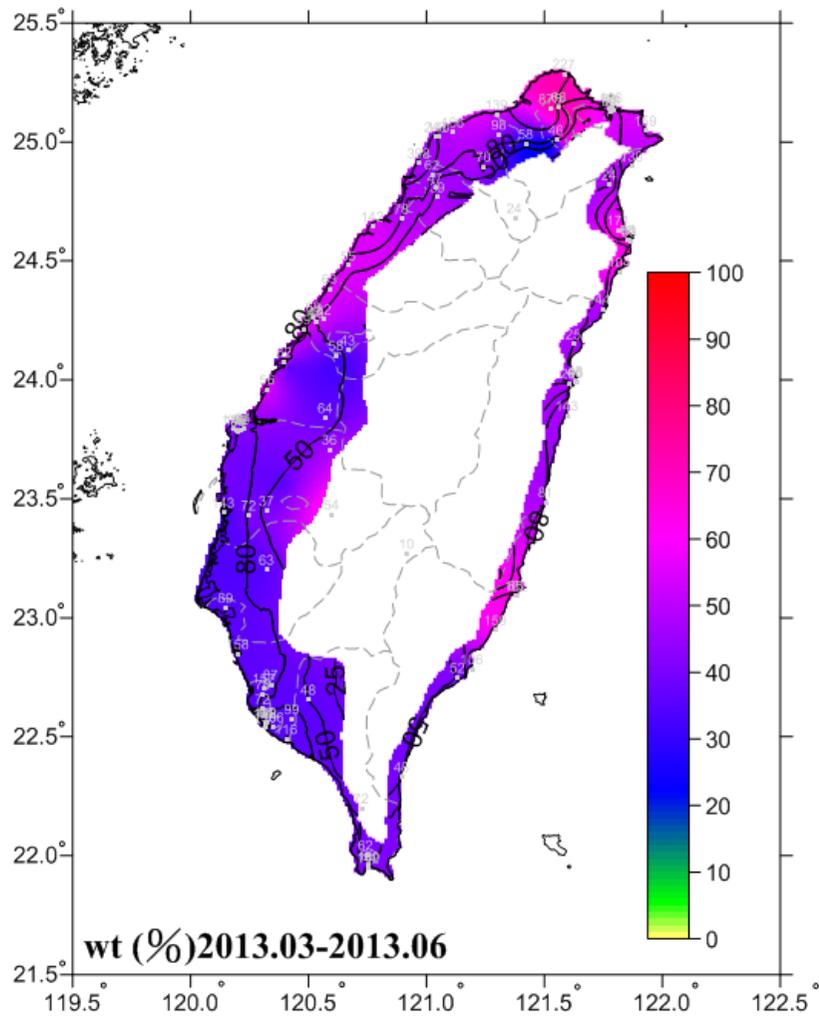


圖 4.12 2013.03-2013.06 濕潤時間百分比

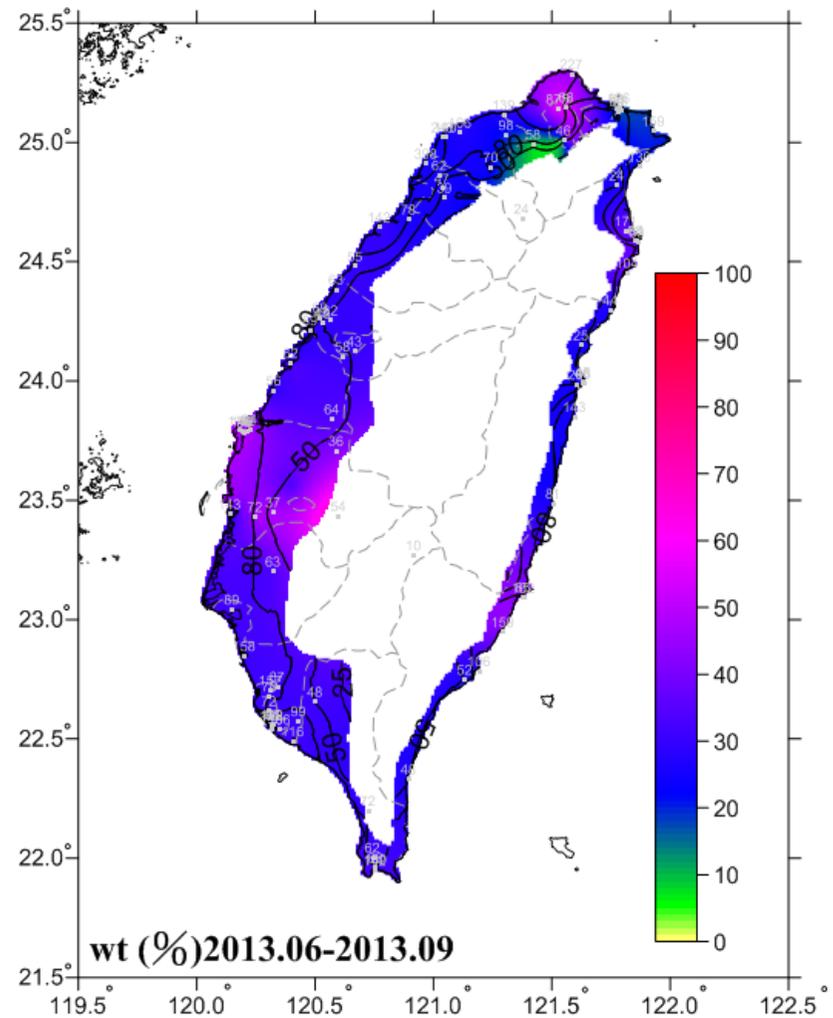


圖 4.13 2013.06-2013.09 濕潤時間百分比

4.4 現地暴露試驗結果

今彙整四次採樣之各金屬之腐蝕速率計算結果，如表 4-5 至表 4-8 所示。

第一次調查期間 2012.09-2012.12，秋季期間，碳鋼金屬大氣腐蝕速率介於 24.31 $\mu\text{m}/\text{yr}$ (北橫巴陵)至 688.61 $\mu\text{m}/\text{yr}$ (陽明山硫磺區)之間；其他依序以 444.63 $\mu\text{m}/\text{yr}$ (基隆試驗線 100m)、及 373.94 $\mu\text{m}/\text{yr}$ (台塑六輕試驗線 0m)、314.51 $\mu\text{m}/\text{yr}$ (王功安檢所)試片腐蝕速率較大。針對鋅金屬介於 2.87 $\mu\text{m}/\text{yr}$ (高雄港試驗線)至 31.51 $\mu\text{m}/\text{yr}$ (台塑六輕試驗線 3Km)之間；銅金屬介於 0.07 $\mu\text{m}/\text{yr}$ (北橫巴陵)至 70.26 $\mu\text{m}/\text{yr}$ (陽明山硫磺區)之間；而鋁金屬則介於 0.51 (北橫巴陵)至 41.75 $\text{g}/\text{m}^2/\text{yr}$ (桃園試驗線 300m)之間。

第二次調查期間 2012.12-2013.03，冬季期間，碳鋼金屬大氣腐蝕速率介於 31.40 $\mu\text{m}/\text{yr}$ (北橫巴陵)至 814.11 $\mu\text{m}/\text{yr}$ (外埔安檢所)之間；鋅金屬介於 2.55 $\mu\text{m}/\text{yr}$ (南崗工業區)至 23.88 $\mu\text{m}/\text{yr}$ (台中港試驗線 0m)之間；銅金屬介於 0.89 $\mu\text{m}/\text{yr}$ ((北橫巴陵)至 73.49 $\mu\text{m}/\text{yr}$ (陽明山硫磺區)之間；而鋁金屬則介於 1.06 $\text{g}/\text{m}^2/\text{yr}$ (阿里山)至 46.33 $\text{g}/\text{m}^2/\text{yr}$ (新竹漁港)之間。

第三次調查期間 2013.03-2013.06，春季期間，碳鋼金屬大氣腐蝕速率介於 14.14 $\mu\text{m}/\text{yr}$ (臺中火力電廠)至 545.85 $\mu\text{m}/\text{yr}$ (陽明山硫磺區)之間；鋅金屬介於 2.69 $\mu\text{m}/\text{yr}$ (阿里山)至 23.26 $\mu\text{m}/\text{yr}$ (桃園試驗線 0m)之間；銅金屬介於 0.68 $\mu\text{m}/\text{yr}$ (北橫巴陵)至 118.91 $\mu\text{m}/\text{yr}$ (陽明山硫磺區)之間；而鋁金屬則介於 0.85 $\text{g}/\text{m}^2/\text{yr}$ (阿里山)至 34.31 $\text{g}/\text{m}^2/\text{yr}$ (桃園試驗線 0m)之間。

第四次調查期間 2013.06-2013.09，夏季期間，碳鋼金屬大氣腐蝕速率介於 7.85 $\mu\text{m}/\text{yr}$ (北橫巴陵)至 793.34 $\mu\text{m}/\text{yr}$ (陽明山硫磺區)之間；鋅金屬介於 4.43 $\mu\text{m}/\text{yr}$ (蘇澳港試驗線 100m)至 29.07 $\mu\text{m}/\text{yr}$ (永安安檢所)之間；銅金屬介於 0.65 $\mu\text{m}/\text{yr}$ (北橫巴陵)至 87.14 $\mu\text{m}/\text{yr}$ (陽明山硫磺區)之間；而鋁金屬則介於 0.75 $\text{g}/\text{m}^2/\text{yr}$ (美崙工業區)至 21.60 $\text{g}/\text{m}^2/\text{yr}$ (桃園試驗線 0m)之間。

表 4-5 碳鋼之腐蝕速率表

單位：μm/yr

項次	試驗期間				
	試驗地點	2012.09- 2012.12	2012.12- 2013.3	2013.3- 2013.6	2013.6- 2013.9
1	基隆港試驗線 0m	195.47	374.06	128.23	115.59
2	基隆港試驗線 100m	444.63	652.03	180.92	199.36
3	基隆港試驗線 3km	132.50	269.48	95.85	85.58
4	梗枋安檢所	148.09	171.98	135.44	319.46
5	龍德工業區	245.61	189.53	382.58	180.17
6	蘇澳港試驗線 0m	95.83	102.97	92.85	108.36
7	蘇澳港試驗線 100m	119.71	116.77	95.36	134.64
8	蘇澳港試驗線 300m	-	85.49	62.92	108.28
9	南澳安檢所	113.01	91.11	98.77	145.89
10	和平工業區	50.25	43.51	67.26	65.38
11	太魯閣國家公園管理處	51.70	43.00	53.47	57.16
12	美崙工業區	89.96	79.10	134.45	64.65
13	花蓮港試驗線 0m	151.60	165.32	162.01	155.72
14	花蓮港試驗線 100m	109.37	112.35	92.20	99.16
15	花蓮港試驗線 300m	91.47	92.11	79.05	87.69
16	橄仔樹安檢所	229.44	259.37	260.12	158.73
17	石梯安檢所	151.72	132.32	110.58	112.85
18	新港安檢所(成功)	-	131.48	138.42	-
19	金樽安檢所(東河)	125.86	143.89	161.30	167.50
20	伽蘭安檢所(富岡)	122.16	98.50	94.47	147.57
21	豐樂工業區	-	37.94	32.86	45.81
22	尚武安檢所	159.38	177.97	87.10	120.15
23	核三廠試驗線 0M	77.61	78.61	84.74	135.44
24	核三廠試驗線 100M	59.21	90.00	76.26	130.16
25	核三廠試驗線 300M	97.85	96.84	82.53	122.05
26	核三廠試驗線 1KM	57.45	61.21	62.90	97.93
27	屏東工業區	44.03	38.57	52.10	58.23
28	中油林園廠	65.38	63.06	136.95	126.82
29	臨海工業區	66.03	70.67	105.37	120.92
30	鳳山工業區	83.28	48.51	123.60	67.75
31	大發工業區	81.49	74.14	108.50	134.92
32	高雄港試驗線 0m	71.42	-	108.56	166.07
33	高雄港試驗線 100m	52.72	60.14	99.29	110.31
34	高雄港試驗線 300m	-	63.46	66.14	131.60

項次	試驗期間				
	試驗地點	2012.09- 2012.12	2012.12- 2013.3	2013.3- 2013.6	2013.6- 2013.9
35	高雄港試驗線 1km	51.14	47.72	86.80	83.50
36	高雄港試驗線 3km	39.14	39.74	76.30	84.18
37	高鐵左營站	45.85	61.48	57.48	70.27
38	高雄煉油廠	49.17	60.68	95.22	69.66
39	永安工業區	69.57	87.98	100.97	125.59
40	興達火力電廠	69.21	93.84	92.63	137.12
41	安平工業區	54.46	71.10	73.58	124.63
42	成大水工所	55.63	69.76	63.96	113.00
43	官田工業區	58.69	83.88	79.68	99.44
44	東石安檢所	72.89	133.23	128.37	139.80
45	朴子工業區	78.48	140.31	91.33	114.82
46	高鐵嘉義站	58.56	89.95	38.58	67.91
47	斗六工業區	44.30	30.11	53.12	52.64
48	台塑六輕試驗線 0m	373.94	403.97	200.73	336.39
49	台塑六輕試驗線 100m	307.37	405.41	175.58	309.41
50	台塑六輕試驗線 300m	260.72	447.43	162.64	274.00
51	台塑六輕試驗線 1km	278.77	402.26	135.39	246.96
52	台塑六輕試驗線 3km	206.20	411.14	150.77	209.78
53	王功安檢所	314.51	555.73	279.71	171.17
54	彰濱工業區	203.68	573.31	183.97	117.96
55	田中工業區	49.93	76.35	70.10	57.59
56	南崗工業區	49.07	124.68	67.51	72.67
57	大里工業區	38.92	111.33	45.53	58.78
58	高鐵臺中站	50.20	75.42	59.02	70.69
59	臺中工業區	70.41	155.83	75.02	84.69
60	關聯工業區	85.70	263.72	103.24	107.94
61	臺中火力電廠	154.57	286.58	114.70	115.94
62	臺中港試驗線 0m	131.89	604.01	144.00	116.09
63	臺中港試驗線 100m	73.64	278.27	86.40	104.51
64	臺中港試驗線 1km	79.52	259.25	79.65	92.99
65	五甲安檢所	164.23	541.95	139.28	116.62
66	通霄火力電廠	134.22	413.42	185.40	151.46
67	外埔安檢所	262.36	814.11	220.97	158.08
68	竹南工業區	103.94	289.60	122.71	111.15

項次	試驗期間				
	試驗地點	2012.09- 2012.12	2012.12- 2013.3	2013.3- 2013.6	2013.6- 2013.9
69	頭份工業區	69.03	149.15	92.90	79.02
70	工研院	65.44	118.73	73.54	55.56
71	新竹工業區	77.65	134.31	72.81	142.70
72	平鎮工業區	104.03	202.96	93.50	93.21
73	桃園試驗線 0m	241.55	534.16	374.50	274.59
74	桃園試驗線 300m	309.71	457.99	185.74	176.41
75	桃園試驗線 1km	181.52	259.25	144.00	169.22
76	樹林工業區(服務中心)	139.62	71.22	113.20	98.82
77	臺北市	138.23	107.48	57.80	55.70
78	陽明山國家公園管理處	272.80	317.62	220.60	135.72
79	陽明山硫磺區	688.61	209.32	926.30	534.85
80	阿里山	24.31	4.50	31.40	14.14
81	北橫巴陵	29.17	33.12	39.80	29.27
82	東北角風景管理處	213.32	300.82	142.00	237.85
83	臺北港監測站	150.28	151.46	77.90	75.64
84	平鎮工業區(服務中心)	99.04	183.74	95.90	104.46
85	觀音工業區(服務中心)	164.81	498.09	138.90	156.15
86	永安安檢所	178.39	600.94	224.90	224.02
87	新竹漁港	180.89	679.42	274.50	242.65

註：- 表示試片遺失

表 4-6 鋅之腐蝕速率表

單位：μm/yr

項次	試驗期間		2012.09- 2012.12	2012.12- 2013.3	2013.3- 2013.6	2013.6- 2013.9
	試驗地點					
1	基隆港試驗線 0m		8.07	15.06	5.40	5.92
2	基隆港試驗線 100m		12.09	12.98	6.25	6.31
3	基隆港試驗線 3km		9.15	8.37	7.14	9.60
4	梗枋安檢所		9.57	11.65	6.61	7.22
5	龍德工業區		6.78	8.42	-	8.58
6	蘇澳港試驗線 0m		7.46	7.79	9.21	7.86
7	蘇澳港試驗線 100m		9.68	6.00	8.42	4.43
8	蘇澳港試驗線 300m		-	5.55	6.74	4.88
9	南澳安檢所		9.17	7.75	6.47	8.70
10	和平工業區		3.79	5.63	6.03	7.43
11	太魯閣國家公園管理處		5.66	4.94	7.71	8.75
12	美崙工業區		6.96	4.13	-	5.87
13	花蓮港試驗線 0m		10.47	13.53	6.26	8.62
14	花蓮港試驗線 100m		7.66	7.45	7.49	8.10
15	花蓮港試驗線 300m		6.29	8.02	6.13	8.43
16	檳仔樹安檢所		16.21	11.16	7.78	11.07
17	石梯安檢所		11.62	7.14	6.08	6.24
18	新港安檢所(成功)		-	10.63	7.84	11.16
19	金樽安檢所(東河)		8.60	12.34	10.97	14.46
20	伽蘭安檢所(富岡)		11.73	9.61	7.01	8.03
21	豐樂工業區		3.65	5.20	4.90	8.63
22	尚武安檢所		13.79	16.95	5.32	8.26
23	核三廠試驗線 0M		7.38	8.18	8.58	10.18
24	核三廠試驗線 100M		6.66	9.46	4.47	7.99
25	核三廠試驗線 300M		8.67	6.35	7.59	11.69
26	核三廠試驗線 1KM		7.41	4.63	6.16	10.87
27	屏東工業區		4.84	6.28	4.03	10.02
28	中油林園廠		3.52	7.89	-	8.41
29	臨海工業區		4.63	9.37	6.14	8.77
30	鳳山工業區		5.80	3.20	3.88	7.67
31	大發工業區		5.35	4.27	5.76	10.79
32	高雄港試驗線 0m		4.68	-	7.29	6.38
33	高雄港試驗線 100m		2.87	4.56	6.37	4.56
34	高雄港試驗線 300m		5.28	6.44	10.32	-

項次	試驗期間				
	試驗地點	2012.09-2012.12	2012.12-2013.3	2013.3-2013.6	2013.6-2013.9
35	高雄港試驗線 1km	4.89	3.60	7.01	8.77
36	高雄港試驗線 3km	3.32	4.34	3.69	3.95
37	高鐵左營站	5.78	2.76	4.54	6.51
38	高雄煉油廠	5.26	5.45	12.47	7.05
39	永安工業區	5.05	5.69	7.16	8.73
40	興達火力電廠	5.22	4.93	9.09	7.66
41	安平工業區	4.08	6.41	8.30	7.52
42	成大水工所	4.58	3.80	6.76	8.90
43	官田工業區	3.37	5.23	8.64	8.80
44	東石安檢所	6.66	7.03	6.27	8.53
45	朴子工業區	7.53	5.82	5.88	5.97
46	高鐵嘉義站	6.57	5.40	4.51	5.95
47	斗六工業區	4.59	6.29	7.40	6.36
48	台塑六輕試驗線 0m	26.17	4.51	11.16	8.19
49	台塑六輕試驗線 100m	14.91	10.22	10.08	10.82
50	台塑六輕試驗線 300m	23.74	18.65	10.34	11.96
51	台塑六輕試驗線 1km	16.74	17.57	11.29	7.55
52	台塑六輕試驗線 3km	31.51	17.98	8.29	7.88
53	王功安檢所	15.47	9.53	11.09	7.65
54	彰濱工業區	13.03	10.11	8.60	12.34
55	田中工業區	4.81	2.56	7.84	8.43
56	南崗工業區	5.48	2.55	7.52	11.10
57	大里工業區	4.35	4.88	5.38	9.76
58	高鐵臺中站	6.21	6.80	5.21	7.55
59	臺中工業區	6.65	6.89	7.64	8.72
60	關聯工業區	7.88	8.29	6.00	7.55
61	臺中火力電廠	30.68	8.73	6.90	10.98
62	臺中港試驗線 0m	11.69	23.88	9.79	11.21
63	臺中港試驗線 100m	7.66	10.39	7.63	11.89
64	臺中港試驗線 1km	7.94	12.61	6.25	7.67
65	五甲安檢所	12.80	8.88	4.14	8.44
66	通霄火力電廠	15.92	11.70	10.40	12.07
67	外埔安檢所	16.67	22.88	10.41	14.94
68	竹南工業區	5.92	8.22	7.20	7.35
69	頭份工業區	4.42	7.15	7.49	8.87
70	工研院	6.69	6.87	5.70	9.77

項次	試驗期間				
	試驗地點	2012.09- 2012.12	2012.12- 2013.3	2013.3- 2013.6	2013.6- 2013.9
71	新竹工業區	5.77	5.04	7.21	5.23
72	平鎮工業區	6.65	6.77	8.75	9.71
73	桃園試驗線 0m	7.48	13.53	23.26	28.85
74	桃園試驗線 300m	22.10	18.73	14.10	17.76
75	桃園試驗線 1km	12.44	11.39	8.40	7.70
76	樹林工業區(服務中心)	8.13	5.54	7.20	10.04
77	臺北市	10.22	5.86	5.00	6.73
78	陽明山國家公園管理處	9.85	5.99	11.08	5.56
79	陽明山硫磺區	15.82	9.12	12.97	13.26
80	阿里山	7.80	5.64	8.34	11.34
81	北橫巴陵	4.61	7.14	2.69	7.73
82	東北角風景管理處	11.20	7.88	11.58	7.84
83	臺北港監測站	6.43	4.01	7.03	8.10
84	平鎮工業區(服務中心)	8.96	6.77	9.22	9.79
85	觀音工業區(服務中心)	11.57	12.79	9.06	7.49
86	永安安檢所	17.62	14.58	17.52	29.07
87	新竹漁港	12.49	7.53	15.61	21.54

註：- 表示試片遺失

表 4-7 銅之腐蝕速率表

單位：μm/yr

項次	試驗期間		2012.09- 2012.12	2012.12- 2013.3	2013.3- 2013.6	2013.6- 2013.9
	試驗地點					
1	基隆港試驗線 0m		15.58	9.62	5.30	6.77
2	基隆港試驗線 100m		21.24	17.28	6.71	9.36
3	基隆港試驗線 3km		9.23	5.88	3.72	5.40
4	梗枋安檢所		10.45	10.20	14.80	15.59
5	龍德工業區		25.02	20.18	32.32	33.14
6	蘇澳港試驗線 0m		6.20	5.74	4.91	6.43
7	蘇澳港試驗線 100m		6.46	5.80	4.87	6.45
8	蘇澳港試驗線 300m		-	3.21	2.97	7.58
9	南澳安檢所		5.96	6.70	8.95	13.55
10	和平工業區		4.98	3.07	2.37	4.25
11	太魯閣國家公園管理處		2.47	2.53	4.02	2.37
12	美崙工業區		5.48	3.72	2.05	3.79
13	花蓮港試驗線 0m		12.36	12.60	13.12	14.91
14	花蓮港試驗線 100m		9.93	7.76	5.84	6.25
15	花蓮港試驗線 300m		8.74	7.28	5.07	4.98
16	橄仔樹安檢所		12.92	11.84	13.04	15.38
17	石梯安檢所		8.37	6.86	6.18	8.20
18	新港安檢所(成功)		-	13.60	11.80	12.03
19	金樽安檢所(東河)		9.69	12.00	12.68	13.22
20	伽蘭安檢所(富岡)		18.06	25.24	16.58	14.18
21	豐樂工業區		5.36	2.82	2.50	2.59
22	尚武安檢所		11.18	13.93	6.26	7.22
23	核三廠試驗線 0M		13.62	14.07	10.38	7.82
24	核三廠試驗線 100M		7.60	12.27	6.90	7.29
25	核三廠試驗線 300M		11.69	10.66	7.44	6.81
26	核三廠試驗線 1KM		12.50	11.64	5.48	6.12
27	屏東工業區		3.02	2.03	4.05	3.56
28	中油林園廠		7.34	3.43	-	6.76
29	臨海工業區		3.94	3.13	5.84	7.60
30	鳳山工業區		3.67	3.13	2.80	4.33
31	大發工業區		4.99	3.51	8.34	6.68
32	高雄港試驗線 0m		3.04	-	4.72	4.74
33	高雄港試驗線 100m		3.13	5.58	3.81	4.56
34	高雄港試驗線 300m		5.27	5.43	6.73	-
35	高雄港試驗線 1km		2.87	2.69	2.40	3.29

項次	試驗期間				
	試驗地點	2012.09-2012.12	2012.12-2013.3	2013.3-2013.6	2013.6-2013.9
36	高雄港試驗線 3km	1.57	1.47	1.68	2.97
37	高鐵左營站	2.71	3.01	2.84	4.07
38	高雄煉油廠	3.11	3.67	9.66	4.67
39	永安工業區	4.28	4.40	7.07	6.85
40	興達火力電廠	7.02	10.71	8.00	13.82
41	安平工業區	4.92	6.22	7.15	6.95
42	成大水工所	6.03	6.89	4.53	5.99
43	官田工業區	8.71	9.76	7.16	5.40
44	東石安檢所	15.30	8.80	8.61	9.71
45	朴子工業區	6.17	7.11	4.50	4.40
46	高鐵嘉義站	5.52	6.55	3.47	3.45
47	斗六工業區	2.06	2.17	3.37	2.82
48	台塑六輕試驗線 0m	28.67	31.37	12.36	15.33
49	台塑六輕試驗線 100m	28.10	25.13	16.27	18.95
50	台塑六輕試驗線 300m	29.88	24.00	10.65	14.50
51	台塑六輕試驗線 1km	18.09	19.67	8.52	10.33
52	台塑六輕試驗線 3km	26.32	18.47	11.53	16.87
53	王功安檢所	30.62	25.33	19.17	-
54	彰濱工業區	21.66	20.15	8.55	10.35
55	田中工業區	4.95	8.29	4.43	5.41
56	南崗工業區	2.64	2.54	2.61	2.80
57	大里工業區	2.80	1.94	2.66	2.57
58	高鐵臺中站	6.46	4.39	3.20	5.55
59	臺中工業區	7.87	4.57	3.27	3.59
60	關聯工業區	48.04	11.19	4.19	5.99
61	臺中火力電廠	10.53	13.87	6.18	11.05
62	臺中港試驗線 0m	15.41	15.61	7.72	8.97
63	臺中港試驗線 100m	13.22	14.78	4.49	7.61
64	臺中港試驗線 1km	13.06	13.81	4.34	7.33
65	五甲安檢所	17.63	19.67	7.05	11.45
66	通霄火力電廠	13.34	16.49	8.75	15.87
67	外埔安檢所	18.44	23.37	11.12	12.53
68	竹南工業區	6.44	6.34	4.45	6.06
69	頭份工業區	7.85	7.12	3.43	3.98
70	工研院	5.29	4.62	4.22	3.73
71	新竹工業區	4.82	4.29	3.18	3.28

項次	試驗期間		2012.09- 2012.12	2012.12- 2013.3	2013.3- 2013.6	2013.6- 2013.9
	試驗地點					
72	平鎮工業區		-	-	-	-
73	桃園試驗線 0m		36.87	23.87	13.73	20.41
74	桃園試驗線 300m		13.19	10.89	7.29	11.29
75	桃園試驗線 1km		11.98	11.08	5.35	8.20
76	樹林工業區(服務中心)		3.80	2.54	2.80	2.40
77	臺北市		6.91	5.93	2.95	2.73
78	陽明山國家公園管理處		16.49	18.01	25.22	16.35
79	陽明山硫磺區		70.26	73.49	118.91	87.14
80	阿里山		0.07	0.89	0.68	0.65
81	北橫巴陵		2.54	2.45	2.27	2.50
82	東北角風景管理處		9.48	8.42	5.74	7.19
83	臺北港監測站		10.24	5.34	2.53	2.96
84	平鎮工業區(服務中心)		8.62	5.99	4.07	4.79
85	觀音工業區(服務中心)		11.27	9.33	5.42	4.77
86	永安安檢所		17.09	10.87	10.77	20.05
87	新竹漁港		18.35	59.33	12.00	19.61

註：- 表示試片遺失

表 4-8 鋁之腐蝕速率表

單位：g/m²/yr

項次	試驗期間		2012.09- 2012.12	2012.12- 2013.3	2013.3- 2013.6	2013.6- 2013.9
	試驗地點					
1	基隆港試驗線 0m		13.41	13.79	6.44	3.40
2	基隆港試驗線 100m		18.62	19.12	7.61	5.96
3	基隆港試驗線 3km		5.12	7.43	3.14	2.29
4	梗枋安檢所		6.40	10.09	10.25	4.33
5	龍德工業區		28.66	8.96	9.93	11.90
6	蘇澳港試驗線 0m		4.14	6.33	4.02	3.53
7	蘇澳港試驗線 100m		4.14	5.36	3.71	3.36
8	蘇澳港試驗線 300m		-	3.91	2.39	3.99
9	南澳安檢所		2.87	9.53	5.78	3.25
10	和平工業區		1.43	3.23	1.82	1.77
11	太魯閣國家公園管理處		0.85	2.45	1.26	0.91
12	美崙工業區		2.15	2.95	-	0.75
13	花蓮港試驗線 0m		9.49	12.05	10.69	7.32
14	花蓮港試驗線 100m		5.88	7.52	4.15	4.03
15	花蓮港試驗線 300m		5.03	6.26	3.65	1.73
16	橄仔樹安檢所		6.44	9.26	7.29	3.02
17	石梯安檢所		6.52	5.11	3.21	1.37
18	新港安檢所(成功)		-	8.99	7.42	3.70
19	金樽安檢所(東河)		4.57	6.86	7.48	3.02
20	伽蘭安檢所(富岡)		6.25	8.83	7.92	3.30
21	豐樂工業區		1.89	3.17	1.51	1.09
22	尚武安檢所		4.95	8.01	3.08	2.31
23	核三廠試驗線 0M		3.56	6.74	3.46	2.12
24	核三廠試驗線 100M		4.16	5.38	3.52	2.57
25	核三廠試驗線 300M		5.40	8.16	4.09	3.41
26	核三廠試驗線 1KM		3.16	4.62	3.02	2.57
27	屏東工業區		1.43	1.06	1.49	0.86
28	中油林園廠		3.72	1.17	-	3.80
29	臨海工業區		5.92	7.77	8.25	4.55
30	鳳山工業區		4.80	2.18	2.61	2.85
31	大發工業區		3.50	3.67	3.67	2.31
32	高雄港試驗線 0m		4.71	-	6.44	5.36
33	高雄港試驗線 100m		2.74	4.84	2.34	3.98
34	高雄港試驗線 300m		7.84	9.52	6.70	-
35	高雄港試驗線 1km		1.84	2.37	2.18	2.02

項次	試驗期間				
	試驗地點	2012.09-2012.12	2012.12-2013.3	2013.3-2013.6	2013.6-2013.9
36	高雄港試驗線 3km	0.94	1.08	0.80	1.21
37	高鐵左營站	1.86	1.28	1.65	1.38
38	高雄煉油廠	2.72	3.25	3.82	2.13
39	永安工業區	4.93	6.54	4.10	4.03
40	興達火力電廠	5.84	6.65	5.05	5.13
41	安平工業區	5.88	9.63	3.14	2.82
42	成大水工所	4.19	4.94	3.92	2.88
43	官田工業區	1.61	3.10	1.92	1.33
44	東石安檢所	7.47	11.15	8.67	8.99
45	朴子工業區	4.03	6.58	3.40	4.38
46	高鐵嘉義站	4.19	4.95	1.49	1.86
47	斗六工業區	1.31	1.65	1.28	1.41
48	台塑六輕試驗線 0m	12.45	19.90	16.12	11.07
49	台塑六輕試驗線 100m	33.54	30.22	22.02	14.93
50	台塑六輕試驗線 300m	9.68	17.40	15.21	8.07
51	台塑六輕試驗線 1km	35.83	28.35	14.79	9.74
52	台塑六輕試驗線 3km	23.38	29.47	10.16	6.74
53	王功安檢所	26.39	23.25	24.31	9.52
54	彰濱工業區	22.06	19.19	17.08	9.74
55	田中工業區	3.13	5.07	1.38	1.92
56	南崗工業區	4.77	8.67	2.13	2.72
57	大里工業區	1.47	3.21	1.12	2.02
58	高鐵臺中站	3.59	3.51	1.65	1.76
59	臺中工業區	7.30	12.72	3.09	2.92
60	關聯工業區	13.48	18.85	7.34	4.57
61	臺中火力電廠	41.87	27.58	23.78	4.75
62	臺中港試驗線 0m	43.28	77.46	33.41	12.24
63	臺中港試驗線 100m	10.72	9.62	5.53	4.24
64	臺中港試驗線 1km	8.00	11.93	5.67	3.14
65	五甲安檢所	20.78	27.53	11.81	14.16
66	通霄火力電廠	14.78	16.21	12.71	4.57
67	外埔安檢所	15.64	25.11	20.75	8.34
68	竹南工業區	9.42	25.89	7.13	7.83
69	頭份工業區	6.70	10.30	3.78	2.88
70	工研院	3.87	5.01	2.66	2.94
71	新竹工業區	4.89	7.51	2.23	2.17

項次	試驗地點	試驗期間			
		2012.09-2012.12	2012.12-2013.3	2013.3-2013.6	2013.6-2013.9
72	平鎮工業區	7.96	-	4.35	2.07
73	桃園試驗線 0m	39.43	31.88	34.31	21.60
74	桃園試驗線 300m	41.75	18.24	19.04	-
75	桃園試驗線 1km	21.09	28.61	14.28	-
76	樹林工業區(服務中心)	4.20	9.34	3.83	2.15
77	臺北市	6.22	4.99	1.89	0.80
78	陽明山國家公園管理處	6.36	5.14	3.83	2.66
79	陽明山硫磺區	3.41	3.56	33.04	1.65
80	阿里山	1.12	1.06	0.85	1.09
81	北橫巴陵	0.51	1.33	2.87	2.07
82	東北角風景管理處	19.09	7.52	5.16	2.11
83	臺北港監測站	5.26	6.03	25.48	1.32
84	平鎮工業區(服務中心)	7.28	13.58	4.62	4.31
85	觀音工業區(服務中心)	20.47	23.17	8.72	3.85
86	永安安檢所	19.27	13.98	19.95	21.01
87	新竹漁港	23.65	46.33	23.25	18.75

註：- 表示試片遺失

4.4.1 各金屬腐蝕速率季節性之比較

本研究四次採樣調查的期間相當於臺灣氣候之秋季(2012.09-2012.12)、冬季(2012.12-2013.03)、春季(2013.03-2013.06)、夏季(2013.06-2013.09)期間。

(圖 4.14 至圖 4.17)為碳鋼金屬四次調查期間之腐蝕速率等位圖。圖中，黃色表示碳鋼腐蝕速率為 1.3~25 $\mu\text{m}/\text{yr}$ 的區域，綠色表示腐蝕速率介於 25~50 $\mu\text{m}/\text{yr}$ 的區域，藍色表示腐蝕速率為 50~80 $\mu\text{m}/\text{yr}$ 的區域，粉紅色表示 80~200 $\mu\text{m}/\text{yr}$ 的區域，紅色則為腐蝕速率大於 200 $\mu\text{m}/\text{yr}$ 的區域。

(圖 4.18 至圖 4.21)為鋅金屬四次調查期間之腐蝕速率等位圖。圖中，黃色表示鋅腐蝕速率為 0.1~0.7 $\mu\text{m}/\text{yr}$ 的區域，綠色表示腐蝕速率介於 0.7~2.1 $\mu\text{m}/\text{yr}$ 的區域，藍色表示腐蝕速率為 2.1~4.2 $\mu\text{m}/\text{yr}$ 的區域，粉紅色表示 4.2~8.4 $\mu\text{m}/\text{yr}$ 的區域，紅色則為腐蝕速率大於 8.4 $\mu\text{m}/\text{yr}$ 的區域。

(圖 4.22 至圖 4.25)為銅金屬四次調查期間腐蝕速率等位圖。圖中，黃色表示銅腐蝕速率為 $0.1\sim 0.6\ \mu\text{m}/\text{yr}$ 的區域，綠色表示腐蝕速率介於 $0.6\sim 1.3\ \mu\text{m}/\text{yr}$ 的區域，藍色表示腐蝕速率為 $1.3\sim 2.8\ \mu\text{m}/\text{yr}$ 的區域，粉紅色表示 $2.8\sim 5.6\ \mu\text{m}/\text{yr}$ 的區域，紅色則為腐蝕速率大於 $5.6\ \mu\text{m}/\text{yr}$ 的區域。

(圖 4.26 至圖 4.29)為鋁金屬四次調查期間腐蝕速率等位圖。圖中，黃色表示鋁腐蝕速率小於 $0.6\ \text{g}/\text{m}^2/\text{yr}$ 的區域，綠色表示腐蝕速率介於 $0.6\sim 2\ \text{g}/\text{m}^2/\text{yr}$ 的區域，藍色表示腐蝕速率為 $2\sim 5\ \text{g}/\text{m}^2/\text{yr}$ 的區域，粉紅色表示 $5\sim 10\ \text{g}/\text{m}^2/\text{yr}$ 的區域，紅色則為腐蝕速率大於 $10\ \text{g}/\text{m}^2/\text{yr}$ 的區域。

此外，中央山脈區域部份本研究試驗點的設置原有 3 處，其中一處南橫試驗站由於 2009.07 八八風災造成公路坍方試驗維護不易因此未予取樣，故採用內插方式繪製等位圖，可能會因數據過少而有判斷錯誤的可能，所以圖面留以空白並不繪製等位圖。

(圖 4.30 至圖 4.33)分別為碳鋼、鋅、銅、鋁金屬於垂直海岸試驗線 0m、100 m、300m、1 Km 與 3Km 腐蝕速率平均值之比較。針對碳鋼金屬(圖 4.41) 基隆試驗線、桃園試驗線、臺中港試驗線、台塑六輕試驗線腐蝕速率均較其他地區高，在高雄港、核三廠試驗線腐蝕速率相對其他地區低。至於鋅金屬以台塑六輕試驗線、桃園試驗線、臺中港試驗線、腐蝕速率較大，在高雄港試驗線則腐蝕速率相對較低。而針對銅金屬，銅的腐蝕速率以台塑六輕試驗線、桃園試驗線、臺中港試驗線較為嚴重(圖 4.43)。而針對鋁金屬，鋁的腐蝕速率以臺中港試驗線、桃園試驗線、台塑六輕試驗線較為嚴重(圖 4.44)。

(圖 4.34 至圖 4.37)石化廠、火力電廠、工業區、高鐵沿線與都市地區等特定測站各金屬之腐蝕速率比較。在碳鋼金屬以彰濱工業區、觀音工業區、台塑六輕、通霄火力發電廠、臺中火力發電廠為高，鋅金屬以臺中火力發電廠、大潭火力發電廠、台塑六輕較高，銅金屬以台塑六輕、大潭火力發電廠、彰濱工業區為高，針對鋁金屬以彰濱工業區、大潭火力發電廠、台塑六輕、彰濱工業區、觀音工業區腐蝕速率相對較高。

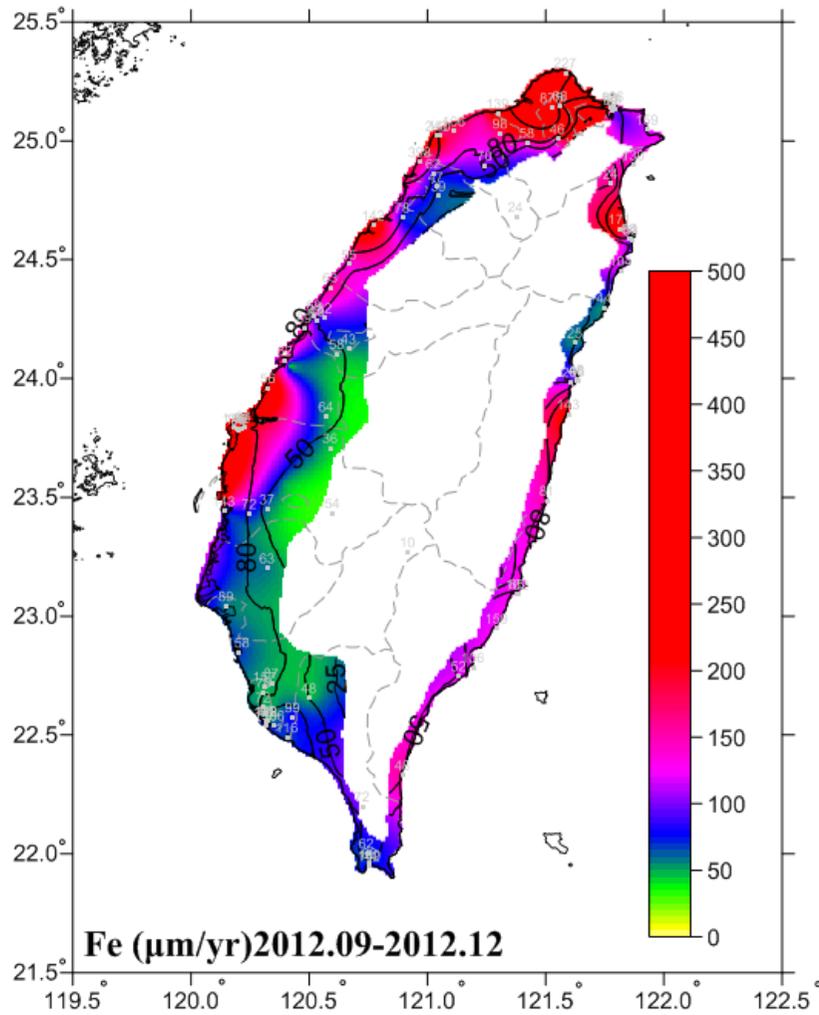


圖 4.14 2012.09-2012.12 碳鋼腐蝕速率

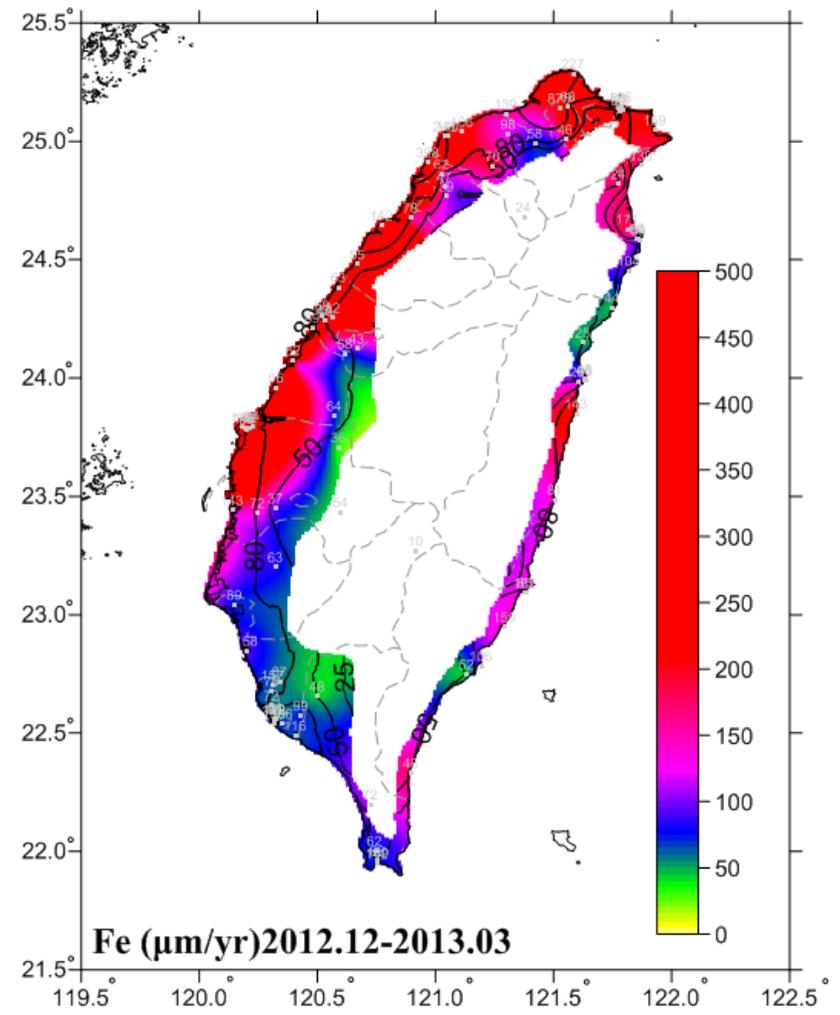


圖 4.15 2012.12-2013.03 碳鋼腐蝕速率

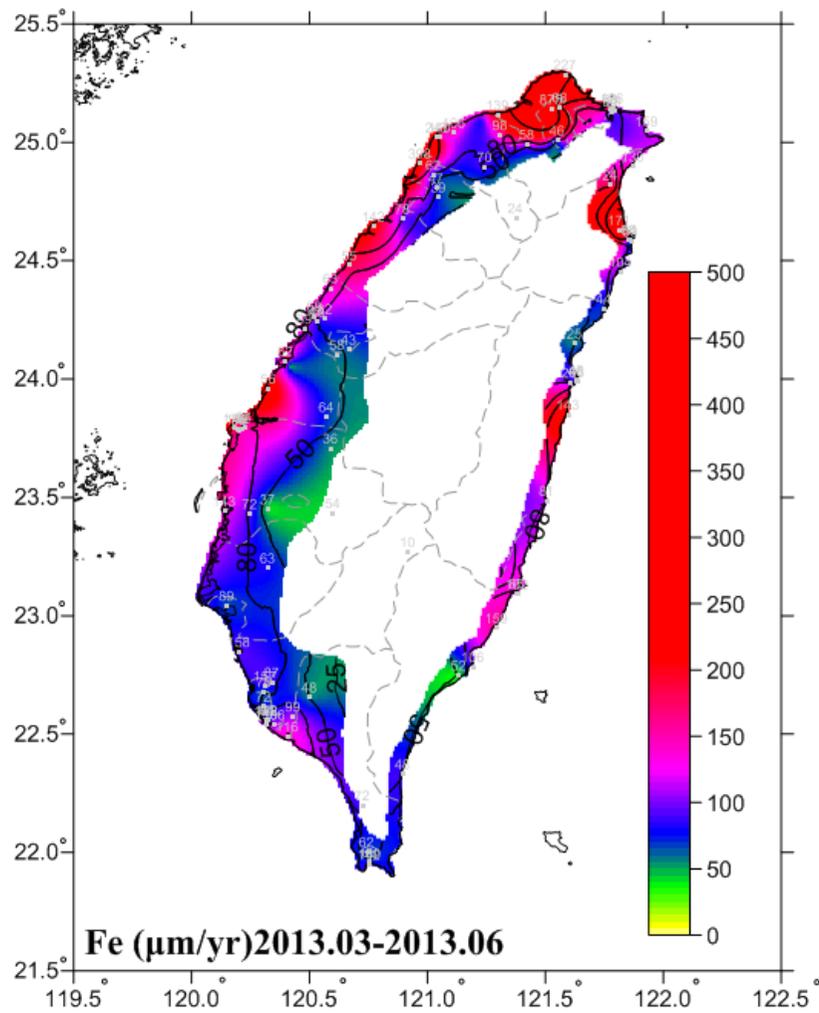


圖 4.16 2013.03-2013.06 碳鋼腐蝕速率

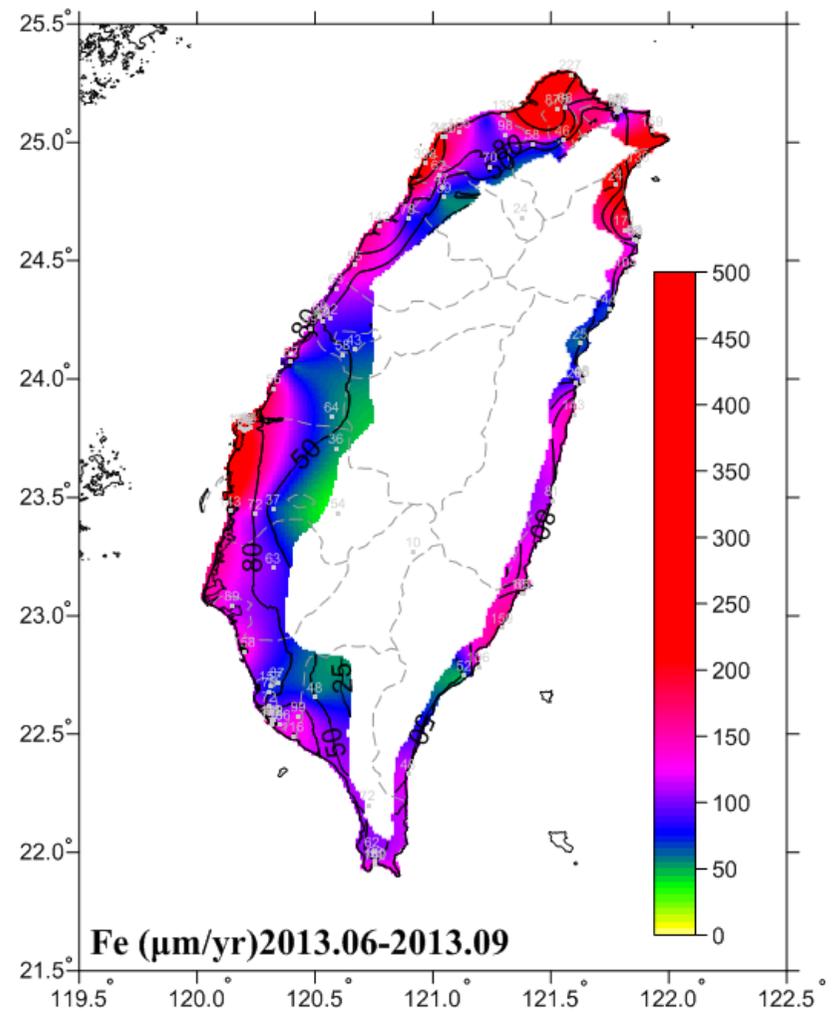


圖 4.17 2013.06-2013.09 碳鋼腐蝕速率

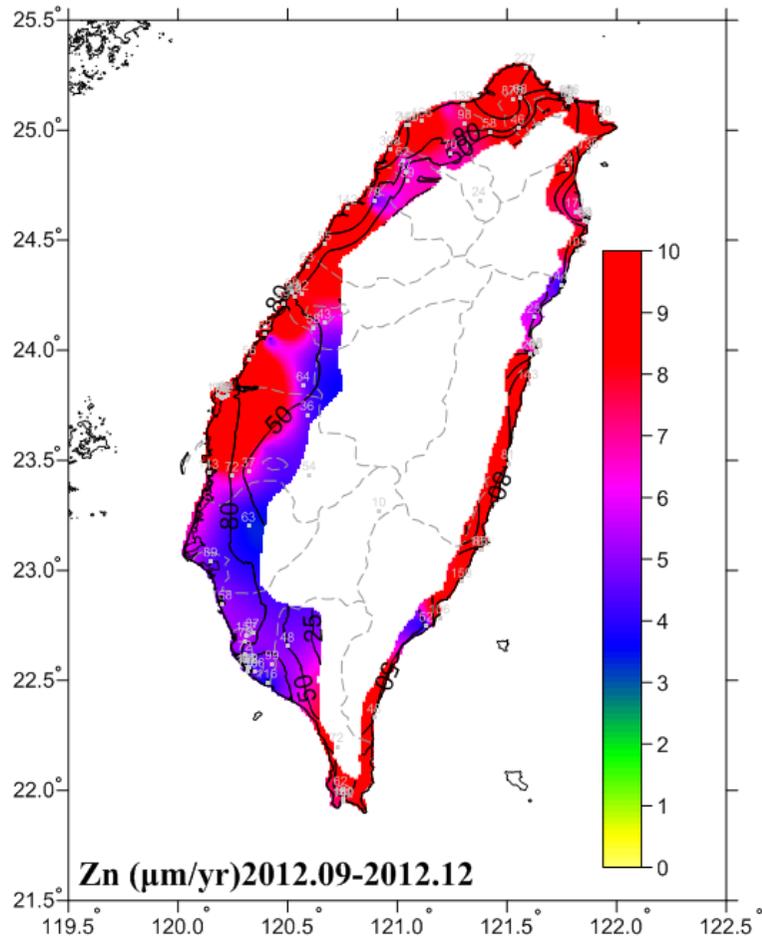


圖 4.18 2012.09-2012.12 鋅腐蝕速率

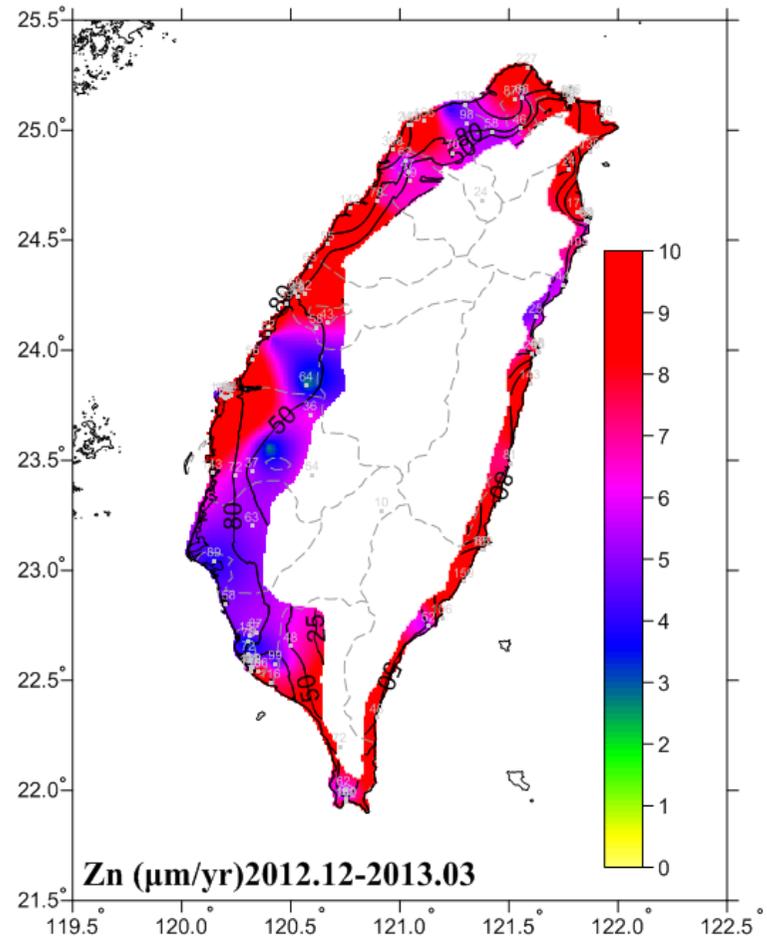


圖 4.19 2012.12-2013.03 鋅腐蝕速率

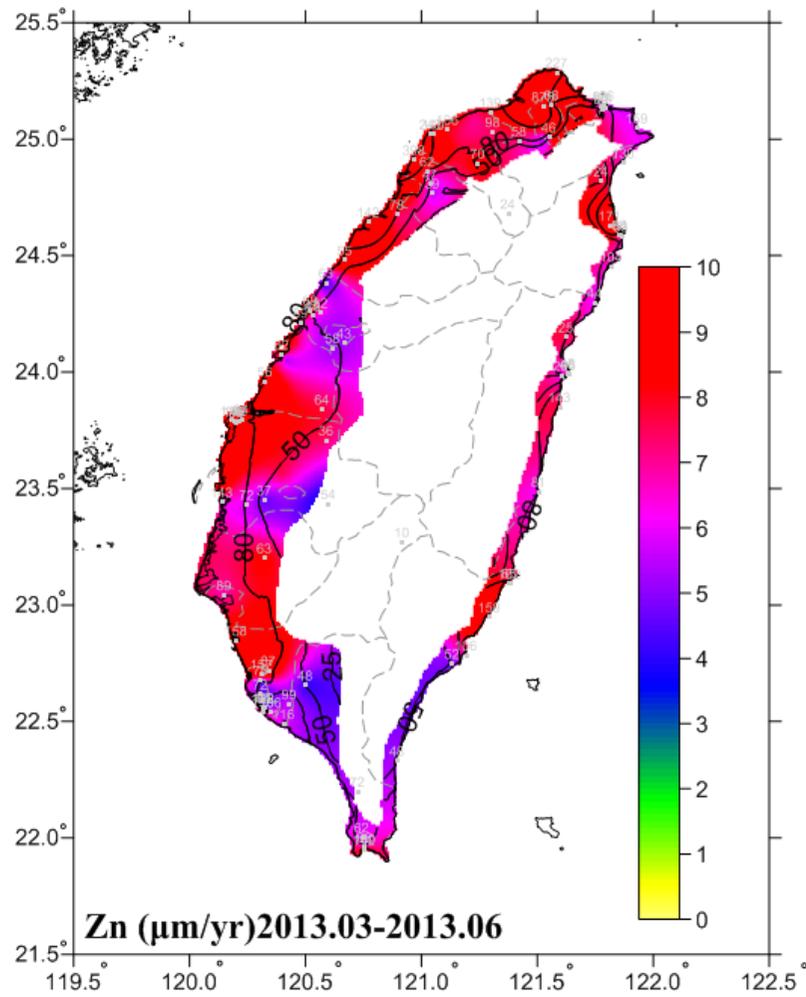


圖 4.20 2013.03-2013.06 鋅腐蝕速率

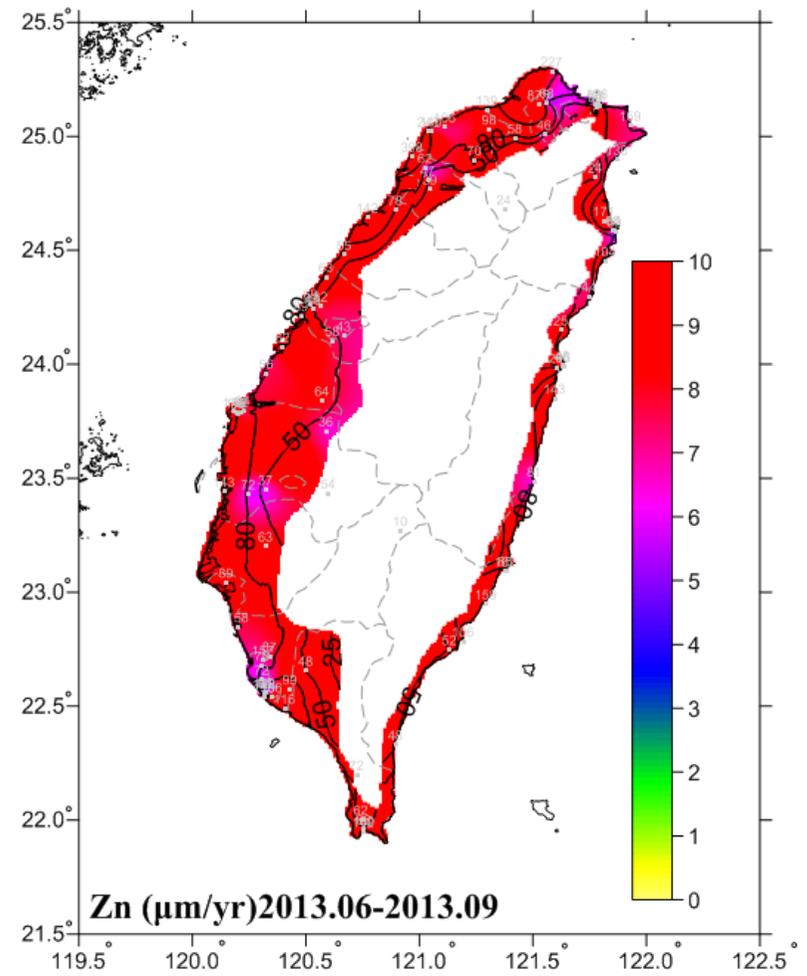


圖 4.21 2013.06-2013.09 鋅腐蝕速率

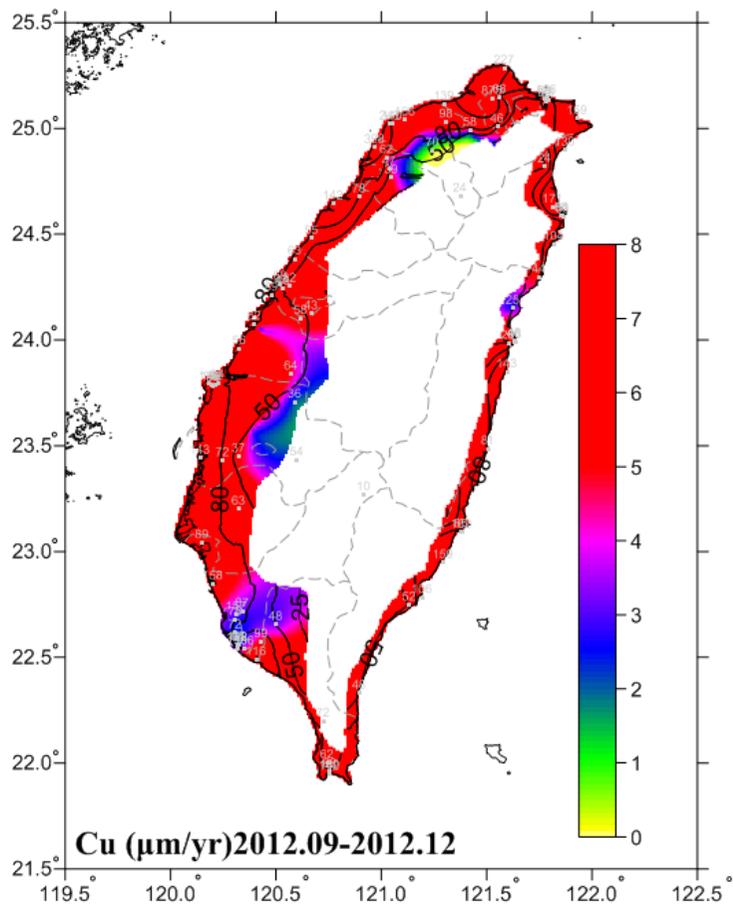


圖 4.22 2012.09-2012.12 銅腐蝕速率

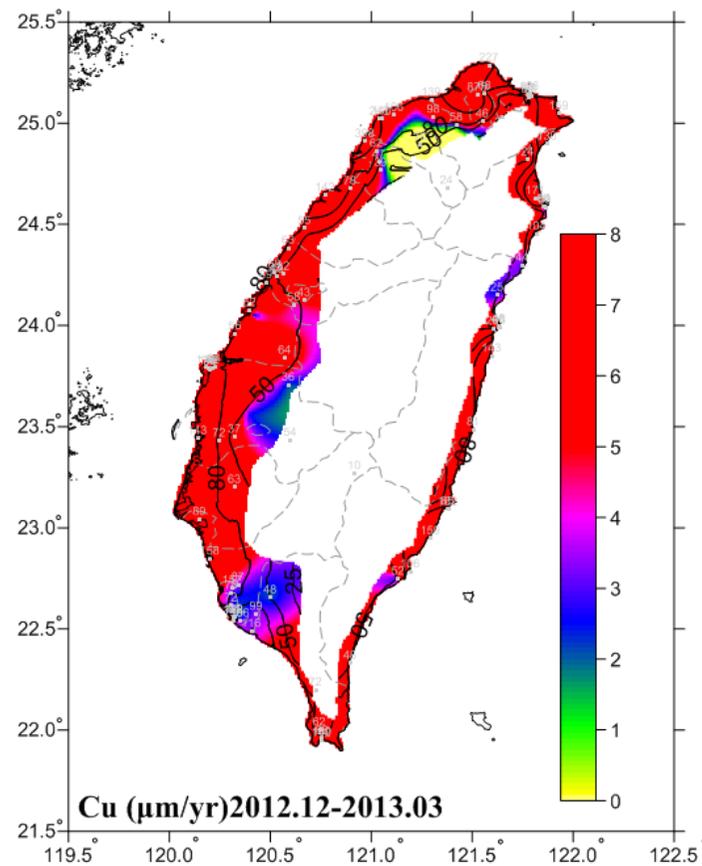


圖 4.23 2012.12-2013.03 銅腐蝕速率

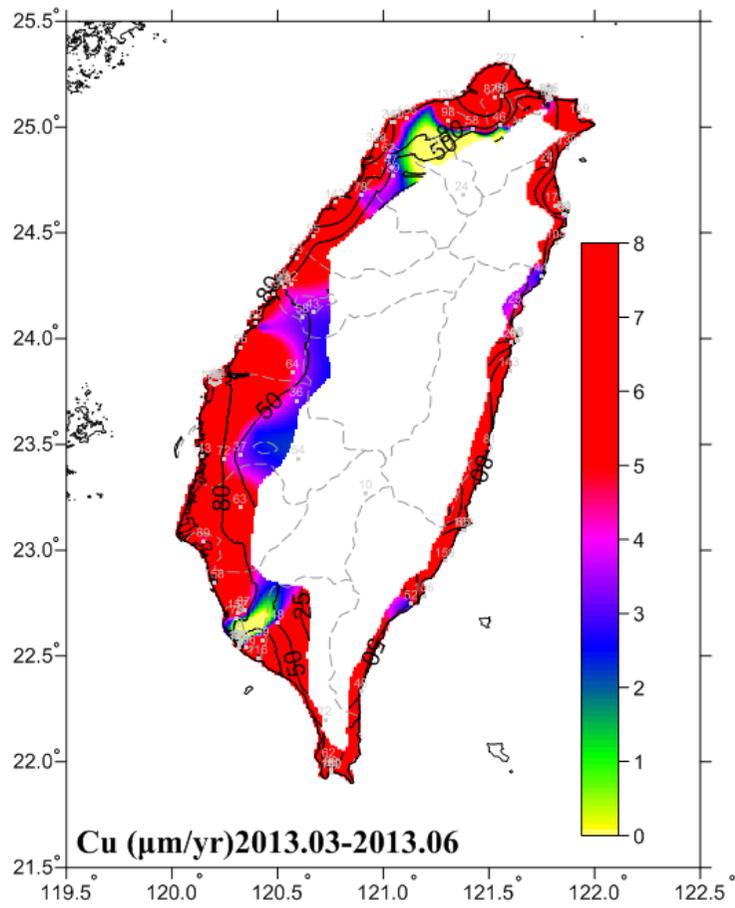


圖 4.24 2013.03-2013.06 銅腐蝕速率

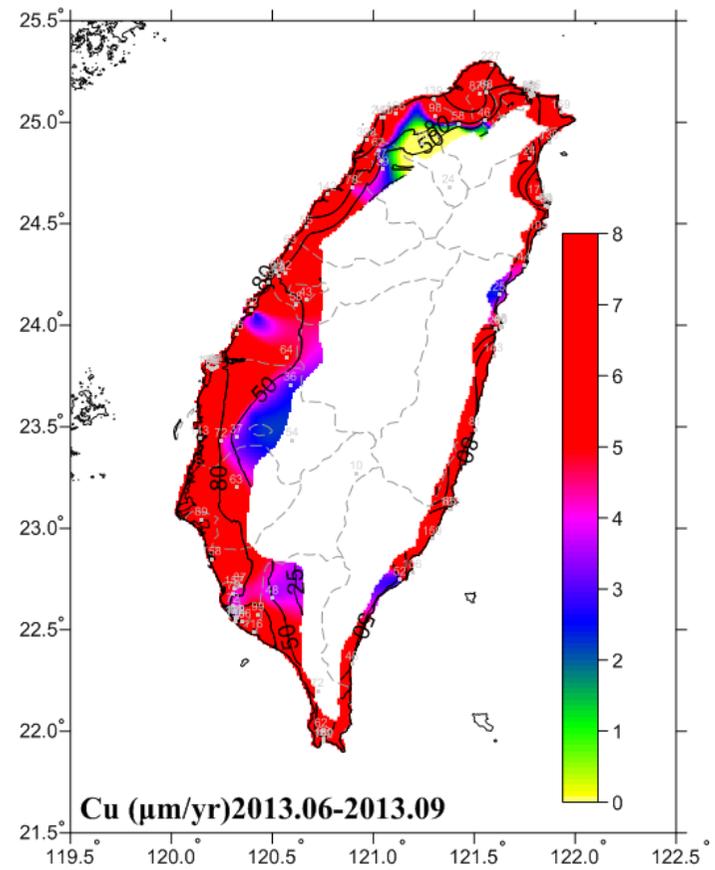


圖 4.25 2013.06-2013.09 銅腐蝕速率

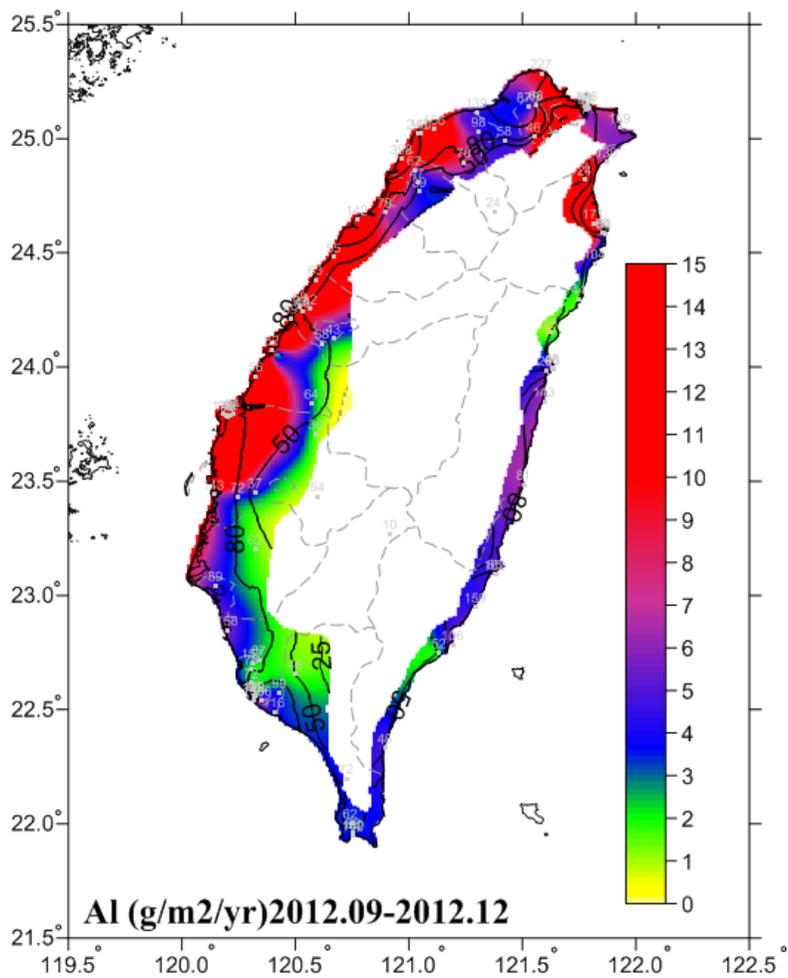


圖 4.26 2012.09-2012.12 鋁腐蝕速率

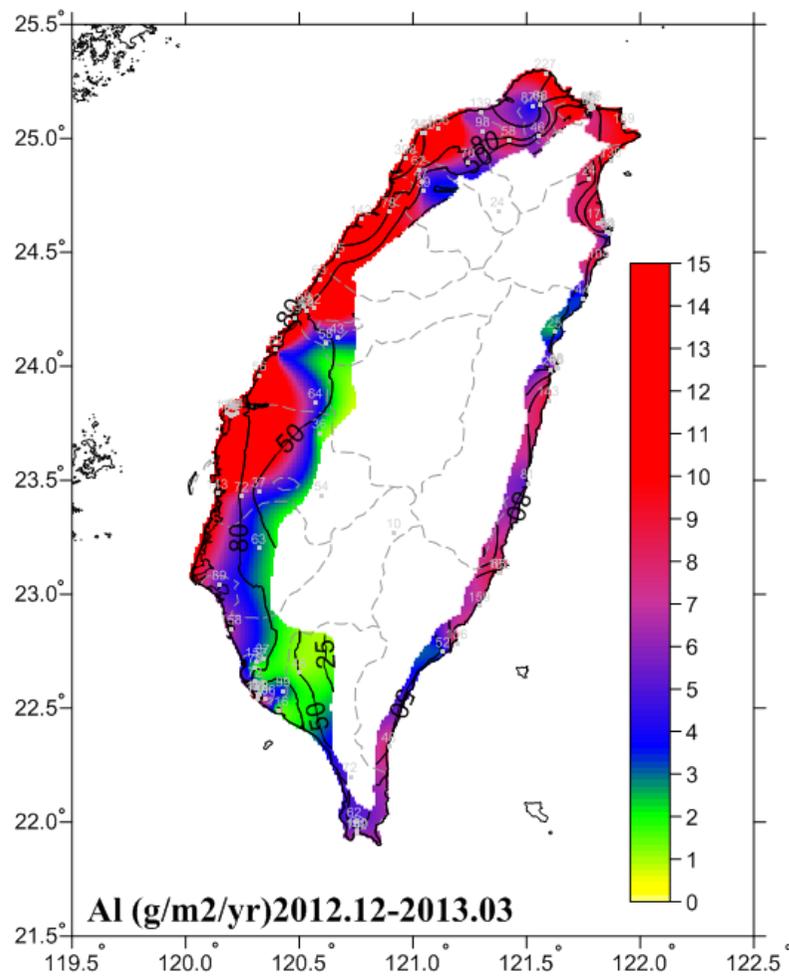


圖 4.27 2012.12-2013.03 鋁腐蝕速率

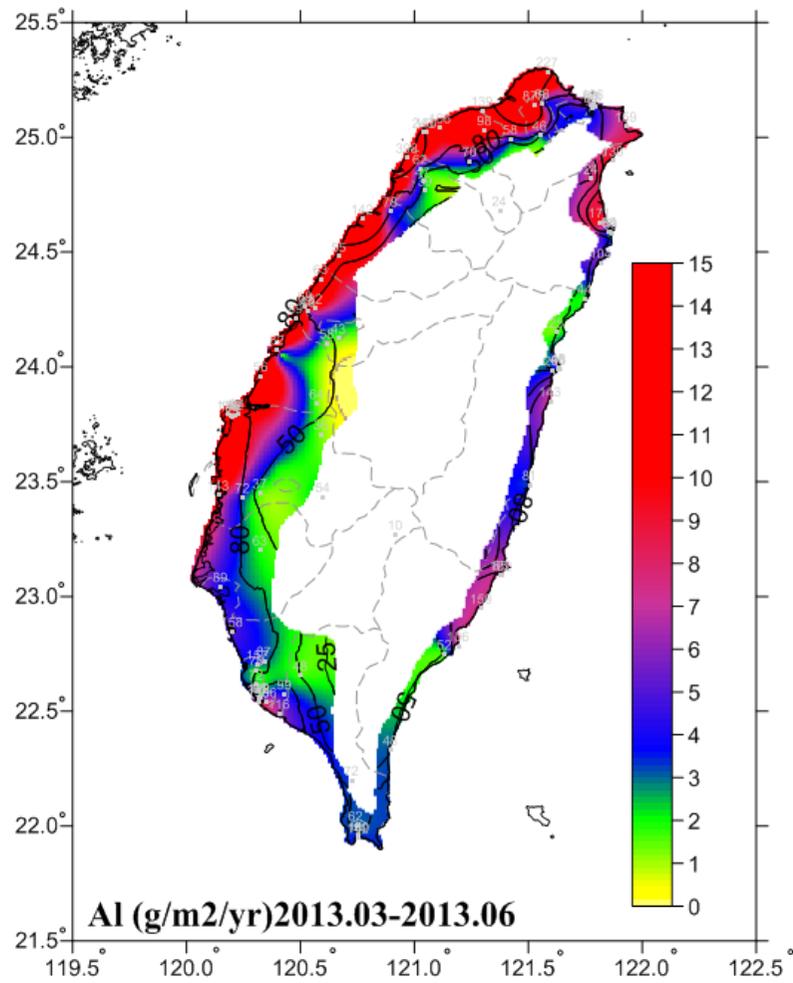


圖 4.28 2013.03-2013.06 鋁腐蝕速率

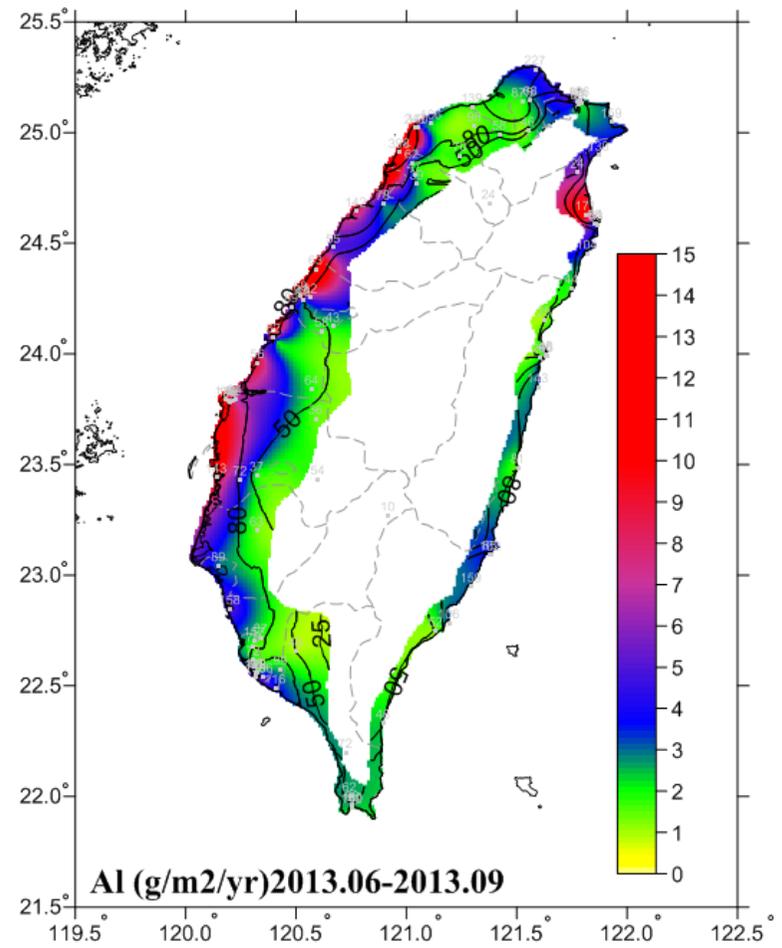
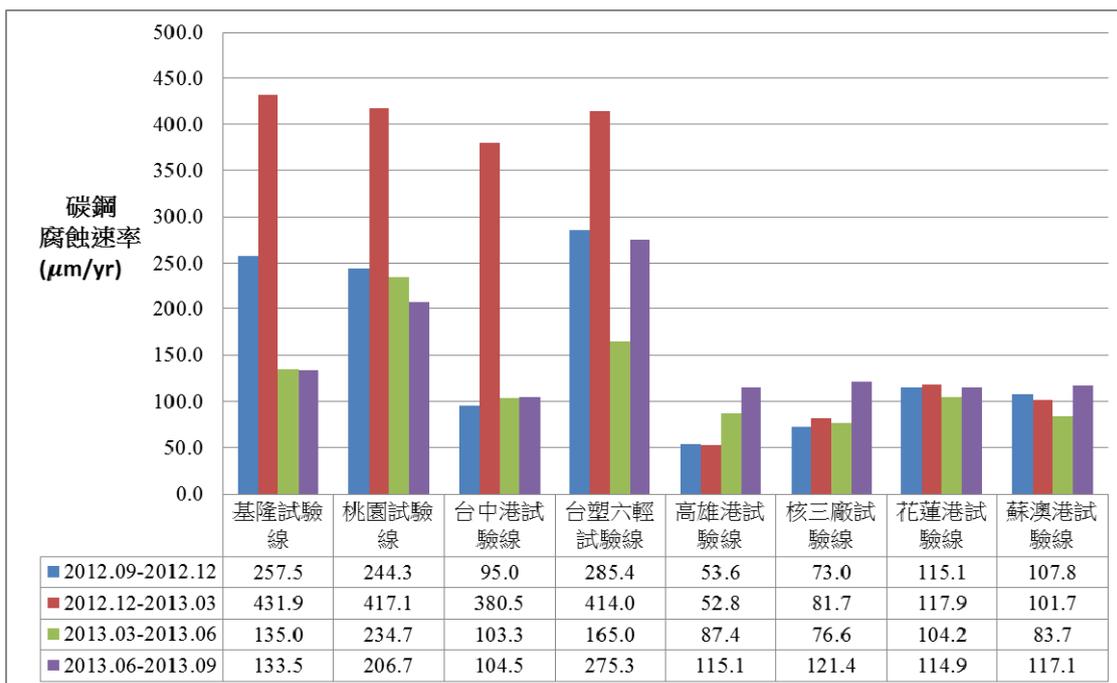
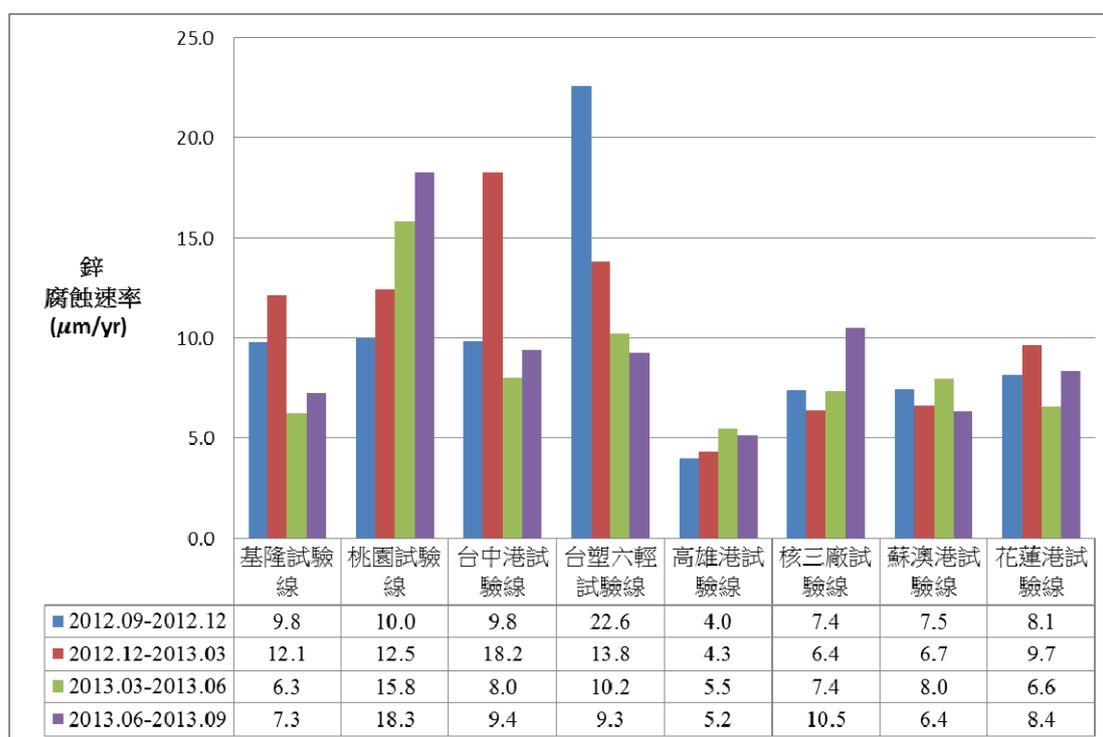


圖 4.29 2013.06-2013.09 鋁腐蝕速率



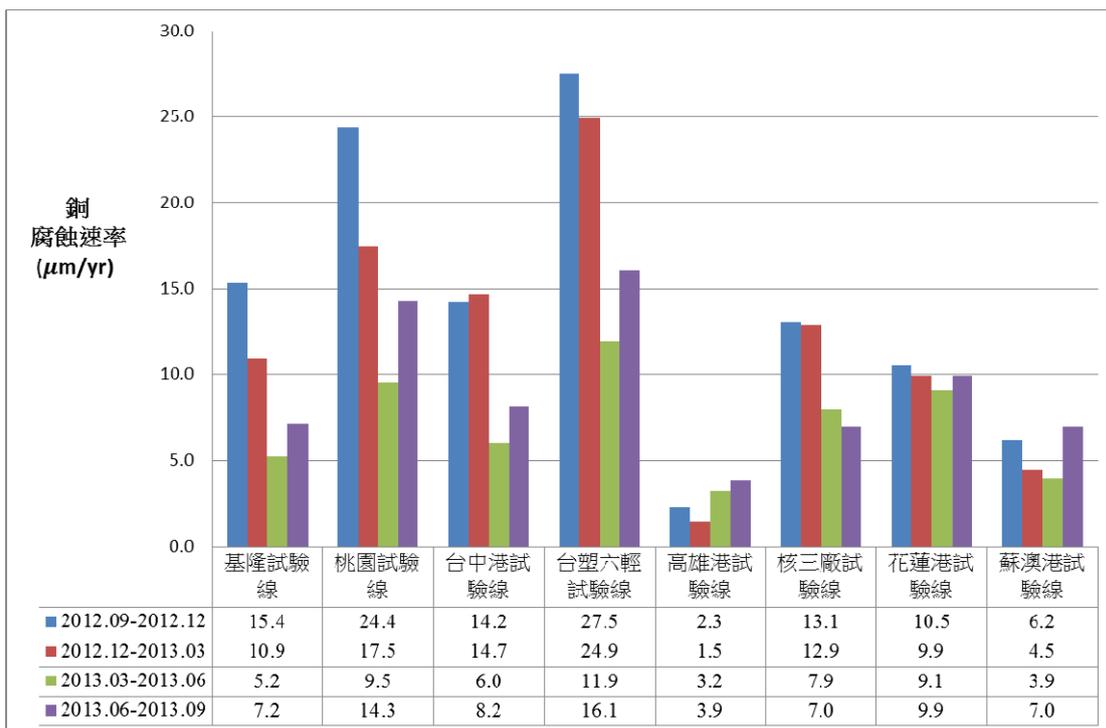
註：腐蝕速率為試驗線測站平均值

圖 4.30 垂直海岸試驗線碳鋼腐蝕速率比較圖



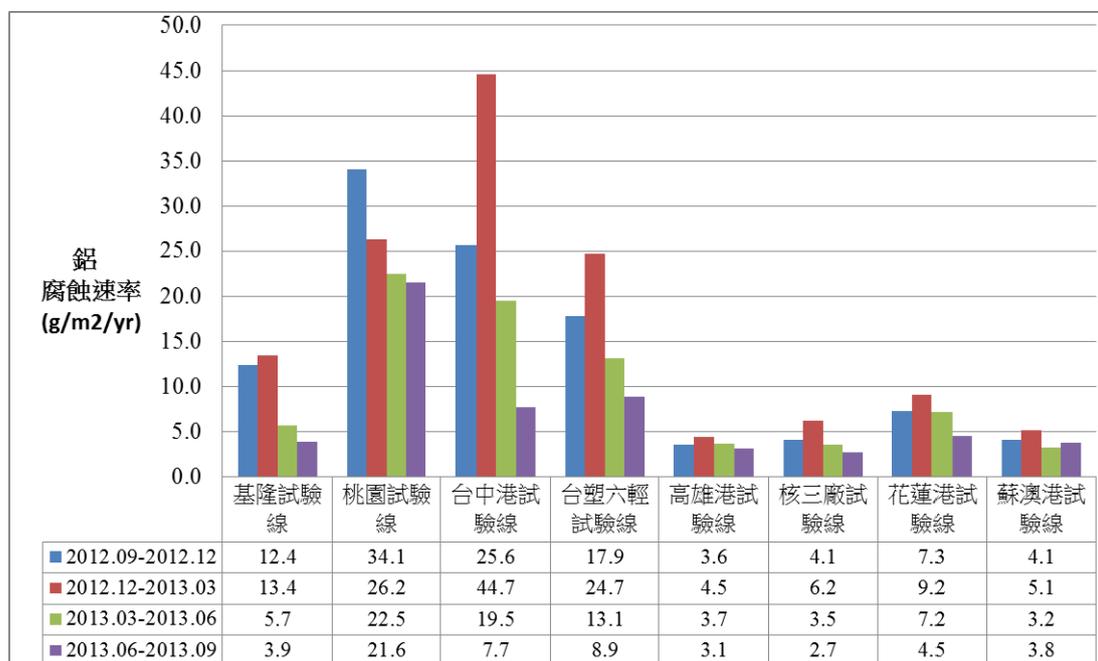
註：腐蝕速率為試驗線測站平均值

圖 4.31 垂直海岸試驗線鋅腐蝕速率比較圖



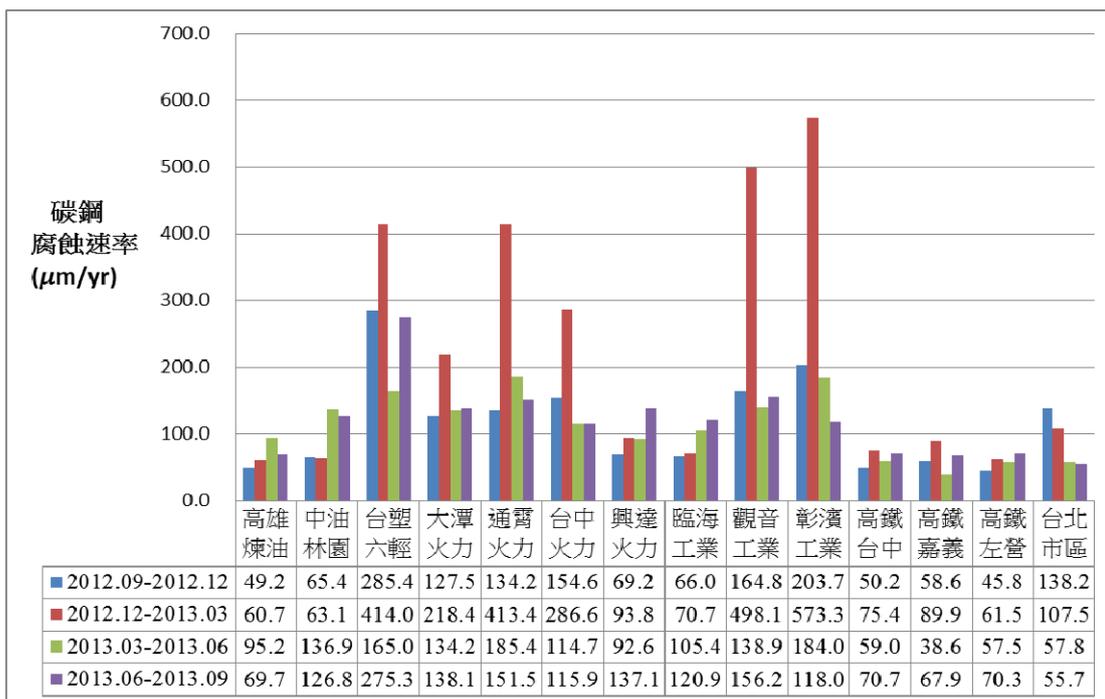
註：腐蝕速率為試驗線測站平均值

圖 4.32 垂直海岸試驗線銅腐蝕速率比較圖



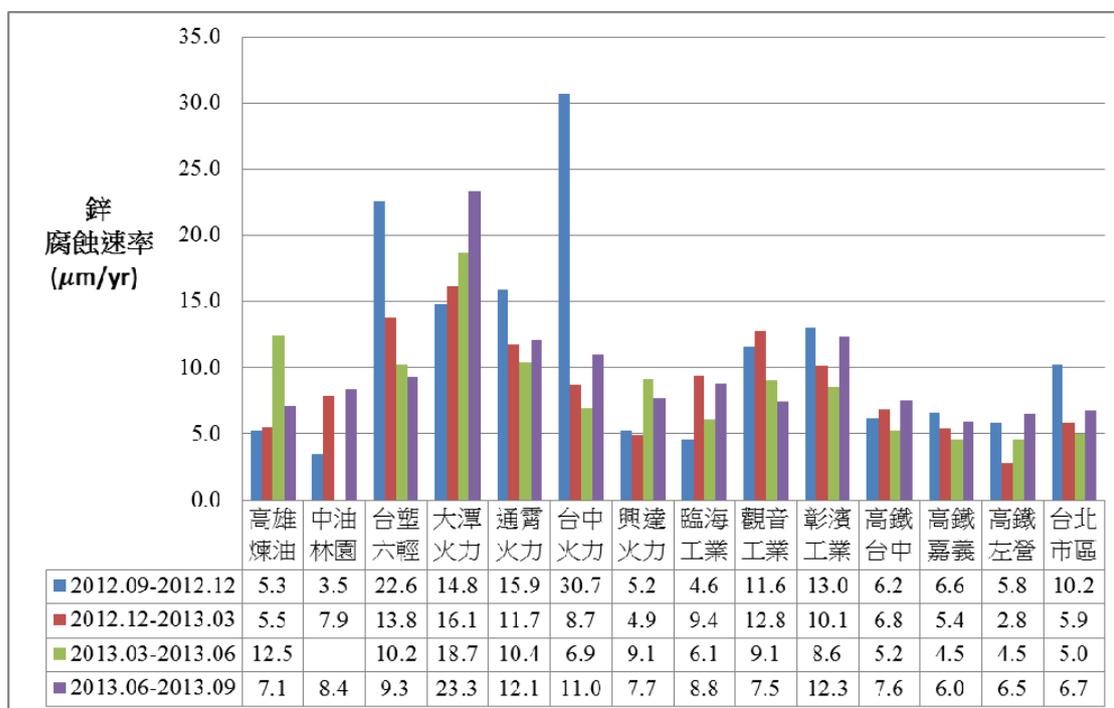
註：腐蝕速率為試驗線測站平均值

圖 4.33 垂直海岸試驗線鋁腐蝕速率比較圖



註：台塑六輕、大潭火力腐蝕速率為測站平均值

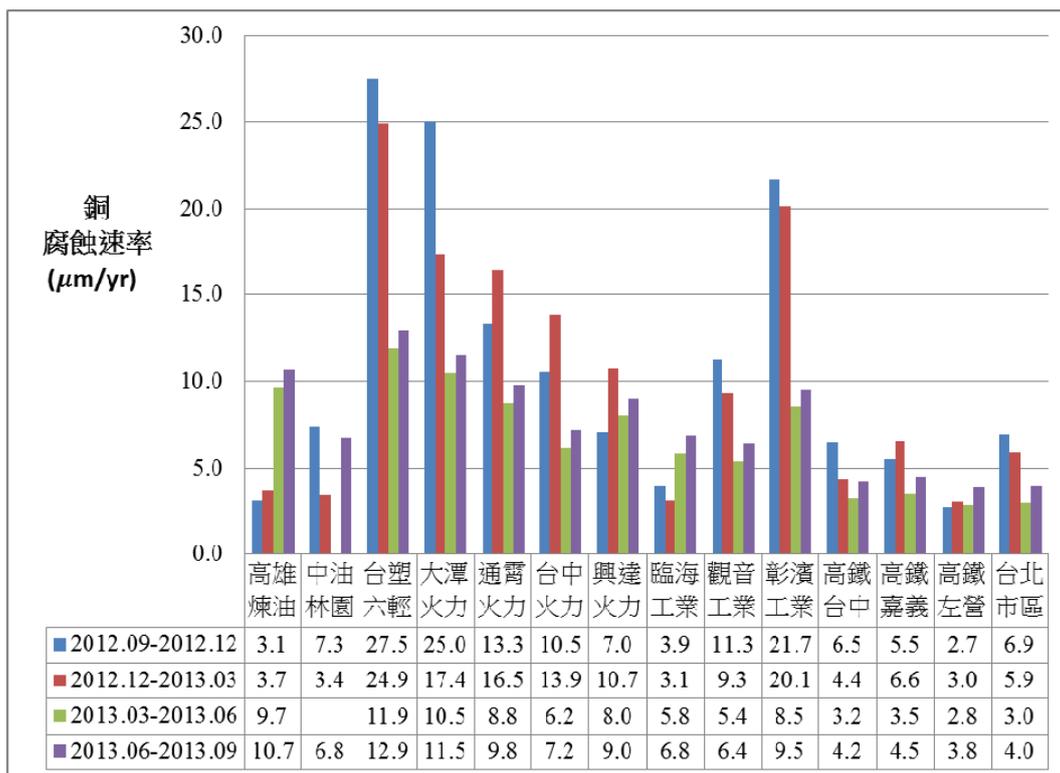
圖 4.34 特定測站碳鋼腐蝕速率比較圖



註 1：台塑六輕、大潭火力腐蝕速率為測站平均值

註 2：空白處為遺失

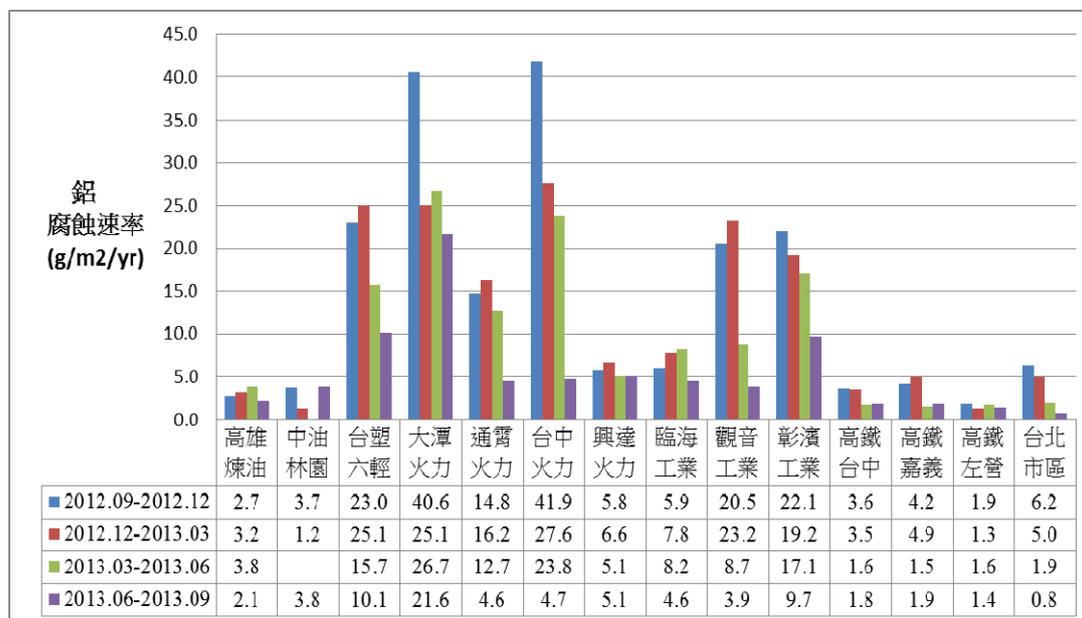
圖 4.35 特定測站鋅腐蝕速率比較圖



註 1: 台塑六輕、大潭火力腐蝕速率為測站平均值

註 2: 空白處為遺失

圖 4.36 特定測站銅腐蝕速率比較圖



註 1: 台塑六輕、大潭火力腐蝕速率為測站平均值

註 2: 空白處為遺失

圖 4.37 特定測站鋁腐蝕速率比較圖

第五章 金屬材料與大氣腐蝕因子關聯性研究

大氣腐蝕的調查及分類，對金屬與鋼筋混凝土的結構安全極為重要，試著以腐蝕因子的調查資料，與現地的暴露試驗資料，進行相關性的研究，使大氣腐蝕環境分類更為精準，以維護國內的各大工業區與公共工程的安全。今以碳鋼金屬為例擬將 98 年 7 月至 101 年 9 月試驗點所調查之數據整理做一初步統計分析。

5.1 相關分析

由於碳鋼腐蝕速率對氣象因子結構中，包括了濕潤時間，平均氣溫，平均風風速，降水量，降水時數，日照時數及環境因子中氯鹽沉積量及二氧化硫沉積量等八項變數，腐蝕速率分別與各環境因子可能具有某種程度之相關性，故本分析研究擬採用相關分析方法來檢測及估算組變數間之相關程度與顯著程度。

5.2 研究變數

分析之依變數為碳鋼腐蝕速率(mm/yr)，自變數為濕潤時間(%)平均氣溫($^{\circ}\text{C}$)，平均風風速(m/s)，降水量(mm)，降水時數(hr)，日照時數(hr)，二氧化硫沉積量($\text{mg}/\text{m}^2/\text{day}$)及氯鹽沉積量($\text{mg}/\text{m}^2/\text{day}$)共八項變數。研究工具以 Microsoft Excel 軟體將資料建檔，再以 SPSS 軟體進行資料分析，並將分析結果製成表格與圖檔。本研究所使用之統計方法以相關分析探討依變數與自變數間的相關性說明如下：

表 5-1 碳鋼樣本敘述統計表

		樣本數	濕潤時間 (%)	平均氣溫 (°C)	平均風速 (m/s)	降水量 (mm)	降水時數 (hr)	日照時數 (hr)	氯鹽 (mg/m ² /day)	二氧化硫 (mg/m ² /day)	腐蝕速率 (mm/yr.)	腐蝕速率 標準差	腐蝕速率 平均數
工業區	春	102	5.5~ 81.5	16.5~ 27.1	1.3 ~4.4	93 ~1354	19 ~680	165 ~2455		17~1182	26.4 ~980	181.1	184
	夏	106	19.9~ 84.2	24.5~ 29.4	1.0 ~4.0	193 ~1304	57 ~270	281 ~780		10~1140	27.3 ~940	166.4	148
	秋	97	9.6~ 78.5	13.6~ 29.1	1.5 ~5.5	21 ~2422	0.9 ~956	6 ~755		20~677	26.4 ~980	184.0	144
	冬	107	6.6~ 84.1	11.0~ 26.6	1.5 ~6.5	19 ~1285	16 ~1083	97 ~638		3~1973	27.3 ~940	148.0	161
	1 年	144	17.9~ 75.6	11.0~ 26.2	1.0 ~6.4	455 ~5662	139 ~2847	867 ~3898		13~974	9.8 ~889	110.1	100
沿海區	春	146	5.5~ 88.0	19.5~ 27.1	1.7 ~4.4	97 ~1525	13.7 ~680	22 ~2455	1.0 ~143		17.5 ~908	222.9	158
	夏	145	21.1~ 83.5	27.5~ 29.6	1.3 ~4.0	193 ~1791	57 ~260	282 ~791	0.5 ~116		39.0 ~527	91.4	148
	秋	135	9.3~ 73.9	16.7~ 27.4	1.4 ~5.5	21 ~3005	7 ~1444	73 ~828	0.4 ~243		26.1 ~908	167.0	260
	冬	148	6.6~ 84.1	13.9~ 22.7	1.7 ~6.5	19 ~1640	11 ~1402	61 ~693	0.5 ~147		31.4 ~673	146.5	205
	1 年	147	18.9~ 64.1	11.1~ 26.2	1.0 ~4.9	456 ~4818	139 ~2858	862 ~3898	1.8 ~152		40.9 ~506	130.3	78.8

表 5-2 碳鋼相關性統計表

			濕潤時間 (%)	平均氣溫 (°C)	平均風速 (m/s)	降水量 (mm)	降水時數 (hr)	日照時數 (hr)	二氧化硫 (mg/m ² /day)	氯鹽 (mg/m ² /day)
工業區	春	Pearson 相關	.374**	-.301**	.128	.160	.341**	-.072	.378**	
		顯著性 (雙尾)	.000	.002	.201	.109	.000	.471	.000	
	夏	Pearson 相關	.326**	-.446**	-.019	.001	.040	-.052	.479**	
		顯著性 (雙尾)	.001	.000	.851	.994	.684	.595	.000	
	秋	Pearson 相關	.410**	-.138	.221*	.240*	.312**	-.295**	.548**	
		顯著性 (雙尾)	.000	.178	.029	.018	.002	.003	.000	
	冬	Pearson 相關	.697**	-.595**	.291**	.650**	.663**	-.499**	.649**	
		顯著性 (雙尾)	.000	.000	.002	.000	.000	.000	.000	
1 年	Pearson 相關	.427**	-.179*	.045	.062	.213*	-.166*	.742**		
	顯著性 (雙尾)	.000	.032	.594	.461	.010	.047	.000		
沿海區	春	Pearson 相關	.220**	-.200*	-.102	.262**	.279**	-.164*		.437**
		顯著性 (雙尾)	.008	.016	.223	.001	.001	.047		.000
	夏	Pearson 相關	.096	.101	-.256**	.154	.118	-.341**		.364**
		顯著性 (雙尾)	.250	.228	.002	.065	.159	.000		.000
	秋	Pearson 相關	.377**	.027	-.079	-.099	.050	-.271**		.428**
		顯著性 (雙尾)	.000	.760	.365	.255	.564	.001		.000
	冬	Pearson 相關	.610**	-.543**	.259**	.225**	.302**	-.332**		.430**
		顯著性 (雙尾)	.000	.000	.001	.006	.000	.000		.000
1 年	Pearson 相關	.301**	-.156	.049	-.146	-.046	-.125		.506**	
	顯著性 (雙尾)	.000	.060	.553	.077	.584	.130		.000	

5.3 樣本基本敘述

由表 4-1 樣本敘述統計表可知碳鋼與各環境因子之範圍及平均值，碳鋼腐蝕速率範圍為 9.8~980(mm/yr)，腐蝕速率平均數介於 78.8~260，濕潤時間為 5.5~88 (%)，平均氣溫介於 11.0~29.6(°C)，平均風速介於 1.0~6.5(m/s)，降水量(mm) 於季節性範圍為 19.0~3005(mm)，一年期為 455~5662(mm)，降水時數於季節性範圍為 0.9~1444(hr)，一年期為 139~2858(hr)，日照時數於季節性範圍為 6~2455 (hr)，一年期為 862~3898(hr)，二氧化硫沉積量範圍為 3~1973(mg/m²/day)，氣鹽沉積量介於 0.4~243(mg/m²/day)。

5.4 碳鋼與大氣腐蝕相關分析

利用統計相關分析(Correlation)中皮爾森相關係數(pearson Correlation)，其方法為將每個變項標準化，使其平均數為 0，標準差為 1，亦即共變數除以因變項與依變項二個變項的標準差，其資料以矩陣(marix)方式呈現，觀察判斷二變項關連，相關係數大小，正負面交互影響，顯著性等，將資料彙整於表 5-2。在表中顯著性意義的相關係數，一般 $p < 0.05$ (顯著性水準 $\alpha = 0.05$) 的係數值旁會標記一個星號， $p < 0.01$ (顯著性水準 $\alpha = 0.01$) 則標記二個星號。

5.4.1 工業區碳鋼腐蝕速率與環境因子相關顯著性分析

1. 工業區春季相關分析

腐蝕速率與二氧化硫($p = +0.378$)、濕潤時間 ($p = +0.374$) 及降雨時數($p = +0.341$) 為正相關(正面交互影響)，與平均氣溫($p = -0.301$) 為負相關(負面交互影響)，腐蝕速率與環境相關因子相關性由高到低依序為：二氧化硫、濕潤時間、降雨時數、平均氣溫。

2. 工業區夏季相關分析

腐蝕速率與二氧化硫($p = +0.479$) 及濕潤時間 ($p = +0.326$) 為正相關(正面交互影響)，與平均氣溫($p = -0.446$) 為負相關(負面交互影響)，腐蝕速率與環境相關因子相關性由高到低依序為：二氧化

硫、平均氣溫、濕潤時間。

3. 工業區秋季相關分析

腐蝕速率與二氧化硫($p=+0.548$)、濕潤時間($p=+0.410$)及降雨時數($p=+0.312$)為正相關(正面交互影響)，與日照時數($p=-0.295$)為負相關(負面交互影響)，腐蝕速率與環境相關因子相關性由高到低依序為：二氧化硫、濕潤時間、降雨時數、日照時數。

4. 工業區冬季相關分析

腐蝕速率與環境相關因子間皆有顯著性相關，腐蝕速率與濕潤時間($p=+0.697$)、降雨時數($p=+0.663$)、降雨量($p=+0.650$)、二氧化硫($p=+0.649$)及風速($p=+0.291$)為正相關(正面交互影響)，與平均氣溫($p=-0.595$)、日照時數($p=-0.499$)為負相關(負面交互影響)，腐蝕速率與環境相關因子相關性由高到低依序為：濕潤時間、降雨時數、降雨量、二氧化硫、平均氣溫、日照時數、風速。

5. 工業區一年期相關分析

腐蝕速率與二氧化硫($p=+0.742$)與濕潤時間($p=+0.427$)為正相關(正面交互影響)，腐蝕速率與環境相關因子相關性由高到低依序為：二氧化硫、濕潤時間。

5.4.2 沿海區碳鋼腐蝕速率與環境因子相關顯著性分析

1. 沿海區春季相關分析

腐蝕速率與氯鹽($p=+0.437$)、降雨時數($p=+0.279$)、降雨量($p=+0.262$)、濕潤時間($p=+0.220$)為正相關(正面交互影響)，腐蝕速率與環境相關因子相關性由高到低依序為：氯鹽、降雨時數、降雨量、濕潤時間。

2. 沿海區夏季相關分析

腐蝕速率與氯鹽($p=+0.364$)為正相關(正面交互影響)，與日照時數($p=-0.341$)及風速($p=-0.256$)為負相關(負面交互影響)，腐蝕速率與環境相關因子相關性由高到低依序為：氯鹽、日照時數、風速。

3. 沿海區秋季相關分析

腐蝕速率與氯鹽($p=+0.428$)、濕潤時間($p=+0.377$)為正相關(正面交互影響)，與日照時數($p=-0.271$)為負相關(負面交互影響)，腐蝕速率與環境相關因子相關性由高到低依序為：氯鹽、濕潤時間、日照時數。

4. 沿海區冬季相關分析

腐蝕速率與環境相關因子間皆有顯著性相關，腐蝕速率與濕潤時間($p=+0.610$)、氯鹽($p=+0.430$)、降雨時數($p=+0.302$)、風速($p=+0.259$)、降雨量($p=+0.225$)為正相關(正面交互影響)，與平均氣溫($p=-0.543$)、日照時數($p=-0.332$)為負相關(負面交互影響)，腐蝕速率與環境相關因子相關性由高到低依序為：濕潤時間、平均氣溫、氯鹽、日照時數、降雨時數、風速、降雨量。

5. 沿海區一年期相關分析

腐蝕速率與氯鹽($p=+0.506$)及濕潤時間($p=+0.301$)為正相關(正面交互影響)，腐蝕速率與環境相關因子相關性由高到低依序為：氯鹽、濕潤時間。

表 5-3 碳鋼腐蝕速率與環境因子相關顯著性排序

		腐蝕速率與環境相關因子顯著性由高到低
工業區	春	二氧化硫、濕潤時間、降雨時數、平均氣溫
	夏	二氧化硫、平均氣溫、濕潤時間
	秋	二氧化硫、濕潤時間、降雨時數、日照時數
	冬	濕潤時間、降雨時數、降雨量、二氧化硫、平均氣溫、日照時數、風速
	一年	二氧化硫、濕潤時間
沿海區	春	氯鹽、降雨時數、降雨量、濕潤時間
	夏	氯鹽、日照時數、風速
	秋	氯鹽、濕潤時間、日照時數
	冬	濕潤時間、平均氣溫、氯鹽、日照時數、降雨時數、風速、降雨量
	一年	氯鹽、濕潤時間

5.5 複迴歸模式建立

迴歸分析中的依變數（碳鋼腐蝕速率）與自變數（濕潤時間平均氣溫，平均風風速，降水量，降水時數，日照時數，二氧化硫沉積量及氯鹽沉積量，以複迴歸分析方法中之逐步回歸（step）模式方式，依迴歸模式摘要、變異數分析、迴歸係數、共線性等分述解釋定義及本研究迴歸預測模式可行性說明如下：

5.5.1 迴歸模式摘要

迴歸模式摘要內容有相關程度，判定係數，調整的判定係數及 D 檢定等如表 5-4 所示。

1. 相關程度 (R)

R 表示透過複迴歸分析所預測出的依變項，與所輸入的自變數之間的相關程度，由-1 至 1 越接近 1 表示成高度正相關，越接近-1 則成高度負相關。本研究結果計算出的 R 值以工業區冬季為 $R=0.835$ 最高，其餘亦皆達 $R=0.50$ 以上， $R=0.835$ 表示所預測碳鋼腐蝕速率，依變數與所輸入的自變數間相關程度極高，即工業區冬季碳鋼腐蝕速率的預測值與實際值相關達 83.5%。

2. 判定係數 (R^2)

R^2 又稱為決定係數表示所輸入的依變數的總變異量中，能被複迴歸模式所解釋的變異量百分比有多少。 R^2 值由 0 至 1， R^2 越接近 1 表示所計算出的複迴歸模式的適配度越好。因此在複迴歸分析中除了是否有共線性問題之外，藉由 R^2 值可以明確判斷一個複迴歸模式優劣。本研究中以工業區(一年期) $R^2=0.615$ ，可以說根據三個預測變數(環境影響因子)可以解釋腐蝕速率總變異的 61.5%，而春季及夏季解釋腐蝕速率總變異則未達 30%。

3. 調整的判定係數 (Adjusted R^2)

透過計算公式對原始 R^2 直接加以修正，使其更能真實呈現複迴

歸模式。如工業區(冬季)調整的判定係數 Adjusted $R^2 = 0.686$ 。

4. D 檢定法 (Durbin-Watson)

是常用來檢定複迴歸分析殘差值是否有自相關的方法，D 值介於 0 至 4 之間。一般而言 D 值在 2 左右時，表示殘差值並無自相關情形產生。本研究發現工業區與沿海區各季節殘差值約在 2 左右，所以並無自相關情形產生。

表 5-4 碳鋼模式摘要

依變項	模式 model	相關程度 R	判定係數 R^2	調整判定係數 $adjR^2$	標準誤	D 檢定
工業區(春)	逐步迴歸	0.517	0.267	0.245	157.4	1.685
工業區(夏)		0.520	0.271	0.257	126.8	1.274
工業區(秋)		0.745	0.554	0.535	125.5	1.928
工業區(冬)		0.835	0.698	0.686	82.9	1.791
工業區(一年)		0.784	0.615	0.606	68.8	1.844
沿海區(春)	逐步迴歸	0.552	0.305	0.285	133.7	1.348
沿海區(夏)		0.519	0.270	0.254	78.9	1.390
沿海區(秋)		0.642	0.412	0.394	129.9	1.681
沿海區(冬)		0.694	0.482	0.471	106.5	1.399
沿海區(一年)		0.542	0.294	0.284	66.6	1.784

依變數：碳鋼腐蝕速率

自變數：濕潤時間、平均溫度、風速、降雨量、降雨時數、日照時數、二氧化硫、氣鹽

5.5.2 變異數分析 (ANOVA)

在變異數分析 (ANOVA) 中有離均差平方和，F 檢定，顯著性等如表 5-5 及表 5-6 所示。

1. 離均差平方和 SS(sum of square)：

表示總變異量是由迴歸離均差平方和與殘差離均差平方和所

組成，因此

$$R^2 = \frac{SS_{REG}}{SS_{TOTAL}} \dots\dots\dots (5-1)$$

由此可知之值相對於之值越大 R^2 值越接近 1。

2. 平均平方和 (Mean square)

將迴歸總平方和與殘差總平方和分別除以 (df) 自由度，分別得迴歸平均平方和及殘差平均平方和。

3. F 檢定 (F Statistic)及顯著性 Sig.(Significance Value)

利用 F 統計量來進行 F 檢定，主要是進行整體之顯著性，所計算出顯著性 Sig.值為 0.000，代表本研究的複迴歸分析中的自變數 X_1 至自變數 X_8 ，相當足以有效解釋並預測依變數 (Z_y) 之能力。

$$F = \frac{MS_{REG}}{MSE} \dots\dots\dots (5-2)$$

由表 4-3 變異數分析 (ANOVA) 中，工業區與沿海區各季節等腐蝕速率， $P < 0.05$ ，Sig(0.000)，具顯著水準，可以說依據逐步迴歸選入之八項變數來預測是有顯著關係。

表 5-5 碳鋼工業區迴歸檢定及係數分析

		未標準化 係數 B 值	標準化係 數 Beta 值	T 檢定	顯著性	容忍值	變異數 波動因素 VIF	F 檢定
工業區 (春)	常數	-108.1		-1.685	0.095			11.091
	二氧化硫	0.377	0.330	3.715	0.000	0.950	1.052	
	濕潤時間	3.589	0.319	3.603	0.000	0.954	1.048	
	風速	39.8	0.183	2.100	0.038	0.988	1.012	
工業區 (夏)	常數	1435.6		2.627	0.010			19.133
	二氧化硫	0.29	0.331	3.184	0.002	0.653	1.530	
	平均溫度	-45.7	-0.251	-2.412	0.018	0.653	1.530	
工業區 (秋)	常數	-18.179		0.256	0.798			28.621
	二氧化硫	0.651	0.510	7.102	0.000	0.940	1.064	
	日照時數	-0.319	-0.283	-3.949	0.000	0.945	1.059	
	濕潤時間	4.552	0.351	4.778	0.000	0.895	1.117	
	風速	38.276	0.217	2.986	0.004	0.919	1.089	

		未標準化 係數 B 值	標準化係 數 Beta 值	T 檢定	顯著性	容忍值	變異數 波動因素 VIF	F 檢定
工業區 (冬)	常數	-59.462		-2.478	0.015			58.934
	濕潤時間	1.937	0.267	2.865	0.005	0.342	2.926	
	二氧化硫	0.213	0.380	6.181	0.000	0.782	1.278	
	降雨時數	0.189	0.320	3.390	0.001	0.333	3.002	
	風速	21.094	0.184	2.972	0.004	0.775	1.290	
工業區 (一年)	常數	3.279		0.115	0.909			74.420
	二氧化硫	0.564	0.683	12.421	0.000	0.910	1.098	
	濕潤時間	1.686	0.202	3.613	0.000	0.878	1.139	
	日照時數	-0.025	-0.131	-2.454	0.015	0.961	1.041	

表 5-6 碳鋼沿海區迴歸檢定及係數分析

	逐步迴歸 選入變數	未標準化 係數 B 值	標準化係 數 Beta 值	T 檢定	顯著性	容忍 度	變異數 波動因素 VIF	F 檢定
沿海區 (春)	常數	627.333		3.699	0.000			15.484
	氣鹽	2.764	0.385	5.272	0.000	0.925	1.081	
	降雨量	0.130	0.276	3.712	0.000	0.893	1.120	
	平均溫度	-18.788	-0.242	-2.929	0.004	0.722	1.384	
	風速	-29.013	-0.160	-1.988	0.049	0.759	1.317	
沿海區 (夏)	常數	345.047		7.682	0.000			17.365
	氣鹽	1.291	0.293	3.974	0.000	0.953	1.050	
	日照時數	-0.266	-0.287	-3.899	0.000	0.953	1.049	
	風速	-31.969	-0.254	-3.519	0.001	0.997	1.003	
沿海區 (秋)	常數	265.169		4.285	0.000			22.816
	氣鹽	1.811	0.360	5.162	0.000	0.931	1.074	
	濕潤時間	3.867	0.322	4.070	0.000	0.723	1.383	
	降雨量	-0.092	-0.382	-4.543	0.000	0.640	1.562	
	日照時數	-0.336	-0.367	-4.335	0.000	0.630	1.587	
沿海區 (冬)	常數	-55.561		-1.905	0.059			44.635
	濕潤時間	3.991	0.528	8.528	0.000	0.939	1.065	
	氣鹽	1.603	0.276	4.410	0.000	0.919	1.088	
	風速	16.570	0.157	2.579	0.011	0.966	1.036	
沿海區 (一年)	常數	35.221		1.622	0.107			30.007
	氣鹽	1.788	0.462	6.444	0.000	0.953	1.049	
	濕潤時間	1.403	0.201	2.807	0.006	0.953	1.049	

5.5.3 迴歸係數

在迴歸係數分析中有未標準化係數 B ，標準化迴歸係數 β ， t 檢定 (t statistic) 與 sig. (Significance Value)，容忍度 (Tolerance) 與變異數波動因素 (VIF) 之共線性分析如表 5-7 所示。

1. 標準化迴歸係數 β ：

所列出為複迴歸分析的結果，是先將自變數 (X_1 、 X_2 X_8) 資料矩陣加以標準化之後再進行計算的標準化係數 β 。它反映的是相應的某個因變數上升一個單位時，依變數取值的變動情況，即因變數對依變數的影響程度。由於因變數之間的變異程度和平均數有時相差非常大，直接用未標準化係數 β 是無法比較各依變數的影響程度大小的，為此將各因變數進行標準常態變換後再進行分析，它的大小可以直接用來比較各因變數對依變數的影響程度。

2. t 檢定 (t statistic) 與 sig. (Significance Value)

利用個別係數之 t 檢定來檢定複迴歸模式中自變數對於整個模式重要性與貢獻度，即檢定各自變數的複迴歸係數是否太小而可視為零，進而將自變數忽略。一般而言所計算出的 $t > 2$ 或 $t < -2$ ；或 sig. < 0.10 的自變數是屬於較有用或較重要的預測變數， t 值乃由迴歸係數除以其標準誤而得，其值愈大愈容易達到顯著水準。本研究中 t 值皆達到顯著水準，在工業區之 t 值中二氧化硫、濕潤時間 $t > 2$ 與日照時數 $t < -2$ 為較有用預測變數。沿海區則以氯鹽、濕潤時間 $t > 2$ 降雨量、日照時數、風速 $t < -2$ 為重要預測變數。

3. 容忍度 (Tolerance) 與變異數波動因素 (VIF) 之共線性分析

共線性分析可以讓我們檢查共線性資料是否存在，並評估共線性是否影響參數的建立。通常我們以變數的容忍度 (Tolerance) 作為共線性量數，VIF 與容忍度有密切關係其公式為： $VIF = 1/(1 - R^2)$ ，當 VIF 增大時，迴歸係數的變異數也隨之增大，變異數波動因素 (variance inflation factor; VIF) 值愈大 (通常為 10)，

表示該自變項與其他自變項共線問題愈嚴重，容忍度一般介於 0~1，若容忍度較小（通常為 0.10），則此變數可能與其他自變數有線性相關。本研究中容忍度皆大於 0.10 以上且接近於 1 及 VIF 變異數波動因素皆小於 10 以下，表示自變項間的共線性問題很小無共線性，顯示模型自變項間線性相依問題很小。

5.5.4 複迴歸模式

由複迴歸分析輸出結果及所計算出各自變數(濕潤時間、平均溫度、風速、降雨量、降雨時數、日照時數、二氧化硫、氯鹽)的迴歸係數，將本研究標準化預測模式寫成數學公式如表 5-7。例如在公式 5-5 工業區一年期模式， Z_7 (標準化二氧化硫)， Z_1 (標準化濕潤時間)及 Z_6 (標準化日照時數)已在模式中，其中 β_1 表示 Z_7 (標準化二氧化硫)增加一單位，預期 Z_y (標準化腐蝕速率)會增加 0.683。同理得之 β_3 表示 Z_3 (標準化日照時數)減少一單位，預期 Z_y (標準化腐蝕速率)會增加 0.131。簡言之，在工業區一年期模式當二氧化硫、濕潤時間增加及日照時數降低則腐蝕速率增加。

表 5-7 碳鋼標準化迴歸預測模式

	迴歸模式	R^2	公式
工業區(春)	$Z_Y = 0.330Z_7 + 0.319Z_1 + 0.183Z_3$	0.25	(5-1)
工業區(夏)	$Z_Y = 0.331Z_7 - 0.251Z_2$	0.26	(5-2)
工業區(秋)	$Z_Y = 0.510Z_7 - 0.283Z_6 + 0.351Z_1 + 0.217Z_3$	<u>0.54</u>	(5-3)
工業區(冬)	$Z_Y = 0.267Z_1 + 0.380Z_7 + 0.320Z_4 + 0.184Z_3$	<u>0.69</u>	(5-4)
工業區(一年)	$Z_Y = 0.683Z_7 + 0.202Z_1 - 0.131Z_6$	<u>0.61</u>	(5-5)
沿海區(春)	$Z_Y = 0.385Z_8 + 0.276Z_4 - 0.242Z_2 - 0.160Z_3$	0.29	(5-6)
沿海區(夏)	$Z_Y = 0.293Z_8 - 0.287Z_6 - 0.254Z_3$	0.25	(5-7)
沿海區(秋)	$Z_Y = 0.360Z_8 + 0.322Z_1 - 0.382Z_4 - 0.367Z_6$	<u>0.39</u>	(5-8)
沿海區(冬)	$Z_Y = 0.528Z_1 + 0.276Z_8 - 0.157Z_3$	<u>0.47</u>	(5-9)
沿海區(一年)	$Z_Y = 0.462Z_8 + 0.201Z_1$	0.28	(5-10)

其中 Z_1 標準化濕潤時間、 Z_2 標準化平均溫度、 Z_3 標準化風速、 Z_4 標準化降雨量
 Z_5 標準化降雨時數、 Z_6 標準化日照時數、 Z_7 標準化二氧化硫、 Z_8 標準化氯鹽
 Z_Y 為標準化腐蝕速率

5.6 複迴歸模式的檢驗與討論

以下根據前節所討論的迴歸分析基本假設，對於建立碳鋼腐蝕複迴歸模式加以檢驗與討論，是否符合假設：

1. 標準化殘差次數分配圖

本研究資料透過 SPSS 計算輸出於附錄 B，經整理歸納如圖 5-1 與圖 5-2「標準化殘差次數分配直方圖」。此圖可作為檢定樣本觀察值是否符合常態性的基本假設，當殘差值的次數分配與圖中鐘型曲線（標準常態分配曲線）完全符合時，即表示樣本的標準化殘差值呈完全常態分配，研究結果顯示符合常態分配。

2. 樣本殘差值常態機率分佈圖

資料整理歸納如圖 5-3 與圖 5-4「樣本殘差值常態機率分佈圖」，當樣本殘差值累積機率分佈愈接近 45° 斜線，表示樣本觀察值愈能符合常態性假設。研究結果顯示符合常態性假設。

3. 殘差值與預測值交叉散佈圖

當散佈圖呈現水平的隨機散佈時，表示樣本觀察值符合常態性與變異數齊一性的假設。本研究結果歸納如圖 5-5 與圖 5-6「殘差值與預測值交叉散佈圖」可以得知散佈圖大致成水平的隨機散佈符合變異數齊一性的假設。

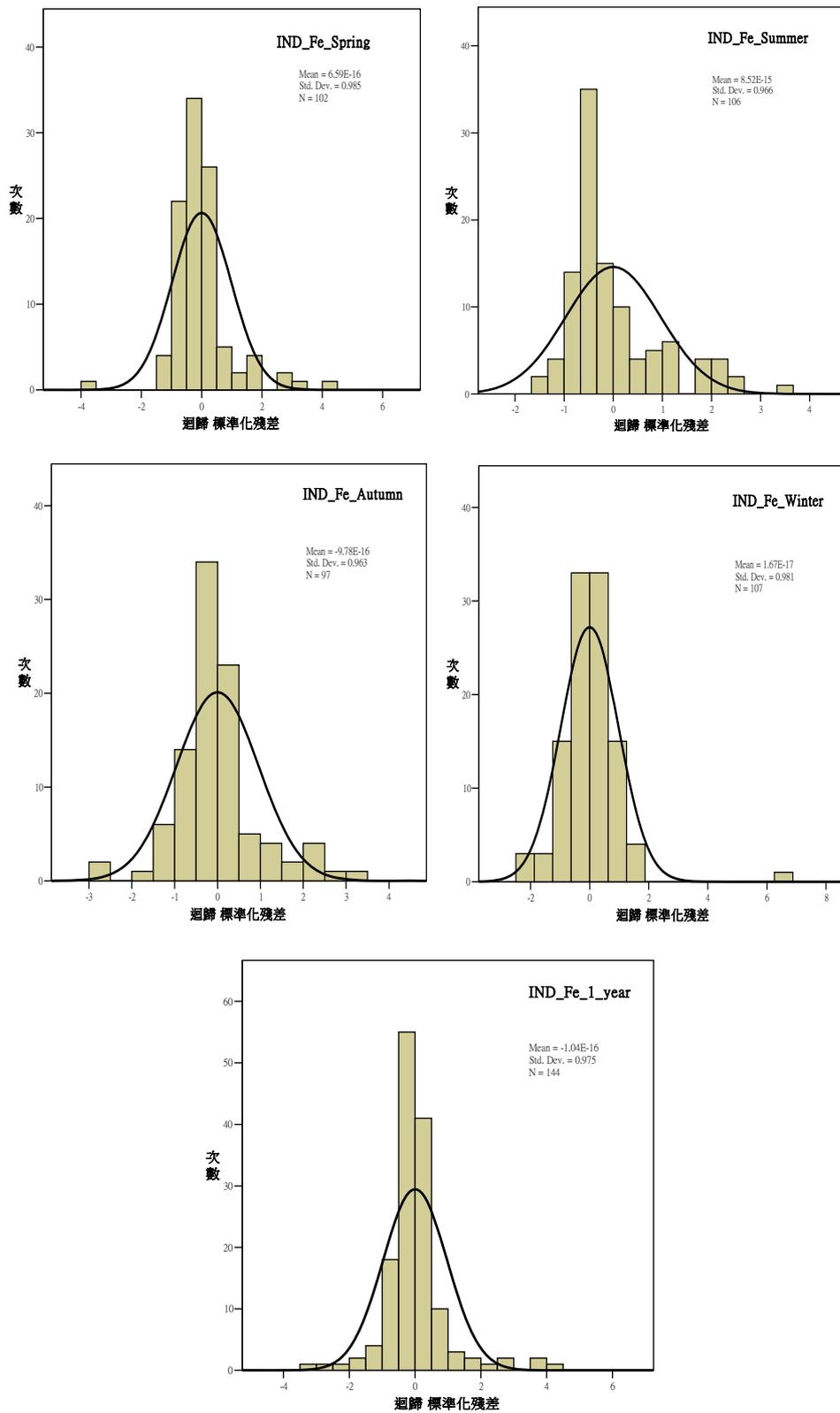


圖 5.1 工業區標準化殘差次數分配直方圖

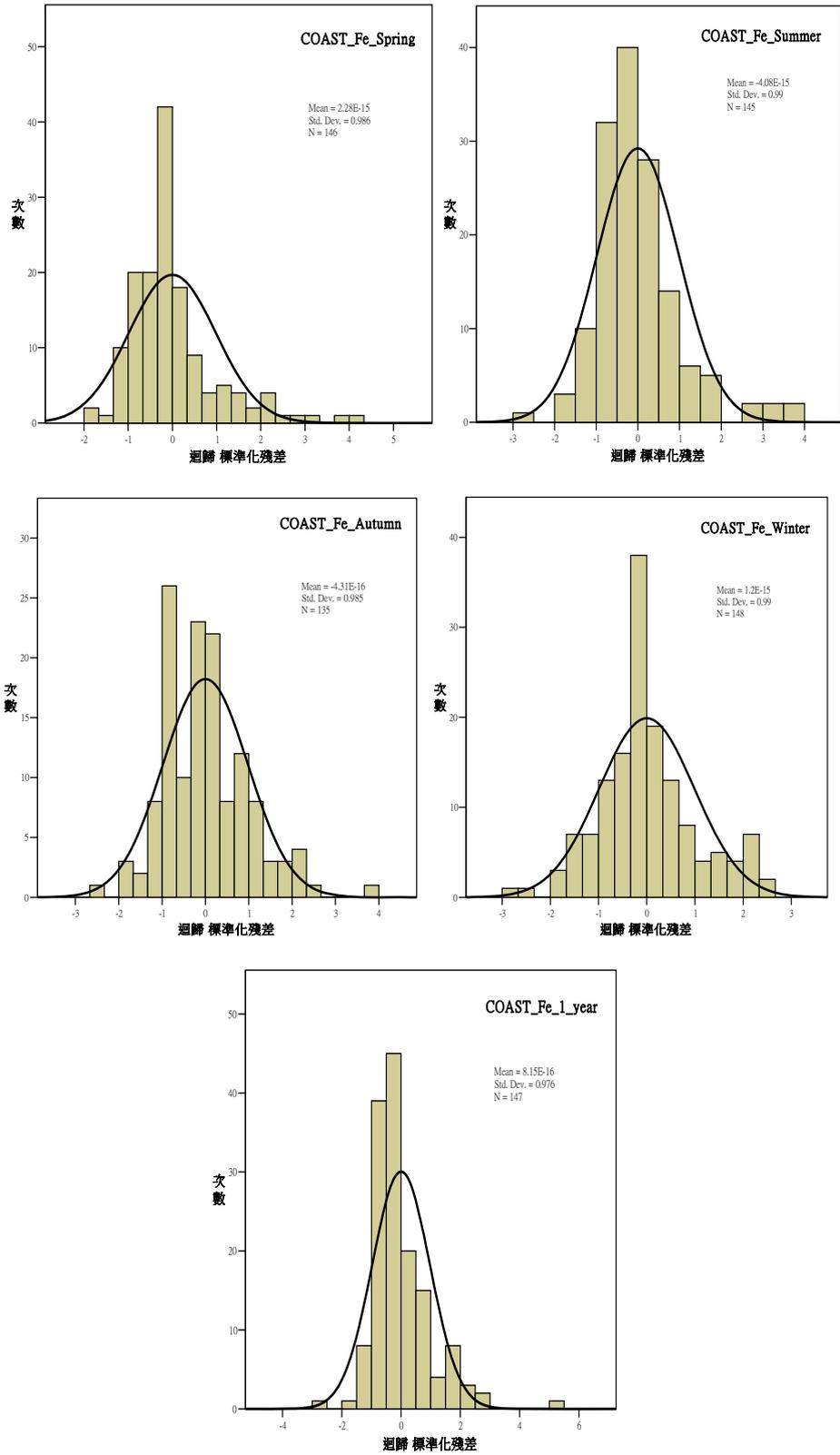


圖 5.2 沿海區標準化殘差次數分配直方圖

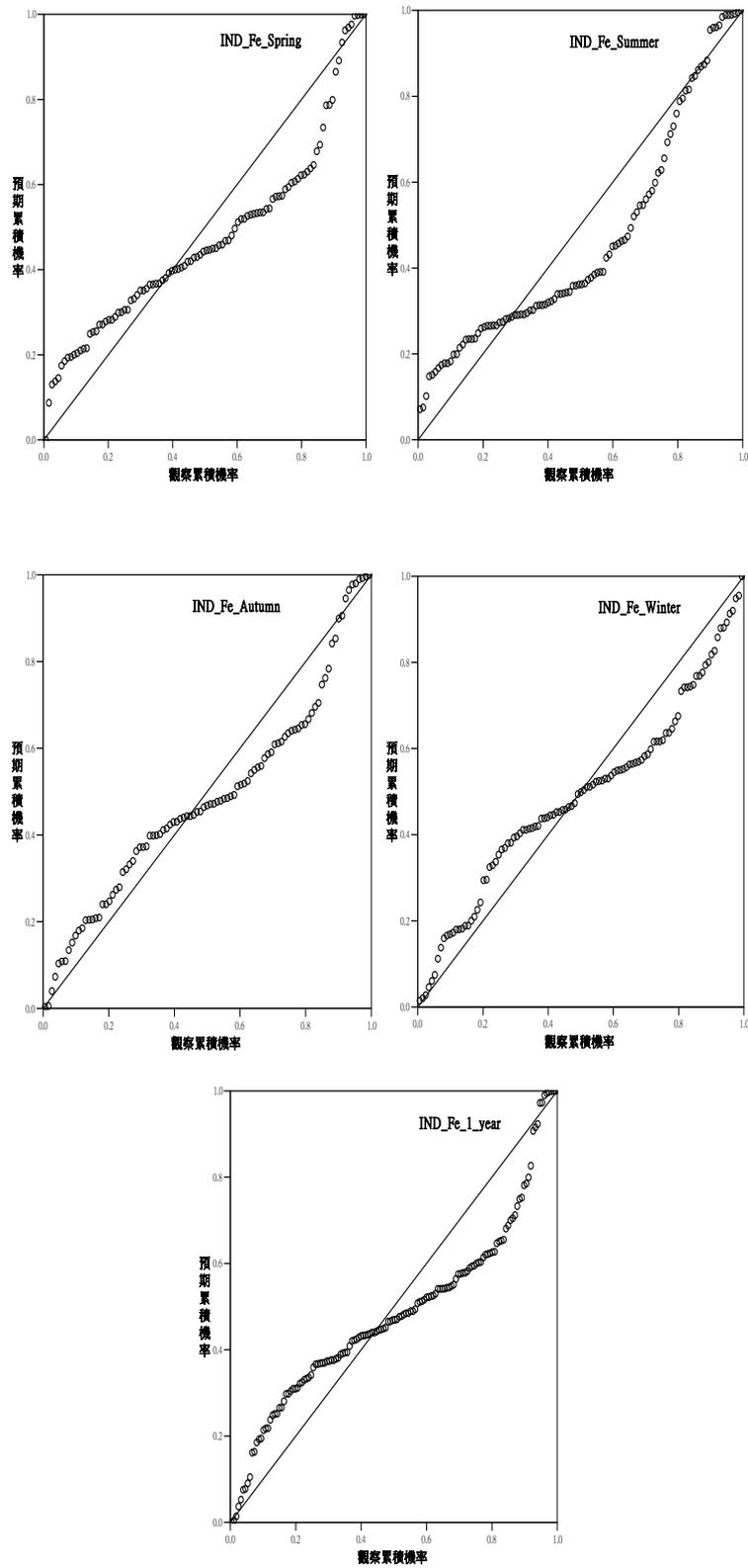


圖 5.3 工業區樣本殘差值常態機率分佈圖

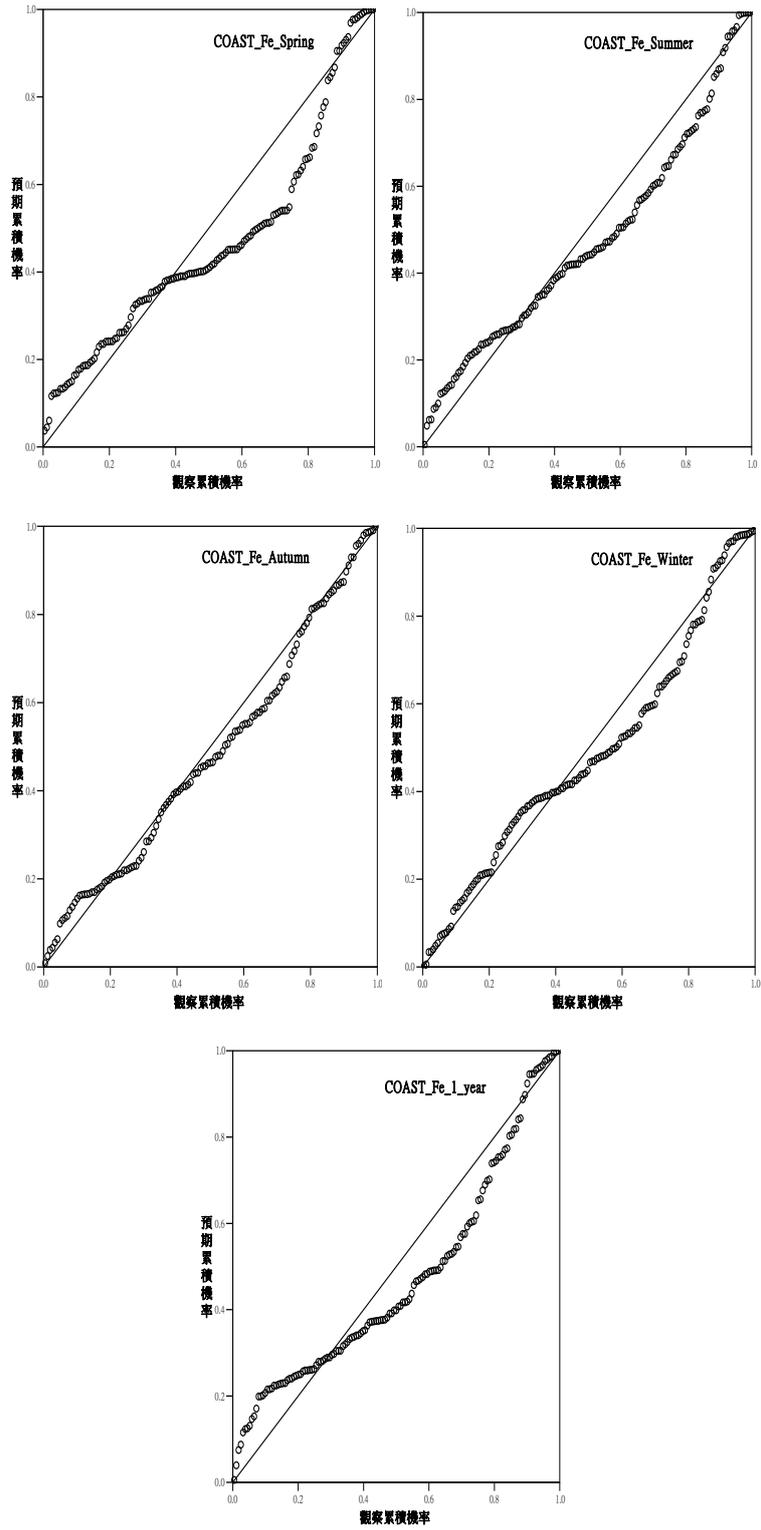


圖 5.4 沿海區樣本殘差值常態機率分佈圖

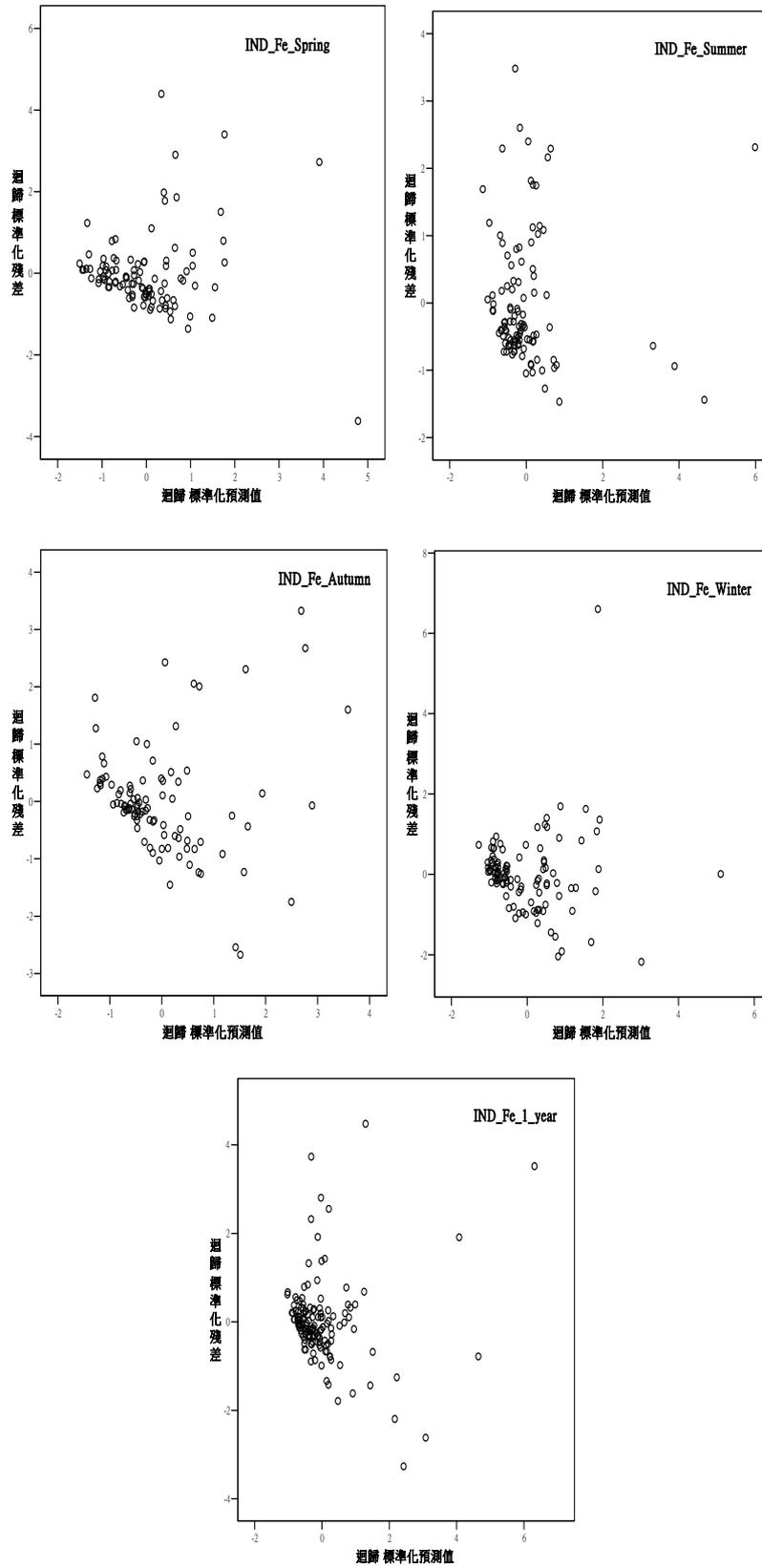


圖 5.5 工業區殘差值與預測值交叉散佈圖

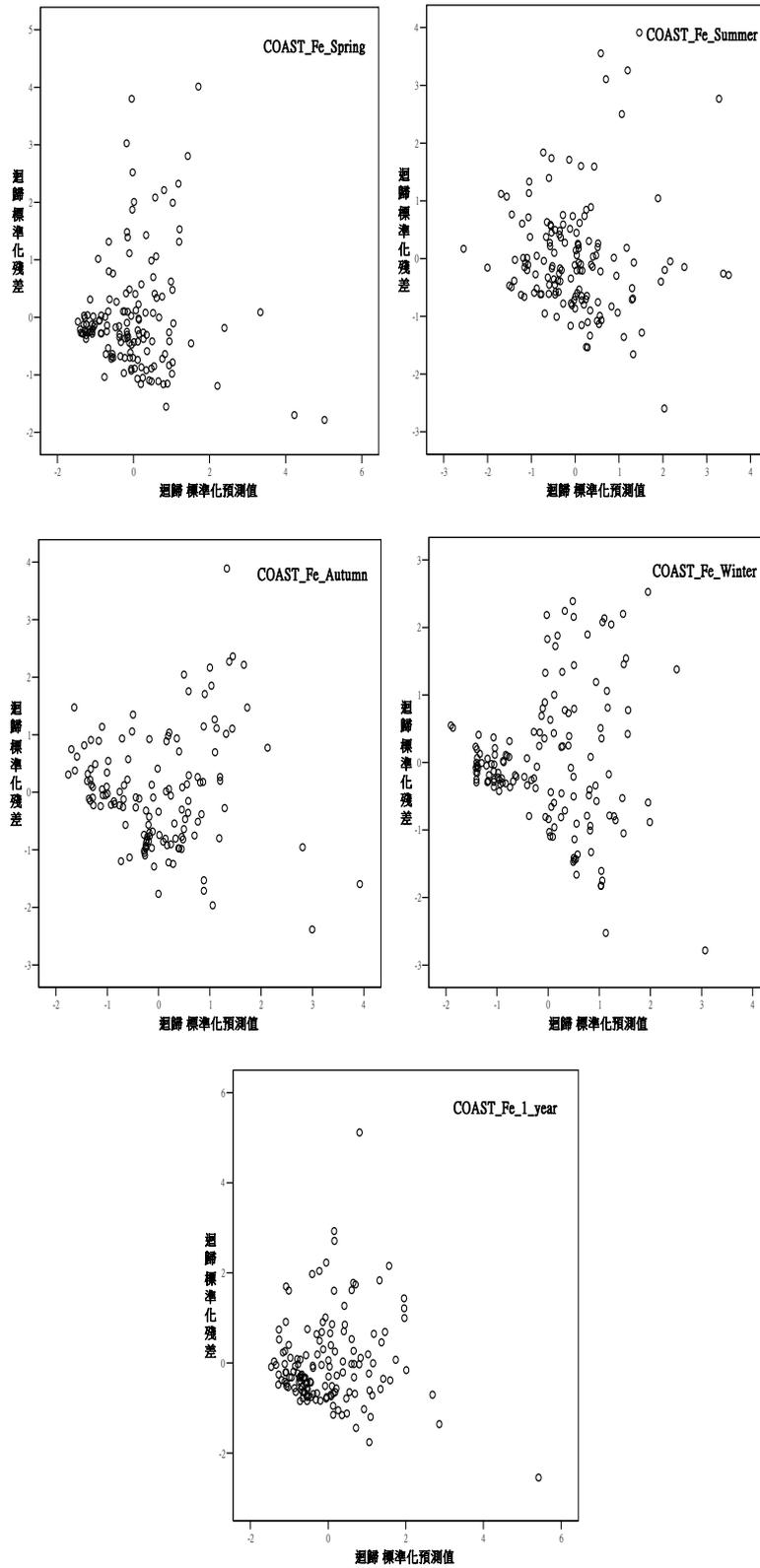


圖 5.6 沿海區殘差值與預測值交叉散佈圖

5.7 複迴歸的預測模式

經過以上之檢驗分析，模式達顯著水準，且經診斷後確定模式適當，符合迴歸分析基本假設，且無共線性或自我相關問題。得到最後的模式以工業區的秋季、冬季與一年期，此三種模式符合。在沿海區以秋季、冬季，此二種模式較符合。例如：

1. 工業區秋季模式，在公式 5-3 中，

$$Z_y = 0.510Z_7 - 0.283Z_6 + 0.351Z_1 + 0.217Z_3 \dots\dots\dots (5-3)$$

顯示腐蝕速率 (Z_y) 與二氧化硫(Z_7)、濕潤時間(Z_1)、風速(Z_3) 結構比呈正相關 (係數正值)，即增加此因子比例對整個腐蝕速率呈正面效果，腐蝕速率增加。

2. 沿海區冬季模式，在公式 5-4 中，

$$Z_y = 0.528Z_1 + 0.276Z_8 - 0.157Z_3 \dots\dots\dots (5-4)$$

顯示腐蝕速率 (Z_y) 與濕潤時間(Z_1)、氯鹽(Z_8)呈正相關 (係數正值)，即增加此因子對整個腐蝕速率呈正面效果則腐蝕速率增加。

第六章 大氣腐蝕因子資料庫功能維護與擴充

6.1 系統功能規劃

本年度的系統功能規畫新增現地試驗資料管理、腐蝕因子資料管理、試驗地點資料管理。本年度維護並擴充項目說明如下：

1. 現地試驗（等位圖）資料管理：

現地試驗資料的濕潤時間、沉積速率、腐蝕速率等資料及圖片建置管理。讓網站可以在管理者的操作下，更加即時的維護資料的呈現。

2. 腐蝕因子資料管理：

可維護腐蝕因子測量值單位、最大參考單位值等等，用於顯示資料製表、報表等等。

3. 試驗地點資料管理：

鑑於現有資料中各個試驗點名稱皆獨立管理，若需修正，則須逐一地修改。此處新增此一功能，使其可由系統管理者新增、修改、刪除試驗點資料。試驗點資料包含試驗地點名稱、座標、高程、離海岸線距離等資料。試驗地點名稱在許多資料都需要顯示，可修改為統一名稱的管理。

4. 全系統資料庫結構調整：

由於以往於各類腐蝕因子之資料，腐蝕因子測量值單位、最大參考單位值等等，並非自資料庫取出，導致測量單位值在系統顯示時須各自調整，對管理者而言著實不便，因此調整資料庫結構，新增腐蝕因子管理；另外亦新增現地試驗（等位圖）資料管理，方便管理者能夠透過系統進行等位圖之資料上架；在程式調整方面，為了搭配前述的資料庫結構調整與資料新增，使資料的顯示與比較等功能正常顯示，因此系統相關的程式均做過調整，以搭配資料顯示

與結構調整。

5. 現地試驗（等位圖）資料管理

由後台管理進行現地試驗（等位圖）資料之新增、修改、刪除等動作，透過等位圖上傳及季度資料之配合，可即時於網站更新相關數據及等位圖，如圖 6.1~6.6 所示。

The screenshot shows a web interface for managing on-site test data. At the top, there is a navigation menu with tabs: 關於本計畫, 國內資料蒐集分析, 現地試驗資料, 專家數據庫, 基本管理, and 系統管理. The '現地試驗資料' tab is active. Below the menu, there is a breadcrumb trail: 目前您所在的位置::系統管理 > 現地試驗資料管理. A search bar with a '查詢' button is visible. The main content area features a table with columns: 功能, 腐蝕因子, 季度代號, 年度, 試驗週期, 顯示名稱, 季度期間, and 檔案. The table contains one record for '相對溼度 (RH)' in 2011, 第二季. To the right of the table, there is a small map of Taiwan showing a color-coded data distribution.

功能	腐蝕因子	季度代號	年度	試驗週期	顯示名稱	季度期間	檔案
修改 刪除	相對溼度 (RH)	100q2data	2011	第二季	2011年第二季	2011.06.01 ~ 2011.09.01	

圖 6.1 現地試驗等位圖資料管理

The screenshot shows a form for adding new on-site test data. The form title is '現地試驗資料管理'. It includes the following fields: '現地試驗編號' (set to '自動編號'), '腐蝕因子*' (dropdown menu), '季度*' (dropdown menu), and '現地試驗檔案*' (with a '選擇檔案' button and '未選擇檔案' text). At the bottom, there are '儲存新增' and '取消新增' buttons.

圖 6.2 現地試驗資料整合管理

氯(Cl)沉積速率

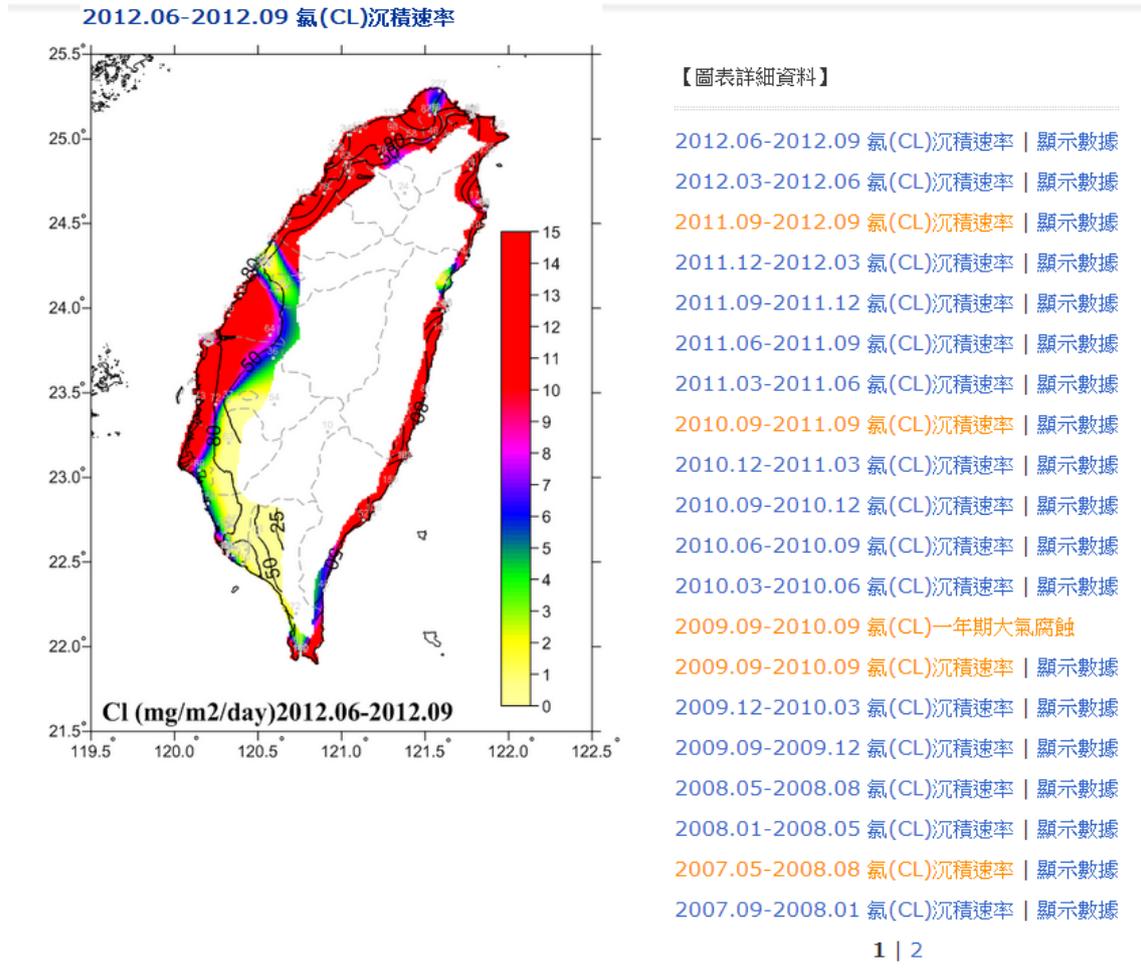


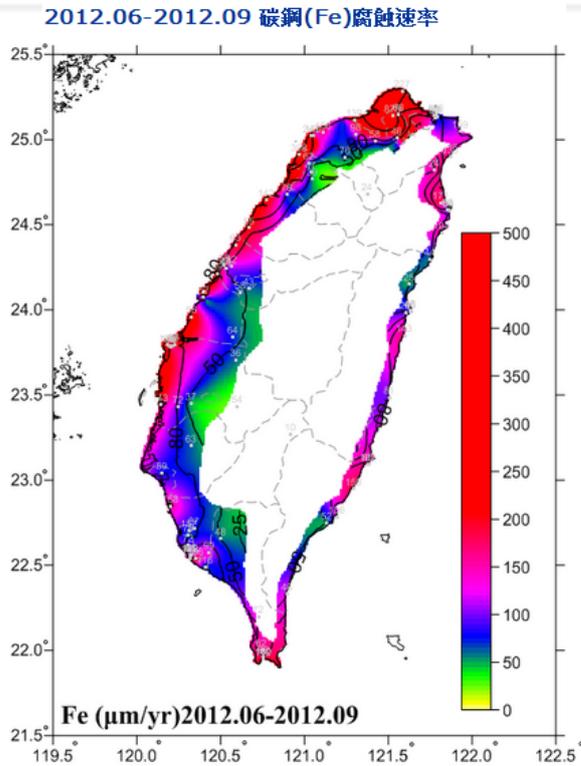
圖 6.3 氯離子新增資料顯示

氯(CL)試驗地點實驗數據

試驗地點	2012年第二季(2012.06~2012.09) 數據(mg/m ² /day)
核一廠	-
龍德工業區	7.50
台北市區	4.77
陽明山國家公園	1.61
北橫巴陵	0.90
阿里山	1.10
南橫天池	-
桃園試驗線1Km	-
蘇澳港試驗線0m	13.75
蘇澳港試驗線100m	2.83
蘇澳港試驗線300m	6.69
東北角風景管理處	106.33
台北港監測站	11.28
平鎮工業區(服務中心)	2.94
觀音工業區(服務中心)	-
永安安檢所	11.40
新竹漁港	25.10
蘇澳港試驗線1Km	-
南澳安檢所	19.88
太魯閣國家公園	1.14
花蓮港試驗線0m	21.42
基隆試驗線0m	18.71
花蓮港試驗線100m	5.92
花蓮港試驗線300m	14.94
花蓮港試驗線1Km	-
花蓮港試驗線3Km	-
橄仔樹安檢所	34.85
	25.44
成功試驗線0m	32.21
成功試驗線300m	-
金樽安檢所	2.69
伽蘭安檢所	12.94
基隆試驗線100m	38.57
尚武安檢所	-
核三廠試驗線0m	72.86
楓港變電站	-
基隆試驗線300m	-
大林火力電廠	-
中鋼公司	3.91
高雄市區	-

圖 6.4 氯離子資料顯示(詳細)

碳鋼(Fe)腐蝕速率



【圖表詳細資料】

[2012.06-2012.09 碳鋼\(Fe\)腐蝕速率 | 顯示數據](#)

[2012.03-2012.06 碳鋼\(Fe\)腐蝕速率 | 顯示數據](#)

[2011.09-2012.09 碳鋼\(Fe\)一年期大氣腐蝕環境分類](#)

[2011.12-2012.03 碳鋼\(Fe\)腐蝕速率 | 顯示數據](#)

[2011.09-2011.12 碳鋼\(Fe\)腐蝕速率 | 顯示數據](#)

[2011.06-2011.09 碳鋼\(Fe\)腐蝕速率 | 顯示數據](#)

[2011.03-2011.06 碳鋼\(Fe\)腐蝕速率 | 顯示數據](#)

[2010.09-2011.09 碳鋼\(Fe\)一年期大氣腐蝕環境分類](#)

[2010.09-2011.09 碳鋼\(Fe\)腐蝕速率 | 顯示數據](#)

[2010.12-2011.03 碳鋼\(Fe\)腐蝕速率 | 顯示數據](#)

[2010.09-2010.12 碳鋼\(Fe\)腐蝕速率 | 顯示數據](#)

[2010.06-2010.09 碳鋼\(Fe\)腐蝕速率 | 顯示數據](#)

[2010.03-2010.06 碳鋼\(Fe\)腐蝕速率 | 顯示數據](#)

[2009.09-2010.09 碳鋼\(Fe\)一年期大氣腐蝕環境分類](#)

[2009.09-2010.09 碳鋼\(Fe\)腐蝕速率 | 顯示數據](#)

[2009.12-2010.03 碳鋼\(Fe\)腐蝕速率 | 顯示數據](#)

[2009.09-2009.12 碳鋼\(Fe\)腐蝕速率 | 顯示數據](#)

[2008.05-2008.08 碳鋼\(Fe\)腐蝕速率 | 顯示數據](#)

[2008.01-2008.05 碳鋼\(Fe\)腐蝕速率 | 顯示數據](#)

[2007.05-2008.08 碳鋼\(Fe\)一年期大氣腐蝕環境分類](#)

1 | 2

圖 6.5 碳鋼(Fe)新增資料顯示

鐵(Fe)試驗地點實驗數據

試驗地點	2012年第二季(2012.06~2012.09) 數據(μm/yr)
核一廠	-
龍德工業區	184.55
台北市區	44.67
陽明山國家公園	195.24
陽明山硫磺區	889.49
北橫巴陵	9.77
阿里山	18.04
南橫天池	-
桃園試驗線1Km	172.86
蘇澳港試驗線0m	94.37
蘇澳港試驗線100m	116.01
蘇澳港試驗線300m	96.58
東北角風景管理處	291.86
台北港監測站	63.99
平鎮工業區(服務中心)	109.11
觀音工業區(服務中心)	124.40
永安安檢所	462.20
新竹漁港	526.59
蘇澳港試驗線1Km	-
南澳安檢所	156.96
和平工業區	54.63

圖 6.6 碳鋼(Fe)新增資料顯示(詳細)

其餘腐蝕因子的新增資料，其格式與呈現方式與上述的氯離子、碳鋼(Fe)等相同，故不再贅述。

6.2 腐蝕因子資料管理

可維護腐蝕因子測量值單位、最大參考單位值等等，用於顯示資料製表、報表等等，如圖 6.7~6.8 所示。

關於本研究 國內資料蒐集分析 現地試驗資料 專家數據庫 基本管理 系統管理

目前您所在的位置: 會員資料管理
帳號逾期通知
照片資料管理
資料匯入功能
季度資料管理
查: 等位圖管理
試驗地點資料管理
腐蝕因子資料管理

腐蝕因子資料管理

功能	腐蝕因子名稱	測量值單位	類別	排序	最大單位參考值	最小單位參考值
修改 刪除	相對溼度(RH)	%	環境因子	1	100	0
修改 刪除	氯(CL)	mg/m ² /day	環境因子	2	40	0
修改 刪除	二氧化硫(SO ₂)	mg/m ² /day	環境因子	3	200	0
修改 刪除	鐵(Fe)	µm/yr	金屬	4	500	0
修改 刪除	鋅(Zn)	µm/yr	金屬	5	10	0
修改 刪除	銅(Cu)	µm/yr	金屬	6	8	0
修改 刪除	鋁(Al)	g/m ² /yr	金屬	7	15	0

圖 6.7 腐蝕因子資料管理

腐蝕因子資料管理

腐蝕因子資料管理	
腐蝕因子代號	rh
腐蝕因子中文名稱 *	相對溼度(RH)
腐蝕因子標題 *	濕潤時間
測量值單位 *	% $x^2 : x ²$
最大單位參考值 *	100
最小單位參考值 *	0
類別	環境因子
型態	百分比
排序	1
<input type="button" value="儲存修改"/> <input type="button" value="取消修改"/>	

圖 6.8 腐蝕因子資料管理-修改

6.3 試驗地點資料管理

鑑於現有資料中各個試驗點名稱皆獨立管理，若需修正，則須逐一地修改。增加此一功能，使其可由系統管理者新增、修改、刪除試驗點資料。試驗點資料包含試驗地點名稱、座標、高程、離海岸線距離等資料。試驗地點名稱在許多資料都需要顯示，可修改為統一名稱的管理，如圖 6.9~6.10 所示。

關於本研究 國內資料蒐集分析 現地試驗資料 專家數據庫 基本管理 系統管理

目前您所在的位置::系統管理

試驗地點資料管理

查詢

試驗地點中文名稱

功能	試驗地點名稱	座標(E)	座標(N)	高程(m)	離海岸線距離(KM)
修改 刪除	核一廠	121°34'58.1"	25°17'34"	68.79	0.20
修改 刪除	基隆試驗線0m	121°46'58.8"	25°09'7"	3	
修改 刪除	基隆試驗線100m	121°46'53.3"	25°09'0.8"	2	0.13
修改 刪除	基隆試驗線300m	121°46'21.9"	25°08'58.9"	12.9	0.48
修改 刪除	基隆試驗線1Km	121°47'22.1"	25°08'19.2"	42.39	1.02
修改 刪除	基隆試驗線3Km	121°46'38.1"	25°08'17.4"	74.79	1.61

會員資料管理
帳號逾期通知
照片資料管理
資料匯入功能
季度資料管理
等位圖管理
試驗地點資料管理
腐蝕因子資料管理

圖 6.9 試驗地點資料管理

關於本研究 國內資料蒐集分析 現地試驗資料 專家數據庫 基本管理 系統管理

目前您所在的位置::系統管理 > 試驗地點資料管理

試驗地點資料管理

試驗地點資料管理	
試驗地點編號	1
試驗地點中文名稱*	核一廠
試驗地點英文名稱	00000
座標_經度*	121°34'58.1"
座標_緯度*	25°17'34"
高程	68.79999999999998
離海岸線距離	0.2099999999999998
備註	0.2099999999999998
試驗線	<input checked="" type="checkbox"/>
GoogleMap經度*	25.2928
GoogleMap緯度*	121.583

儲存修改 取消修改

圖 6.10 試驗地點資料管理-修改

6.4 全系統資料庫結構重新調整設計

由於以往於各類腐蝕因子之資料，腐蝕因子測量值單位、最大參考單位值等等，並非自資料庫取出，導致測量單位值在系統顯示時須各自調整，對管理者而言著實不便，因此調整資料庫結構，新增腐蝕因子管理；另外亦新增現地試驗（等位圖）資料管理，方便管理者能夠透過系統進行等位圖之資料上架；在程式調整方面，為了搭配前述的資料庫結構調整與資料新增，使資料的顯示與比較等功能正常顯示，因此系統相關的程式均做過調整，以搭配資料顯示與結構調整。

6.5 手動繪趨勢圖

因應季度資料維護，產生動態選擇季度選單，利用資料庫結構的變更，將可以不同語法去檢索出不同的資料結構型態，因此可以增加趨勢圖圖表的統計型態。除此之外調整趨勢圖繪製之美觀度及自動依照最大值進行繪製最大值之調整，如圖 6.11~6.12 所示。

步驟一：請選擇監測種類

環境因子：
 濕潤時間 氯離子(Cl)沉積速率 二氧化硫(SO₂)沉積速率
 金屬：
 碳鋼(Fe)腐蝕速率 鋅(Zn)腐蝕速率 銅(Cu)腐蝕速率 鋁(Al)腐蝕速率

步驟二：請選擇圖形種類與產生方式

圖型種類: Bar 產生方式: 比較圖表(不需安裝元件, Vista與XP sp3建議使用) 開始比較 重設

步驟三：請選擇統計的季度

季度清單	待選擇的季度	已選擇的季度(點選任一季度可移除)
	2007年第三季 2007年第四季 2007~2008年全年期 2008年第一季 2008年第三季 2009年第三季 2009年第四季 2009~2010年全年期 2010年第一季 2010年第二季	2007年第三季 2007年第四季

圖 6.11 選擇繪製趨勢圖之季度

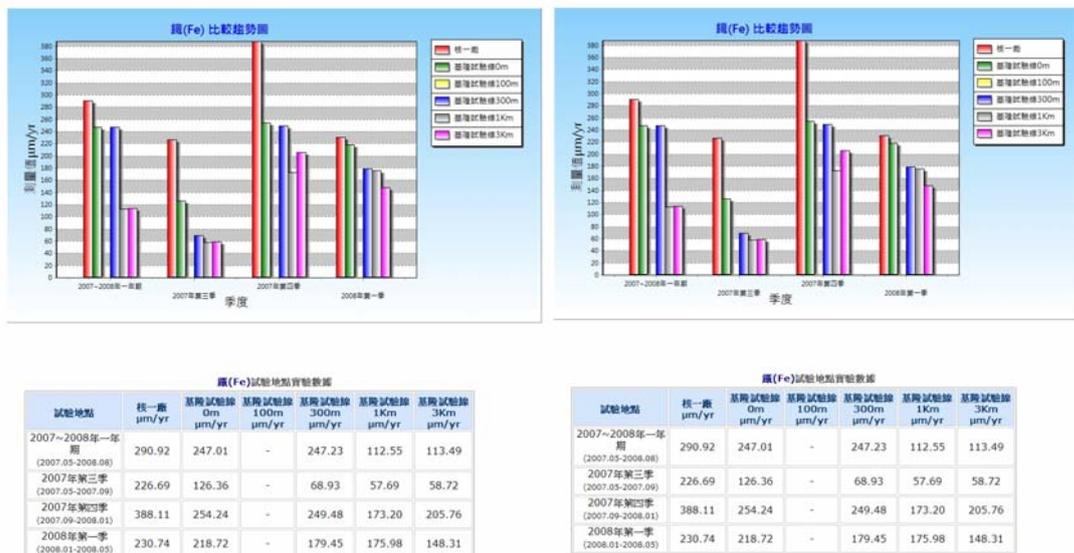


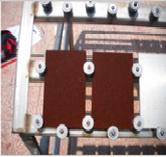
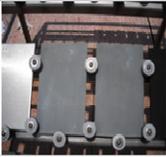
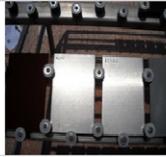
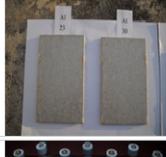
圖 6.12 手動繪趨勢圖 vs 手動繪趨勢圖(季度)

6.6 新增板狀試片腐蝕速率及試驗相片

新增板狀試片第一年期至第三年期腐蝕速率及腐蝕環境分類及板狀試片現地試驗相片，如圖 6.13~6.14 所示。

第 1 年期												
曝放地點	碳鋼			鋅			銅			鋁		
	各試片 腐蝕速率 ($\mu\text{m}/\text{yr}$)	平均 腐蝕速率 ($\mu\text{m}/\text{yr}$)	ISO 9223 腐蝕性 分類	各試片 腐蝕速率 ($\mu\text{m}/\text{yr}$)	平均 腐蝕速率 ($\mu\text{m}/\text{yr}$)	ISO 9223 腐蝕性 分類	各試片 腐蝕速率 ($\mu\text{m}/\text{yr}$)	平均 腐蝕速率 ($\mu\text{m}/\text{yr}$)	ISO 9223 腐蝕性 分類	各試片 腐蝕速率 ($\text{g}/\text{m}^2/\text{yr}$)	平均 腐蝕速率 ($\text{g}/\text{m}^2/\text{yr}$)	ISO 9223 腐蝕性 分類
臺北市 (陽明山)	52.6	53.5	C4	2.8	2.6	C4	8.3	8.2	C5+	1.5	1.4	C2~C4
	54.1			2.7			8.4			0.3		
	52.2			2.7			8.3			0.3		
	54.9			2.3			7.8			3.4		
新北市 (貢寮區澳底)	223.3	213	C5+	1.6	2.4	C4	5.8	6.1	C5+	5.2	3.8	C4
	246.9			3.2			6			4.6		
	195.5			2.5			6.4			2.8		
	186.3			2.3			6.3			2.5		
桃園縣 (觀音工業區)	114.7	112.7	C5	3	2.9	C4	2.9	2.5	C4	6.2	6.7	C5
	104.3			2.8			2.4			6.2		
	119			2.8			2.4			7.7		
	---			---			---			---		
臺南市 (安平港)	57.5	55.3	C4	1.1	1	C3	8.3	8.3	C5+	1.8	2.3	C4
	55.3			0.9			8.4			2.5		
	58.8			1			8.3			2.5		
	49.5			---			---			---		
高雄市 (中鋼小港廠區)	62.7	62.1	C4	1.9	2.3	C4	2.4	2.6	C4	6.5	6.1	C5
	58.5			1.9			2.4			10.4		
	63.3			2.3			3.3			1.5		
	63.7			2.9			2.4			5.8		
屏東縣 (枋山鄉)	57.5	55.3	C4	4.5	2.6	C4	2.7	2.6	C4	0.3	1	C3
	55.3			0.7			2.5			1.5		
	58.8			2.1			2.2			2.5		
	49.5			3			3.1			-0.3		
臺東縣 (大武鄉)	52.2	55.2	C4	0.7	0.8	C3	3.4	3.1	C5	0.6	0.9	C3
	74.3			0.9			3.5			1.2		
	39.1			0.9			2.6			0.9		
	---			---			---			---		
花蓮縣 (花蓮港)	22.4	20.8	C2	1	1.1	C3	2.3	1.9	C4	2.2	1.9	C3
	21.3			1.2			1.9			1.8		
	18.7			1.2			1.6			1.8		
	---			---			---			---		
澎湖縣 (馬公市)	528	456.5	C5+	1.8	1.6	C3	4.1	4.7	C5	4.6	6.2	C5
	394.4			1.2			5.9			7.1		
	447.2			1.6			4.2			6.8		
	---			---			---			---		
金門縣 (金門科技大學)	62	59.5	C4	2	2.3	C4	2.5	2.6	C4	2.2	2.2	C4
	59.6			2.6			2.9			1.8		
	51.2			2.2			2.3			2.2		
	65.2			2.3			2.6			2.8		
雲林縣 (麥寮工業區)	72.39	75.01	C4	4.69	4.91	C5	5.39	5.55	C5	8.29	7.96	C5
	72.71			5.18			5.36			7.96		
	79.93			4.87			5.9			7.63		
	---			---			---			---		
南投縣 (溪頭)	15.83	14.72	C2	4.69	4.91	C5	1.18	1.16	C3	2.66	3.88	C4
	14.04			5.18			1.07			3.33		
	14.73			4.87			1.23			5.66		
	---			---			---			---		
臺中市臺中港 (臺中火力發電廠、港 研中心)	107.19	105.32	C5	8.07	9.03	C5+	3.63	3.57	C5	4.73	7.43	C5
	103.76			10.13			3.63			8.44		
	105			8.9			3.45			9.11		
	---			---			---			---		
臺北市 (臺灣科技大學T3大 樓)	18.7	16.07	C2	0.5	0.87	C3	1.4	1.67	C4	1.8	1.3	C3
	17.6			1			1.9			1.8		
	11.9			1.1			1.7			0.3		
	---			---			---			---		

圖 6.13 板狀試片腐蝕速率與腐蝕環境分類

99年度(一年期)					
暴露時間	試驗地點	鐵	鋅	銅	鋁
98.07.02 ~ 99.07.02	陽明山				
98.06.25 ~ 99.06.25	澳底				
98.07.10 ~ 99.07.10	澎湖				

100年度(二年期)					
暴露時間	試驗地點	鐵	鋅	銅	鋁
98.07.02 ~ 100.07.02	陽明山				
98.06.25 ~ 100.06.25	澳底				
98.07.10 ~ 100.07.10	澎湖				

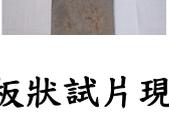
101年度(三年期)					
暴露時間	試驗地點	鐵	鋅	銅	鋁
98.07.02 ~ 101.07.02	陽明山				
98.09.08 ~ 101.09.08	大武				
98.07.10 ~ 101.07.10	澎湖				
98.07.06 ~ 101.07.06	澎湖				

圖 6.14 板狀試片現地試驗相片

第七章 結論

臺灣為一海島，四面環海，高溫、高溼與高鹽份的環境，加上空氣污染的結果，腐蝕環境嚴重。歷年來公共工程建設常引用國外大氣腐蝕數據進行腐蝕速率評估與防蝕設計，結果常有未及設計年限就已銹蝕損壞的情形；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。

本計畫目標包括：1.臺灣全島之大氣腐蝕因子調查，2.標準試片製作與現地暴露試驗之腐蝕速率量測，3.調查結果整理分析且建立大氣腐蝕因子資料庫，4.金屬材料碳鋼與大氣腐蝕因子關聯性研究，5.完成臺灣大氣腐蝕環境分類之工作。

在此目標下，本計畫蒐集氣象資料、氯離子附著量與二氧化硫沉積量試驗分析、標準試片腐蝕速率及腐蝕環境分類資料之分析圖表，建置於臺灣大氣腐蝕環境分類資訊系統，提供工程單位做為材料設計選用及防救災決策支援使用。

7.1 結論

1. 在氯鹽沉積速率調查結果發現，垂直海岸試驗線之平均氯鹽沉積速率以桃園試驗線、基隆試驗線、臺塑六輕試驗線的氯鹽沉積速率較高。在季節性之差異上以秋季與冬季期間較其他季節偏高。
2. 二氧化硫沉積速率四次調查的結果分佈情形，在西海岸秋季與冬季期間，以觀音工業區、彰濱工業區、大潭火力電廠、中油林園廠附近二氧化硫沉積速率相較其他季節有顯著增加的趨勢。東海岸四次調查以龍德工業區沉積速率較高，在冬季期間發現以觀音工業區二氧化硫沉積速率最高，在春季以龍德工業區較高。
3. 濕潤時間調查結果於秋季介於陽明山 68.4%至核三廠試驗線 15.3%範圍，冬季介於陽明山 76.1%至核三廠試驗線 15.3%之間，春季於陽明山 72.80%至臺北市區 23.0%之間，夏季介於阿里山

76.8%至臺北市區 7.9%之間。

4. 在垂直試驗線比較，碳鋼金屬以基隆試驗線、桃園試驗線、臺中港試驗線、臺塑六輕試驗線腐蝕速率較其他地區高，在高雄港、核三廠試驗線腐蝕速率相對其他地區低。鋅金屬以臺塑六輕試驗線、桃園試驗線、臺中港試驗線、腐蝕速率較大，在高雄港試驗線則腐蝕速率相對較低。銅的腐蝕速率以臺塑六輕試驗線、桃園試驗線、臺中港試驗線較為嚴重。鋁的腐蝕速率以臺中港試驗線、桃園試驗線、臺塑六輕試驗線較為嚴重。
5. 在特定測站比較，碳鋼以彰濱工業區、觀音工業區、臺塑六輕為高，鋅金屬以臺中火力發電廠、大潭火力發電廠、臺塑六輕較高，銅金屬與鋁金屬以臺塑六輕、大潭火力發電廠、彰濱工業區腐蝕速率相對較高。
6. 在碳鋼腐蝕與環境因子之相關性分析結果得知工業區與沿海區腐蝕速率與環境相關因子具有顯著性相關。工業區環境因子中之二氧化硫、濕潤時間對秋季、冬季及一年期有顯著相關，沿海區環境因子中之氯鹽、濕潤時間對冬季及一年期有顯著相關，工業區與沿海區兩者在冬季皆以濕潤時間呈現高度相關。
7. 透過結果及相關顯著性分析，建立腐蝕預測關係式，經統計檢定模式之適當性，並符合迴歸分析基本假設且無共線性及自我相關，以工業區的秋季、冬季與一年期，此三種模式符合。在沿海區以秋季、冬季，此二種模式較符合。其中在工業區中以二氧化硫、濕潤時間、風速呈正相關，增加此因子，則腐蝕速率增加；在沿海區腐蝕速率與濕潤時間、氯鹽亦呈正相關增加此因子，則腐蝕速率增加。

7.2 研究成果之效益

1. 學術效益，發表國內研討會、年報共 3 篇：

(1)2013 年 102 年度防蝕工程年會論文發表會，發表「臺灣大氣腐蝕

劣化因子調查研究資料年報簡介」論文 1 篇。

(2)2013 年發行交通部運輸研究所專刊，出版 2011 年及 2012 年「臺灣大氣腐蝕劣化因子調查資料年報」2 冊。

2. 社會環境安全影響：本計畫建立臺灣大氣腐蝕環境分類資訊系統，目前建置全島 87 個金屬暴露試驗點，藉由大氣環境因子調查，了解金屬構造物劣化情形及探討其發生機理，並依腐蝕環境分類特性，選用適當之維修材料與工法。以提升我國之整體防災能力及環境之安全與資源之永續利用。
3. 資料庫建置效益：逐年完成臺灣地區構造物腐蝕環境分類數據資料庫的建立且發行臺灣大氣腐蝕劣化因子調查資料年報提供工程單位瞭解金屬構造物在臺灣各腐蝕環境中的耐久性與其防蝕控制之須要可作為港灣地區之地震災前預防、災時應變計畫與決策之參考依據。

7.3 提供單位應用情形

1. 本計畫建置「臺灣大氣腐蝕環境分類資訊系統」網站並出版年報，提供公民營事業單位營運安全防護採用。
2. 完成建置國內大氣腐蝕環境分類資訊系統提供產官學研各界參考應用。如：中華民國防蝕工程學會、台塑企業、中國鋼鐵、國道新建工程局、臺灣科技大學、經濟部工業局、臺灣高鐵、臺灣世曦工程顧問公司、中興工程顧問公司等。

參考文獻

1. ISO 9223/1992: Corrosion of metals and alloys - Corrosivity of atmospheres - Classification.
2. ISO 9224/1992: Corrosion of metals and alloys - Corrosivity of atmospheres –Guiding values for the corrosivity categories.
3. ISO 9225/1992: Corrosion of metals and alloys - Corrosivity of atmospheres - Measurement of pollution.
4. ISO 9226/1992: Corrosion of metals and alloys - Corrosivity of atmospheres - Determination of corrosion rate of standard specimens for the evaluation of corrosivity.
5. ISO 8565/1992: Metals and alloys - Atmospheric corrosion testing - General requirements for field tests.
6. I. Odnevall and C. Laygraf, “Atmospheric corrosion”, ASTM STP 1239, W.W. Kirk and Herbert, H. Lawson, Eds., Philadelphia, 1995.
7. Metals Handbook- Corrosion, Metals Handbook Ninth Ed., Vol. 13, ASM International, Ohio, 1988.
8. ASTM G116: Standard Practice for Conducting Wire-on-Bolt Test for Atmospheric Galvanic Corrosion, 1999.
9. “Outdoor atmospheric corrosion”, ASTM STP 1421, H.E. Townsend Ed., West Conshohocken, PA, 2002.
10. 中華民國國家標準 CNS 13401 金屬及合金之腐蝕-大氣腐蝕性之分類，民國 83 年 6 月。
11. 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。
12. 中華民國國家標準 CNS 14122 金屬及合金之腐蝕-大氣腐蝕-試片腐蝕生成物清除法，民國 87 年 3 月。
13. 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。

14. 中華民國國家標準 CNS14123 金屬及合金之腐蝕-大氣腐蝕測試 (現場測試之一般要求)，民國 95 年 10 月。
15. 林清山，「多變項分析統計學」，東華書局，1983。
16. 曾國雄，「多變量解析與其應用」，華泰出版社，1985。
17. 黃俊英，「多變量分析」，華泰出版社，1991。

附錄一

期末審查意見及辦理情形說明表

期末審查意見及辦理情形說明表

審查委員	審查意見	處理情形
<p style="text-align: center;">中央大學 李釗教授</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 本報告為四年期計畫中第三年的研究成果，建議在執行第四計畫前即構思如何綜合呈現四年的研究成果。 2. 本研究最後若能用適當方法進行統計分析，將會大幅增加本計畫的貢獻，建議多訪問幾位統計專家，以尋求適當的分析方法。 3. 落實設計本土化應為本研究的目的之一，建議在第四年報告中討論如何將本研究的成果作為參數，進行本土化的防蝕設計。 4. 氯鹽和二氧化硫沉積速率試驗的方法雖在 CNS 13754 中有詳細的敘述，但建議在報告仍可做較清楚的說明，以增加本報告的親和性。 	<p>謝謝委員指教。將於未來研究參酌</p> <p>遵照辦理。</p> <p>遵照辦理。</p> <p>遵照辦理。</p>
<p style="text-align: center;">健行科技大學 許書王教授</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 本研究由於大氣腐蝕因子屬動態變化，因此腐蝕環境分類亦可能產生變化，未來如何能明確了解因子變化與分類之改變，建議持續考量及調查。 2. 本研究以固定位置方式調查惟實際上全省各工業區常有削減（廠商），因此是否未來請研究單位衡酌，考量某些方式以更有判於詳實之調查。 	<p>遵照辦理。</p> <p>謝謝委員指教，將於未來研究參酌</p>

審查委員	審查意見	處理情形
	3.基於前述緣由未來所完成臺灣大氣腐蝕環境分類成果應明確標示地點、時間並加註可能會產生腐蝕環境變化的問題。	謝謝委員指教。將於未來研究參酌。
中原大學 王韡蒨教授	<ol style="list-style-type: none"> 1. 部分文獻編號與報告末所列參考文獻不符。 2. 專有名稱後之英文註記，需全文統一。 3. 上下標需全文檢查。 4. 方程式編號應建續，全文check(檢查)。 5. 文中應說明採用多少次試驗結果之平均值。 6. Chap1.可詳述此研究目標。 7. Chap7.：7.1 結論建議要與目標呼應。 	<p>遵照辦理。</p> <p>遵照辦理。</p> <p>遵照辦理。</p> <p>遵照辦理。</p> <p>遵照辦理。</p> <p>遵照辦理。</p> <p>遵照辦理。</p>
雲林科技大學 蘇南委員	<ol style="list-style-type: none"> 1. 建議在結果討論，分析小結論方面加強量化之論述。 2. 建議舉出具體案例以印記本研究之結論。 3. 建議就本研究成果在碼頭港灣結構物之應用予以具體化建立因果關係。 	<p>遵照辦理。</p> <p>遵照辦理，將於未來研究參酌</p> <p>謝謝委員指教，將於未來研究參酌</p>
林雅雯研究員	<ol style="list-style-type: none"> 1. 報告中圖如 P.4-12-13 沉積速率等建議用彩色，較為清楚。 2. 報告 P.5-20 第 2 點應為公式 5-4，非 5-9。 3. 報告圖 6-7 至 6-10 於文中未提及。 	<p>遵照辦理。</p> <p>遵照辦理。</p> <p>遵照辦理。</p>

審查委員	審查意見	處理情形
	<p>4. 建議有同一地區歷年比較分析。</p> <p>5. 建議試驗線可與交通部相關單位如高公局等合作，以利後續應用。</p>	<p>大氣腐蝕環境資訊系統專家系統已有提供查詢比較趨勢圖，謝謝委員指教。</p> <p>謝謝委員指教。將於未來研究參酌</p>

附錄二

期末報告簡報資料

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
中華民國103年2月20日



港灣技術研究中心
Harbor and Marine Technology Center



簡報大綱

1. 前言
2. 研究方法
3. 大氣腐蝕因子與現地暴露試驗
4. 碳鋼與大氣腐蝕因子關聯性研究
5. 臺灣大氣腐蝕環境分類資訊系統
6. 結語



港灣技術研究中心
Harbor and Marine Technology Center

2

1. 前言

● 腐蝕(corrosion)原意

具破壞性，屬於自然發生行為，多數金屬均無法避免，但它亦為一種可控制的行為。

● 腐蝕之影響層面

1. 經濟衝擊：

美國每年2760億美元損失，占美國GDP3.1% (FHWA2002 發佈)
全球每年4.2兆元損失，占全球GDP3.0~3.5% (2012歐洲腐蝕年會發佈)

2. 社會衝擊：

設施損毀，交通中斷及傷之事故等社會成本負荷。



1. 前言

● 大氣腐蝕環境分類資訊系統建構之緣由

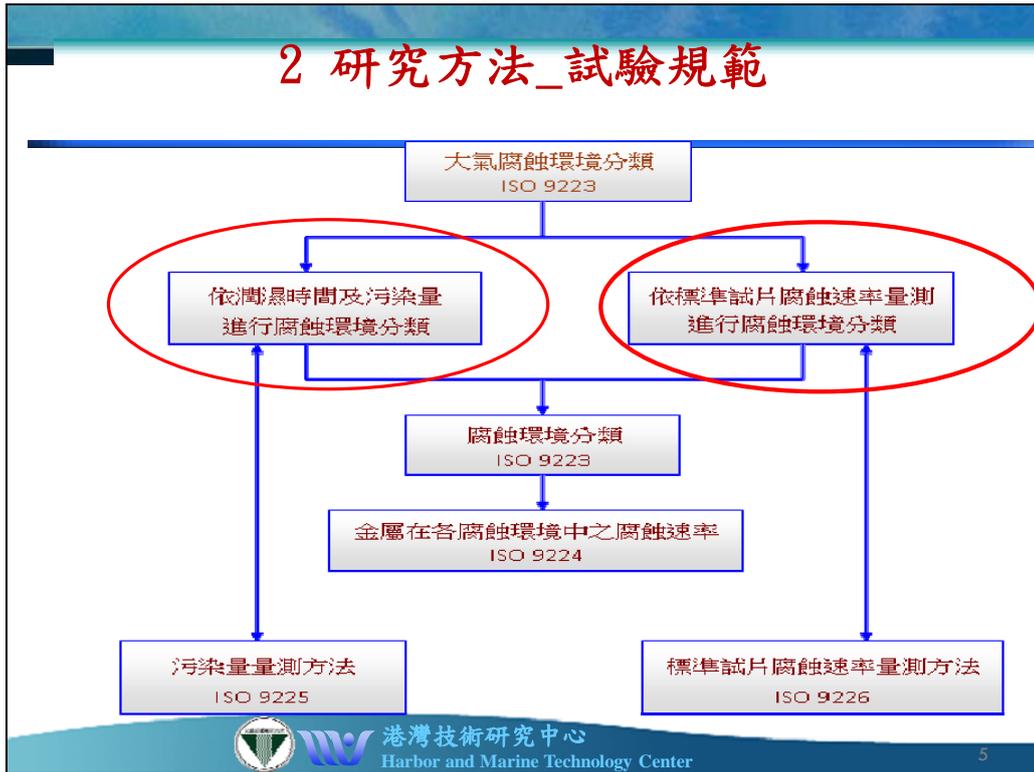
1. 國內無金屬材料腐蝕之基礎數據。

2. 國內沒有建立腐蝕環境分類(趨勢)指標。

3. 防腐蝕處理多採用國外規範，與國內實際環境差異很大，造成防蝕效益不佳，大幅增加維護成本，降低設施使用壽命。



2 研究方法_試驗規範



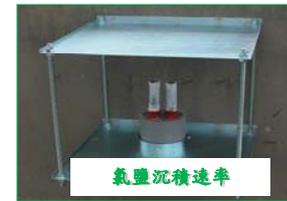
金屬材料大氣腐蝕環境分類表 -依金屬腐蝕速率

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

金屬腐蝕性環境分類數值區分為1、2、3、4、5五個等級。如1表示C1依序類推。
資料來源：CNS 13401, ISO 9223

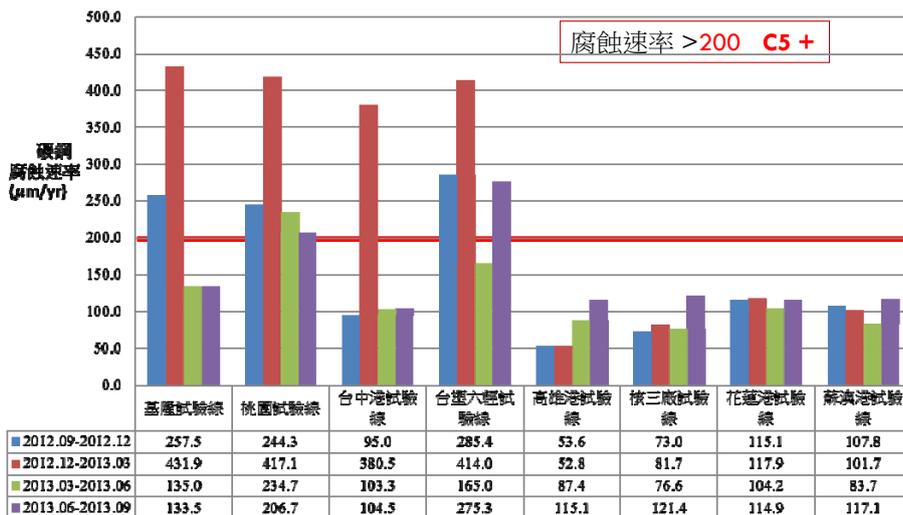
3. 大氣腐蝕因子與現地暴露試驗

曝放場址：196處
 曝放間隔：四季
 試驗場址：(如圖示)



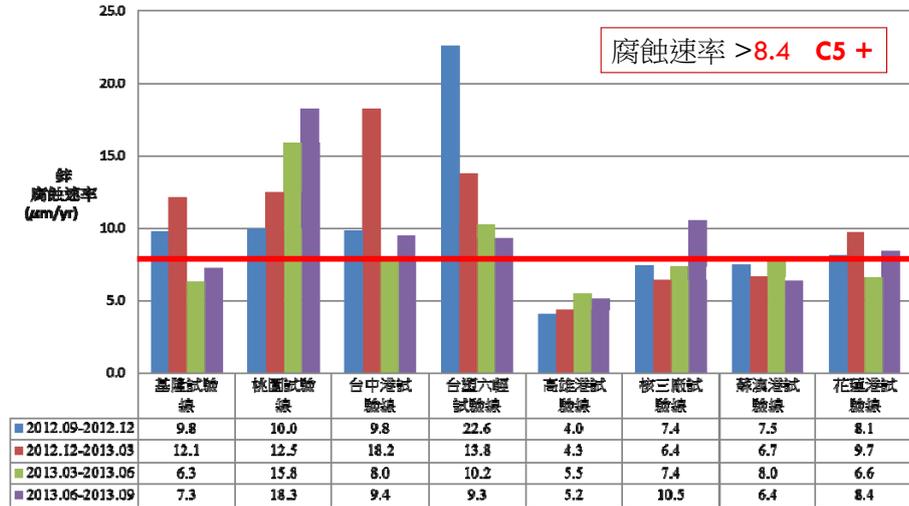
港灣技術研究中心
 Harbor and Marine Technology Center

碳鋼腐蝕速率比較

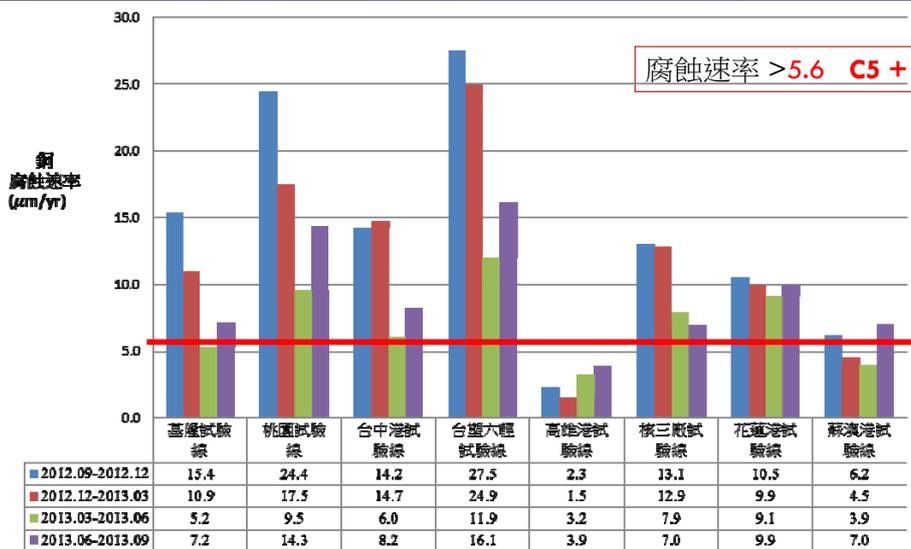


港灣技術研究中心
 Harbor and Marine Technology Center

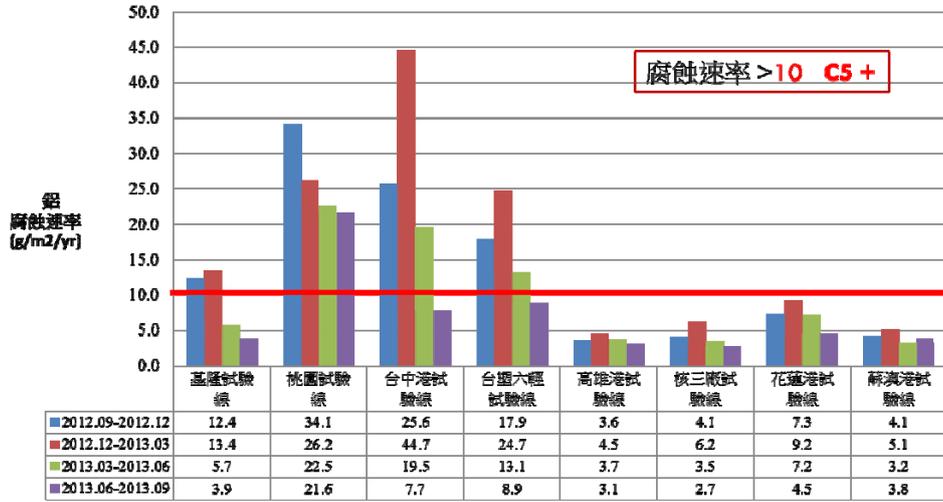
鋅腐蝕速率比較



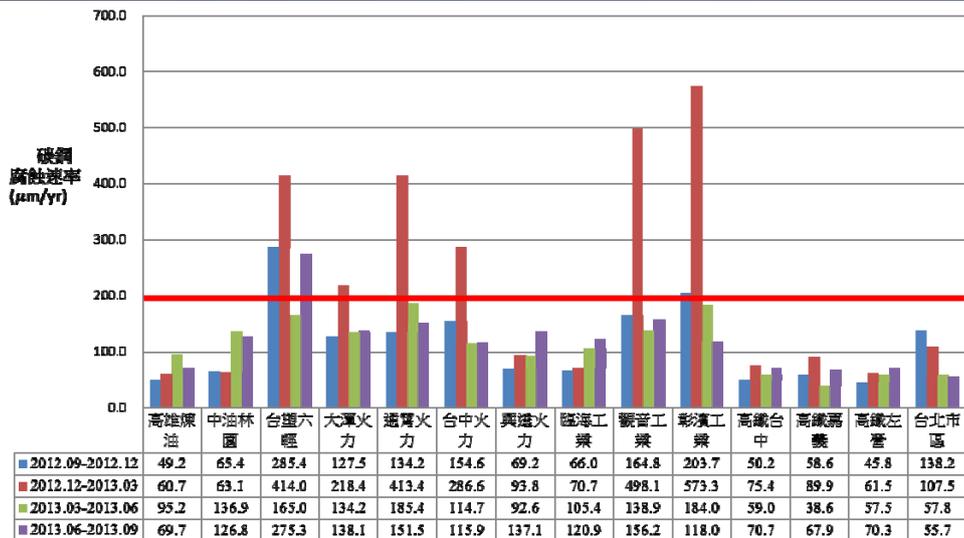
銅腐蝕速率比較



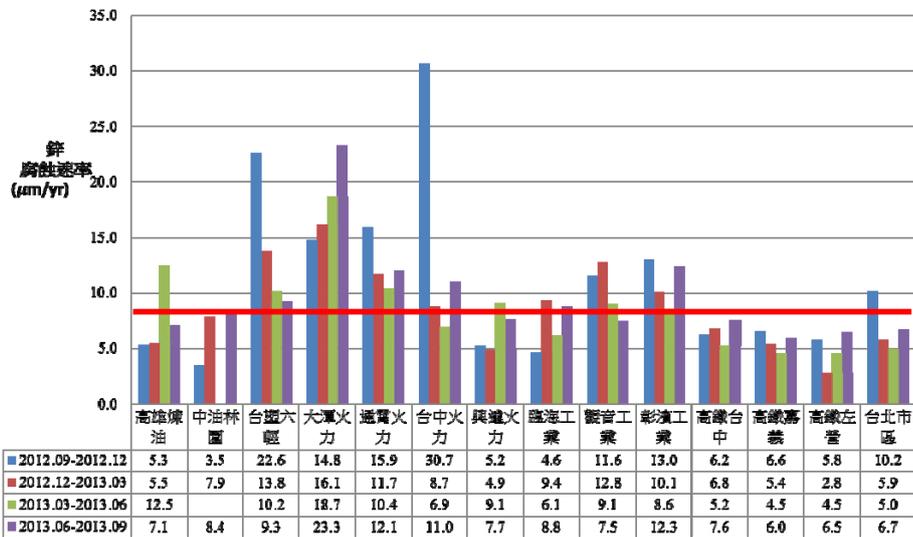
鋁腐蝕速率比較



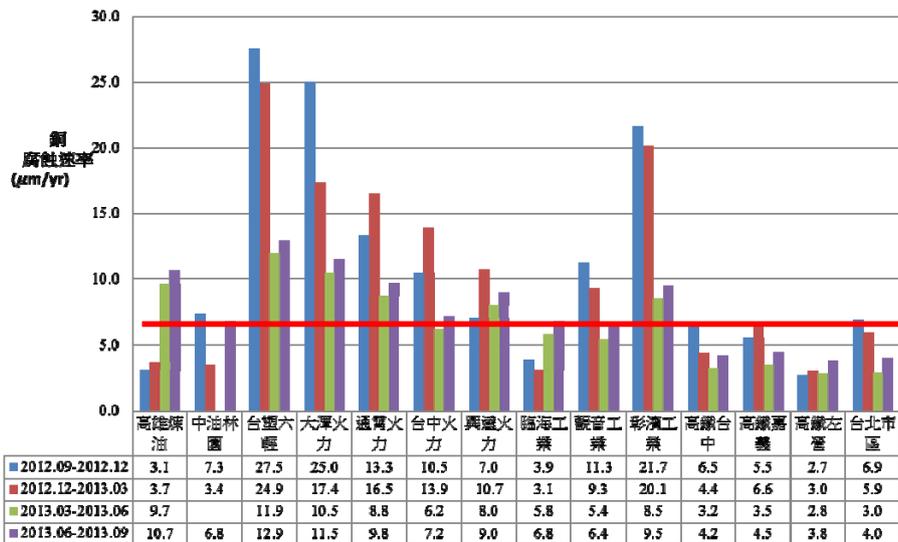
碳鋼腐蝕速率 特定區比較



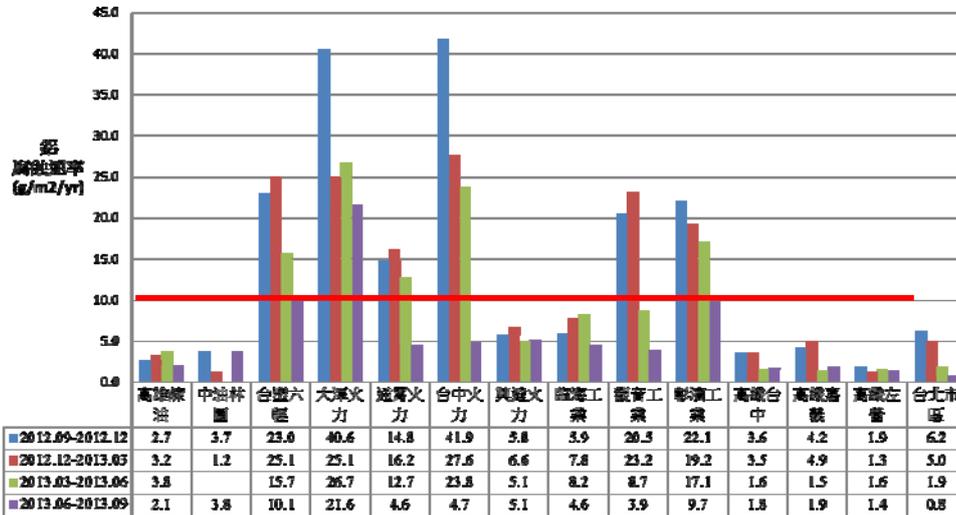
鋅腐蝕速率 特定區比較



銅腐蝕速率 特定區比較



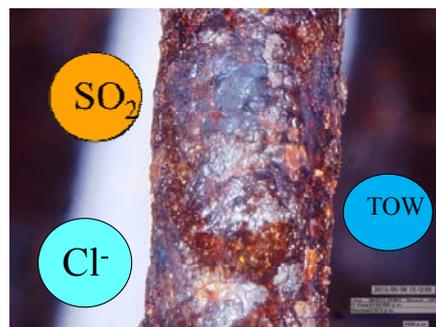
鋁腐蝕速率 特定區比較



4. 碳鋼與大氣腐蝕因子關聯性研究

資料來源

- ◆ 於 2009 年 7 月至 2012 年 9 月
臺灣地區腐蝕劣化因子
調查研究之數據。
- ◆ 中央氣象局鄰近各試驗點
氣象站之氣象資料彙整分析。



複迴歸分析 (1/2)

◆ 統計軟體

- SPSS 21.0

◆ 複迴歸分析 (Multiple Linear Regression, MLR)

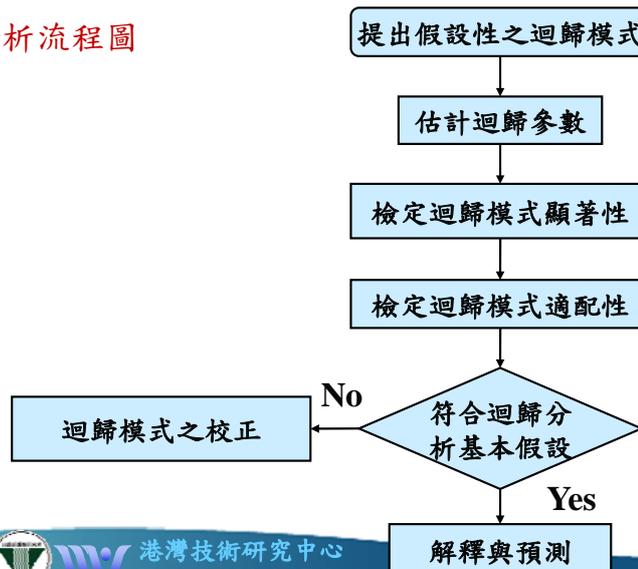
- 將多個自變數(x)放入迴歸式中，以增加迴歸的預測能力及減少殘差值 (residual value)，其假定自變數(x)與應變數(y)為線性關係，且以複線性迴歸模式表示。
- 常用來求複迴歸方程式的方法主要為**最小平方法** (least squares method)，以期能使下式為最小之係數。

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \beta_2 x_{i2} + \cdots + \beta_p x_{ip} + \varepsilon_i$$



複迴歸分析 (2/2)

◆ 迴歸分析流程圖



相關性分析(1/2)

◆ 工業區相關性分析

- 臺灣地區 49 個工業區
三年期各因子與碳鋼
- 腐蝕速率之相關性分析。

r 值之範圍	相關性
$r=1$	完全正相關
$r=-1$	完全負相關
$0.7 \leq r \leq 1$	高度相關
$0.3 \leq r \leq 0.7$	中度相關
$0 \leq r \leq 0.3$	低度相關
$r=0$	零相關

EX: 1 Year

Variable	Pearson 相關
	碳鋼腐蝕速率
濕潤時間	0.42
平均氣溫	0.17
平均風風速	0.04
降水量	0.06
降水時數	0.21
日照時數	0.16
二氧化硫沉積速率	0.74



相關性分析(2/2)

◆ 沿海區相關性分析

- 臺灣地區 60 個沿海區
各因子與碳鋼腐蝕速率
之相關性分析。

r 值之範圍	相關性
$r=1$	完全正相關
$r=-1$	完全負相關
$0.7 \leq r \leq 1$	高度相關
$0.3 \leq r \leq 0.7$	中度相關
$0 \leq r \leq 0.3$	低度相關
$r=0$	零相關

EX: 1 Year

Variable	Pearson 相關
	碳鋼腐蝕速率
濕潤時間	0.30
平均氣溫	-0.11
平均風風速	0.10
降水量	-0.09
降水時數	-0.00
日照時數	-0.10
氣鹽沉積速率	0.50



碳鋼樣本敘述統計表

	樣本數	濕潤時間	平均氣溫	平均風速	降水量	降水時數	日照時數	氯鹽	二氧化硫	腐蝕速率	腐蝕速率	腐蝕速率	
		(%)	(°C)	(m/s)	(mm)	(hr)	(hr)	(mg/m ² /day)	(mg/m ² /day)	(mm/yr.)	標準差	平均數	
工業區	春	102	5.5~81.5	16.5~27.1	1.3~4.4	93~1354	19~680	165~2455		17~1182	26.4~980	181.1	184
	夏	106	19.9~84.2	24.5~29.4	1.0~4.0	193~1304	57~270	281~780		10~1140	27.3~940	166.4	148
	秋	97	9.6~78.5	13.6~29.1	1.5~5.5	21~2422	0.9~956	6~755		20~677	26.4~980	184.0	144
	冬	107	6.6~84.1	11.0~26.6	1.5~6.5	19~1285	16~1083	97~638		3~1973	27.3~940	148.0	161
	1年	144	17.9~75.6	11.0~26.2	1.0~6.4	455~5662	139~2847	867~3898		13~974	9.8~889	110.1	100
沿海區	春	146	5.5~88.0	19.5~27.1	1.7~4.4	97~1525	13.7~680	22~2455	1.0~143		17.5~908	222.9	158
	夏	145	21.1~83.5	27.5~29.6	1.3~4.0	193~1791	57~260	282~791	0.5~116		39.0~527	91.4	148
	秋	135	9.3~73.9	16.7~27.4	1.4~5.5	21~3005	7~1444	73~828	0.4~243		26.1~908	167.0	260
	冬	148	6.6~84.1	13.9~22.7	1.7~6.5	19~1640	11~1402	61~693	0.5~147		31.4~673	146.5	205
	1年	147	18.9~64.1	11.1~26.2	1.0~4.9	456~4818	139~2858	862~3898	1.8~152		40.9~506	130.3	78.8



碳鋼相關性統計表

		濕潤時間 (%)	平均氣溫 (°C)	平均風速 (m/s)	降水量 (mm)	降水時數 (hr)	日照時數 (hr)	二氧化硫 (mg/m ² /day)	氯鹽 (mg/m ² /day)
工業區	春	Pearson 相關	.374**	-.301**	.128	.160	.341**	-.072	.378**
		顯著性 (雙尾)	.000	.002	.201	.109	.000	.471	.000
	夏	Pearson 相關	.326**	-.446**	-.019	.001	.040	-.052	.479**
		顯著性 (雙尾)	.001	.000	.851	.994	.684	.595	.000
	秋	Pearson 相關	.410**	-.138	.221*	.240*	.312**	-.295**	.548**
		顯著性 (雙尾)	.000	.178	.029	.018	.002	.003	.000
	冬	Pearson 相關	.697**	-.595**	.291**	.650**	.663**	-.499**	.649**
		顯著性 (雙尾)	.000	.000	.002	.000	.000	.000	.000
	1年	Pearson 相關	.427**	-.179*	.045	.062	.213*	-.166*	.742**
		顯著性 (雙尾)	.000	.032	.594	.461	.010	.047	.000
沿海區	春	Pearson 相關	.220**	-.200*	-.102	.262**	.279**	-.164*	.437**
		顯著性 (雙尾)	.008	.016	.223	.001	.001	.047	.000
	夏	Pearson 相關	.096	.101	-.256**	.154	.118	-.341**	.364**
		顯著性 (雙尾)	.250	.228	.002	.065	.159	.000	.000
	秋	Pearson 相關	.377**	.027	-.079	-.099	.050	-.271**	.428**
		顯著性 (雙尾)	.000	.760	.365	.255	.564	.001	.000
	冬	Pearson 相關	.610**	-.543**	.259**	.225**	.302**	-.332**	.430**
		顯著性 (雙尾)	.000	.000	.001	.006	.000	.000	.000
	1年	Pearson 相關	.301**	-.156	.049	-.146	-.046	-.125	.506**
		顯著性 (雙尾)	.000	.060	.553	.077	.584	.130	.000



碳鋼與環境因子相關顯著性排序

		腐蝕速率與環境相關因子顯著性由高到低
工業區	春	二氧化硫、濕潤時間、降雨時數、平均氣溫
	夏	二氧化硫、平均氣溫、濕潤時間
	秋	二氧化硫、濕潤時間、降雨時數、日照時數
	冬	濕潤時間、降雨時數、降雨量、二氧化硫、平均氣溫、日照時數、風速
	一年	二氧化硫、濕潤時間
沿海區	春	氯鹽、降雨時數、降雨量、濕潤時間
	夏	氯鹽、日照時數、風速
	秋	氯鹽、濕潤時間、日照時數
	冬	濕潤時間、平均氣溫、氯鹽、日照時數、降雨時數、風速、降雨量
	一年	氯鹽、濕潤時間



碳鋼模式摘要

依變項	模式 model	相關程度 R	判定係數 R ²	調整判定係數 adjR ²	標準誤	D 檢定
工業區 (春)	逐步迴歸	0.517	0.267	0.245	157.4	1.685
工業區 (夏)		0.520	0.271	0.257	126.8	1.274
工業區 (秋)		0.745	0.554	0.535	125.5	1.928
工業區 (冬)		0.835	0.698	0.686	82.9	1.791
工業區 (一年)		0.784	0.615	0.606	68.8	1.844
沿海區 (春)		0.552	0.305	0.285	133.7	1.348
沿海區 (夏)		0.519	0.270	0.254	78.9	1.390
沿海區 (秋)		0.642	0.412	0.394	129.9	1.681
沿海區 (冬)		0.694	0.482	0.471	106.5	1.399
沿海區 (一年)		0.542	0.294	0.284	66.6	1.784



碳鋼_標準化迴歸預測模式

	迴歸模式	R ²	公式
工業區(春)	$Z_Y = 0.330Z_7 + 0.319Z_1 + 0.183Z_3$	0.25	(5-1)
工業區(夏)	$Z_Y = 0.331Z_7 - 0.251Z_2$	0.26	(5-2)
工業區(秋)	$Z_Y = 0.510Z_7 - 0.283Z_6 + 0.351Z_1 + 0.217Z_3$	0.54	(5-3)
工業區(冬)	$Z_Y = 0.267Z_1 + 0.380Z_7 + 0.320Z_4 + 0.184Z_3$	0.69	(5-4)
工業區(一年)	$Z_Y = 0.683Z_7 + 0.202Z_1 - 0.131Z_6$	0.61	(5-5)
沿海區(春)	$Z_Y = 0.385Z_8 + 0.276Z_4 - 0.242Z_2 - 0.160Z_3$	0.29	(5-6)
沿海區(夏)	$Z_Y = 0.293Z_8 - 0.287Z_6 - 0.254Z_3$	0.25	(5-7)
沿海區(秋)	$Z_Y = 0.360Z_8 + 0.322Z_1 - 0.382Z_4 - 0.367Z_6$	0.39	(5-8)
沿海區(冬)	$Z_Y = 0.528Z_1 + 0.276Z_8 - 0.157Z_3$	0.47	(5-9)
沿海區(一年)	$Z_Y = 0.462Z_8 + 0.201Z_1$	0.28	(5-10)

其中 Z_1 標準化濕潤時間、 Z_2 標準化平均溫度、 Z_3 標準化風速、 Z_4 標準化降雨量
 Z_5 標準化降雨時數、 Z_6 標準化日照時數、 Z_7 標準化二氧化硫、 Z_8 標準化氣鹽
 Z_Y 為標準化腐蝕速率



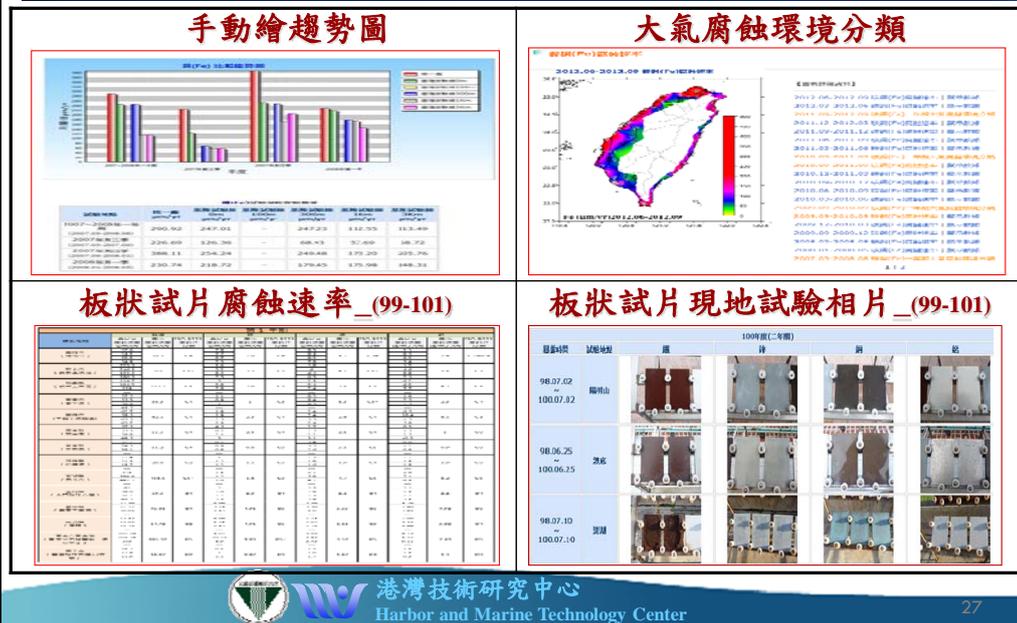
5. 臺灣大氣腐蝕環境分類資訊系統

<http://163.29.73.11:8080/index.asp>

關於本計畫	國內資料蒐集分析	現地試驗資料	專家數據庫
背景介紹 規範依據 大氣腐蝕環境分類 研究方法	氣象資料 空氣污染資料	濕潤時間百分比 氯(Cl)沉積速率 二氧化硫(SO ₂)沉積速率 碳鋼(Fe)腐蝕速率 鋅(Zn)腐蝕速率 銅(Cu)腐蝕速率 鋁(Al)腐蝕速率 金屬現地試驗相片 板狀試片腐蝕速率 板狀試片現地試驗相片	GoogleMap數據資料 手動繪趨勢圖 手動繪趨勢圖(季度)



5. 臺灣大氣腐蝕環境分類資訊系統



6. 結語

1. 本研究氣鹽沉積速率調查結果發現，垂直海岸試驗線之氣鹽沉積速率以桃園、基隆、臺塑六輕等試驗線的氣鹽較高。
2. 二氧化硫沉積速率以觀音工業區、彰濱工業區較高
3. 金屬垂直海岸試驗線比較，碳鋼金屬以基隆、桃園、臺中港、臺塑六輕等試驗線腐蝕速率較其他地區高。鋅金屬、銅金屬與鋁金屬皆以臺塑六輕、桃園、臺中港等試驗線腐蝕速率較大。

6. 結語

4. 在**特定測站**比較，**碳鋼**以**彰濱工業區**、**觀音工業區**、**臺塑六輕**為高，**鋅金屬**以**臺中火力發電廠**、**大潭火力發電廠**、**臺塑六輕**較高，**銅金屬**與**鋁金屬**以**臺塑六輕**、**大潭火力發電廠**、**彰濱工業區**腐蝕速率相對較高。

5. 在**碳鋼腐蝕與環境因子之關聯性研究**結果得知，**工業區**以**二氧化硫**、**濕潤時間**在**秋季**、**冬季**及**一年期**碳鋼腐蝕有顯著相關，**沿海區**以**氯鹽**、**濕潤時間**在**冬季**及**一年期**碳鋼腐蝕有顯著相關。



簡報結束

恭請指正

