

102-80-7711

MOTC-IOT-101-H1DA003c

大氣腐蝕因子調查及腐蝕環境 分類之研究(2/4)



交通部運輸研究所

中華民國 102 年 4 月

102

大氣腐蝕因子調查及腐蝕環境分類之研究
(2/4)

交通部運輸研究所

GPN: 1010200626

定價 150 元

102-80-7711

MOTC-IOT-101-H1DA003c

大氣腐蝕因子調查及腐蝕環境 分類之研究(2/4)

著 者：羅建明、陳桂清、柯正龍、曾文傑、胡啟文

交通部運輸研究所

中華民國 102 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. (2/4) /
羅建明等著. -- 初版. -- 臺北市：交通部運研所，
民 102.04

面；公分

ISBN 978-986-03-6466-8(平裝)

1.大氣汙染防制 2.金屬工作法

445.92

102005782

大氣腐蝕因子調查及腐蝕環境分類之研究(2/4)

著者：羅建明、陳桂清、柯正龍、曾文傑、胡啓文

出版機關：交通部運輸研究所

地址：10458 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 102 年 4 月

印刷者：承亞興企業有限公司

版(刷)次冊數：初版一刷 80 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：150 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：1010200626

ISBN：978-986-03-6466-8 (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。

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(2/4)			
國際標準書號（或叢刊號） ISBN 978-986-03-6466-8（平裝）	政府出版品統一編號 1010200626	運輸研究所出版品編號 102-80-7711	計畫編號 101-H1DA003c
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、曾文傑、胡啟文 參與人員：陳志遠、陳義松、李春榮、何木火、李昭明、陳毓清、李奇蹟、 魏瓊蓉、林隆貞、黃如蜜 聯絡電話：04-26587188 傳真號碼：04-26564418			研究期間 自 101 年 1 月 至 101 年 12 月
關鍵詞：大氣腐蝕、腐蝕因子、腐蝕環境、腐蝕速率			
摘要： 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。 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)將調查結果整理分析且建立電腦查詢資料庫，(5)完成臺灣大氣腐蝕環境分類之工作。 本研究針對氣鹽沉積速率，垂直海岸試驗線之氣鹽沉積速率以桃園大潭試驗線、基隆試驗線、臺塑六輕試驗線的氣鹽沉積速率較高。在季節性之差異上以秋季較其他季節偏高。二氧化硫沉積量以龍德工業區、觀音工業區、彰濱工業區沉積速率較高。碳鋼金屬在臺灣的大氣腐蝕環境分類多為C3以上，沿海地區則為C5等級，在麥寮六輕試驗線、桃園大潭試驗線、基隆試驗線、龍德工業區、臺塑六輕試驗線、桃園試驗線、陽明山硫磺區腐蝕環境達到C5+等級。鋅金屬以桃園大潭試驗線、臺中港試驗線、基隆試驗線、核三廠試驗線腐蝕速率達到C5+等級。銅的腐蝕速率以東部及西部沿海地區安檢所及基隆試驗線、桃園試驗線、台中港試驗線及臺塑六輕試驗線與陽明山硫磺區腐蝕速率達C5+等級。鋁金屬的腐蝕速率以麥寮六輕試驗線、桃園大潭試驗線較為嚴重，以西部沿海地區腐蝕速率相對其他地區高。在平行海岸線方面，以高鐵沿線為例，碳鋼為C2~C3等級，鋅、銅、鋁為C3~C4等級。 研究成果效益及應用單位： 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需要。建置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、台灣科技大學、經濟部工業局、台灣高鐵等。			
出版日期	頁數	定價	本出版品取得方式
102 年 4 月	132	150	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購買。
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: Corrosive factors of atmosphere and classification of corrosive environment in Taiwan (2/4)			
ISBN 978-986-03-6466-8 (pbk)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER 1010200626	IOT SERIAL NUMBER 102-80-7711	PROJECT NUMBER 101-H1DA003c
DIVISION: Harbor & Marine Technology Center DIVISION DIRECTOR: Yung-Fang Chiu PRINCIPAL INVESTIGATOR: Chien-Ming Lo COMMON INVESTIGATOR: Kuei-Ching Cheng, Jeng-Long Ko, Wen-Jier Tseng, Chi-Wen Hu PROJECT STAFF: Jhin-Yuang Chen, Yi-Song Chen, Chun-Rong Li, Mu-Huo Ho, Jhao-Ming Li, Yu-Cing Chen, Chi-Ji Li, Chiung Rung-Wei, LungChen-Lin Ju Mi-Huang			PROJECT PERIOD FROM January 2011 To December 2011
KEY WORDS: ATMOSPHERIC CORROSION, CORROSION FACTORS, CORROSIVITY OF ENVIRONMENTS, CORROSION RATE			
ABSTRACT: 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. 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) completion of a database for atmospheric corrosion, and 5) classification of atmospheric corrosivity in Taiwan. This study is focusing on chloride deposition rate. The chloride deposition rate in Tai Tam, Taoyuan, Keelung test lines and Formosa Plastics Group's sixth naphtha's test lines are shown higher rate. As Seasonal differences it is the highest that in fall. Sulfur Dioxide deposition in Long De Industrial Zone, Guanyin Industrial Park, Changhua Coastal Industrial Park is higher than other places in Taiwan. Metal in Taiwan Atmospheric corrosion environment classification of carbon steel is often in C3 level. In coastal areas are in C5 level. In Formosa Plastics Group's sixth naphtha's test lines, Tai Tam, Taoyuan, the Keelung test line, Yangmingshan sulfur district in C5+ level. Zinc metal in Tai Tam, Taoyuan, The Taichung Harbor test line, the Keelung test line, the third nuclear plant test line the corrosion rate of the third nuclear plant test line in C5+ level. Copper metal in the Keelung test lines, the Taoyuan test lines, the Taichung Harbor test line, and Formosa Plastics Group's sixth naphtha's test lines are in C5+ level. Aluminum metal Formosa Plastics Group's sixth naphtha's test lines and Tai Tam Taoyuan are higher than other places in Taiwan. In parallel coastline, take high-speed railway for example, the carbon steel in C2~C3 level. Zinc Copper and Aluminum is in C3~C level. Benefit and application of research units: To provide The Engineering units to understanding of the needs of the durability of the metal structures in Taiwan corrosive environment, corrosion prevention control. To build atmospheric corrosion environment classified information systems to provide industry, government, academic and research public reference application. Such as: The Corrosion Engineering Association of the Republic of China, Formosa Plastics Group's, China Steel Corporation, National Expressway Engineering Bureau, The National Taiwan University of Science and Technology, Taiwan High Speed Rail.			
DATE OF PUBLICATION April 2013	NUMBER OF PAGES 132	PRICE 150	CLASSIFICATION ☐ RESTRICTED ☐ CONFIDENTIAL ☐ SECRET ☐ TOP SECRET ☒ UNCLASSIFIED
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(2/4)

目 錄

中文摘要	I
英文摘要	II
表目錄	VII
圖目錄	IX
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 本年度工作項目	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
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	3-12
3.3.1 調查試驗點	3-12
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	3-26
第四章 大氣腐蝕因子與現地暴露試驗	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	4-5
4.1.2 氯鹽沉積速率與垂直海岸線之關係	4-5
4.2 二氧化硫沉積速率調查結果	4-10
4.2.1 二氧化硫沉積速率季節性之比較	4-14
4.3 濕潤時間百分比	4-17
4.4 腐蝕因子環境分類	4-25
4.5 現地暴露試驗結果	4-28
4.5.1 各金屬腐蝕速率季節性之比較	4-42
4.5.2 各金屬大氣腐蝕環境分類	4-62
第五章 大氣腐蝕因子資料庫功能維護與擴充	5-1

5.1 系統功能規劃	5-1
5.2 新增數據與資料上架	5-2
5.3 建立季度資料維護	5-5
5.4 全系統資料庫結構重新調整設計	5-7
5.5 手動繪趨勢圖	5-8
第六章 結論	6-1
6.1 結 論	6-1
6.2 研究成果之效益	6-3
6.3 提供單位應用情形	6-3
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

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 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	3-25
表 3-7	濕潤環境分類表	3-27
表 3-8	氯鹽腐蝕環境等級分類表	3-27
表 3-9	二氧化硫腐蝕環境等級分類表	3-27
表 3-10	金屬大氣腐蝕環境分類表(以環境因子分類).....	3-28
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	3-29
表 4-1	氯鹽沉積速率表	4-3
表 4-2	二氧化硫沉積速率表	4-12
表 4-3	特定試驗位址之二氧化硫沉積速率計算結果	4-13
表 4-4	各試驗點濕潤時間百分比調查表	4-19
表 4-5	試驗點之大氣腐蝕環境分類表(依環境因子分析)	4-25
表 4-6	碳鋼金屬之腐蝕速率	4-30
表 4-7	鋅金屬之腐蝕速率	4-33
表 4-8	銅金屬之腐蝕速率	4-36

表 4-9 鋁金屬之腐蝕速率	4-39
表 4-10 各試驗地點大氣腐蝕環境分類表-依金屬腐蝕速率分析分類	4-63

圖 目 錄

圖 2.1	ISO 大氣腐蝕環境分類	2-1
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	4-6
圖 4.2	2010.12-2011.03 氯鹽沉積速率	4-6
圖 4.3	2011.03-2011.06 氯鹽沉積速率	4-7
圖 4.4	2011.06-2011.09 氯鹽沉積速率	4-7
圖 4.5	2010.09-2011.09 氯鹽沉積速率	4-8
圖 4.6	四次調查之垂直海岸試驗線氯鹽沉積速率	4-9
圖 4.7	2010.09-2010.12 SO ₂ 沉積速率	4-15
圖 4.8	2010.12-2011.03 SO ₂ 沉積速率	4-15
圖 4.9	2011.03-2011.06 SO ₂ 沉積速率	4-16
圖 4.10	2010.06-2010.09 SO ₂ 沉積速率	4-16

圖 4.11	2010.09-2010.09 SO ₂ 沉積速率	4-17
圖 4.12	2010.09-2010.12 濕潤時間百分比	4-22
圖 4.13	2010.12-2011.03 濕潤時間百分比	4-22
圖 4.14	2011.03-2011.06 濕潤時間百分比	4-23
圖 4.15	2011.06-2011.09 濕潤時間百分比	4-23
圖 4.16	2010.08-2011.09 一年期濕潤時間百分比等位圖	4-24
圖 4.16	2011.09-2011.09 濕潤時間百分比等位圖	4-24
圖 4.17	2010.09-2010.12 碳鋼腐蝕速率	4-44
圖 4.18	2010.12-2011.03 碳鋼腐蝕速率	4-44
圖 4.19	2011.03-2011.06 碳鋼腐蝕速率	4-45
圖 4.20	2011.06-2011.09 碳鋼腐蝕速率	4-45
圖 4.21	2010.09-2010.12 鋅腐蝕速率	4-46
圖 4.22	2010.12-2011.03 鋅腐蝕速率	4-46
圖 4.23	2011.03-2011.06 鋅腐蝕速率	4-47
圖 4.24	2011.06-2011.10 鋅腐蝕速率	4-47
圖 4.25	2010.09-2010.12 銅腐蝕速率	4-48
圖 4.26	2010.12-2011.03 銅腐蝕速率	4-48
圖 4.27	2011.03-2011.06 銅腐蝕速率	4-49
圖 4.28	2011.06-2011.09 銅腐蝕速率	4-49
圖 4.29	2010.09-2010.12 鋁腐蝕速率	4-50
圖 4.30	2010.12-2011.03 鋁腐蝕速率	4-50
圖 4.31	2011.03-2011.06 鋁腐蝕速率	4-51
圖 4.32	2011.06-2011.09 鋁腐蝕速率	4-51

圖 4.33	一年期碳鋼腐蝕速率($\mu\text{m}/\text{yr}$)	4-52
圖 4.34	一年期鋅腐蝕速率($\mu\text{m}/\text{yr}$)	4-52
圖 4.35	一年期銅腐蝕速率($\mu\text{m}/\text{yr}$)	4-53
圖 4.36	一年期鋁腐蝕速率($\text{g}/\text{m}^2/\text{yr}$)	4-53
圖 4.37	垂直海岸試驗線碳鋼平均腐蝕速率比較.....	4-54
圖 4.38	垂直海岸試驗線鋅金屬平均腐蝕速率比較.....	4-55
圖 4.39	垂直海岸試驗線銅金屬平均腐蝕速率比較.....	4-56
圖 4.40	垂直海岸試驗線鋁金屬平均腐蝕速率比較.....	4-57
圖 4.41	特定測站碳鋼腐蝕速率比較.....	4-58
圖 4.42	特定測站鋅金屬腐蝕速率比較.....	4-59
圖 4.43	特定測站銅金屬腐蝕速率比較.....	4-60
圖 4.44	特定測站鋁金屬腐蝕速率比較.....	4-61
圖 4.45	碳鋼 2010-2011 年腐蝕速率 ISO 分類.....	4-66
圖 4.46	鋅 2010-2011 年腐蝕速率 ISO 分類.....	4-66
圖 4.47	銅 2010-2011 年腐蝕速率 ISO 分類.....	4-67
圖 4.48	鋁 2010-2011 年腐蝕速率 ISO 分類.....	4-67
圖 5.1	濕潤時間新增資料顯示.....	5-3
圖 5.2	氯離子新增資料顯示.....	5-3
圖 5.3	氯離子資料顯示(詳細).....	5-4
圖 5.4	碳鋼(Fe)新增資料顯示	5-4
圖 5.5	碳鋼(Fe)新增資料顯示(詳細)	5-5
圖 5.6	季度管理列表.....	5-6

圖 5.7	季度管理維護.....	5-6
圖 5.8	即時顯示名稱季度名稱及其時間週期.....	5-7
圖 5.9	資料庫資料表欄位規劃.....	5-8
圖 5.10	選擇繪製趨勢圖之季度.....	5-8
圖 5.11	手動繪趨勢圖 vs 手動繪趨勢圖(季度)	5-9

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
工業技術研究院	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
	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 港灣技術研究中心	大氣腐蝕因子調查及腐蝕環境分類之研究 (1/4)	氣鹽沉積量調查 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	2009.07- 2010.12
交通部運研所 港灣技術研究中心	大氣腐蝕因子調查及腐蝕環境分類之研究 (2/4)	氣鹽沉積量調查 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

1.4 本年度工作項目

由於外業取回之樣品數量龐大，化學分析、微量檢測、數據品管及相關圖表繪製整理等工作，需投入大量人力與時間來處理無法於當年度完成，本年度報告內容是以去年度(自 2010.09 至 2011.09)的試驗數據進行分析，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：
 - (1) 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。
 - (2) 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 59 個試驗點，二氧化硫沉積量調查 49 個試驗點。
3. 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。
4. 資料蒐集與初步分析：完成四次現地取樣與試驗調查分析工作。
5. 大氣腐蝕環境分類資料庫之持續建置研究。

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。

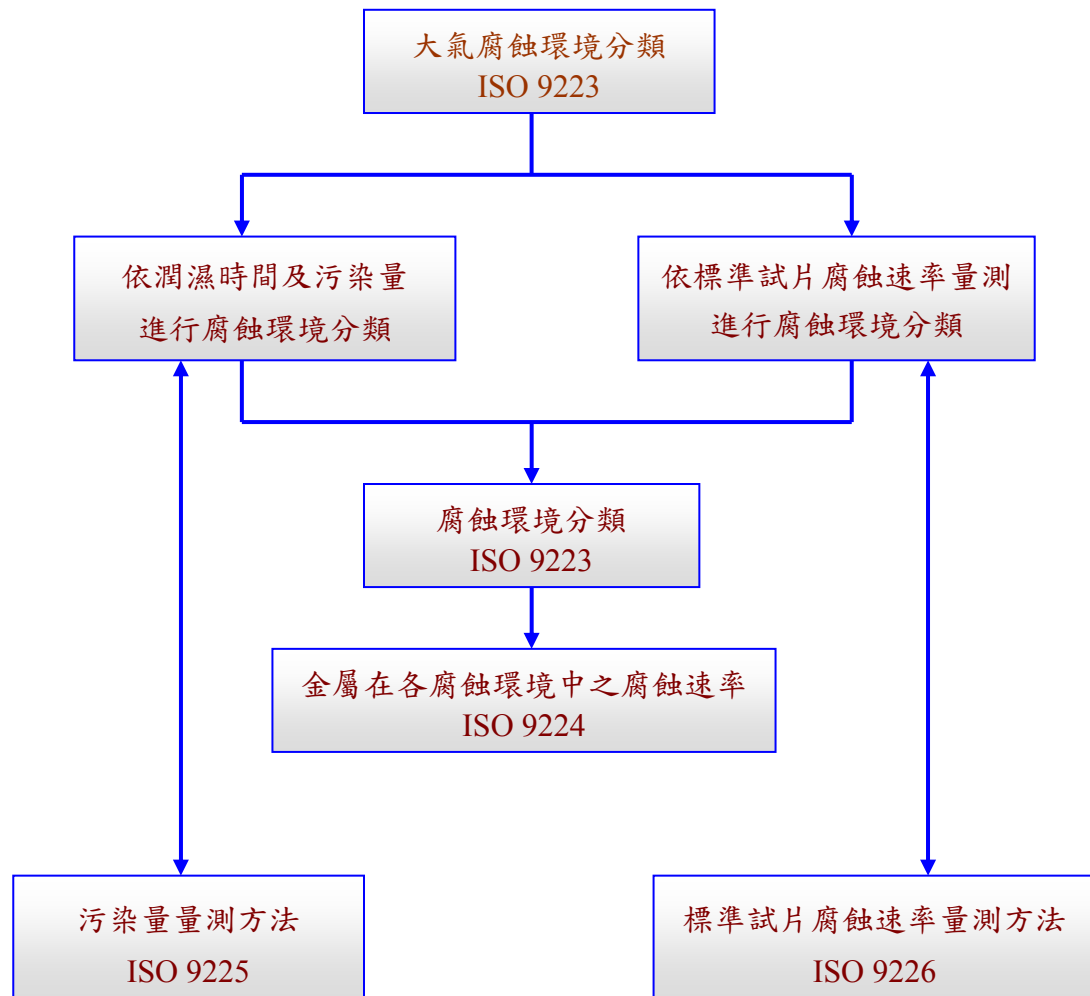


圖 2.1 ISO 大氣腐蝕環境分類

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 - CLIMAT 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。CLIMAT 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。

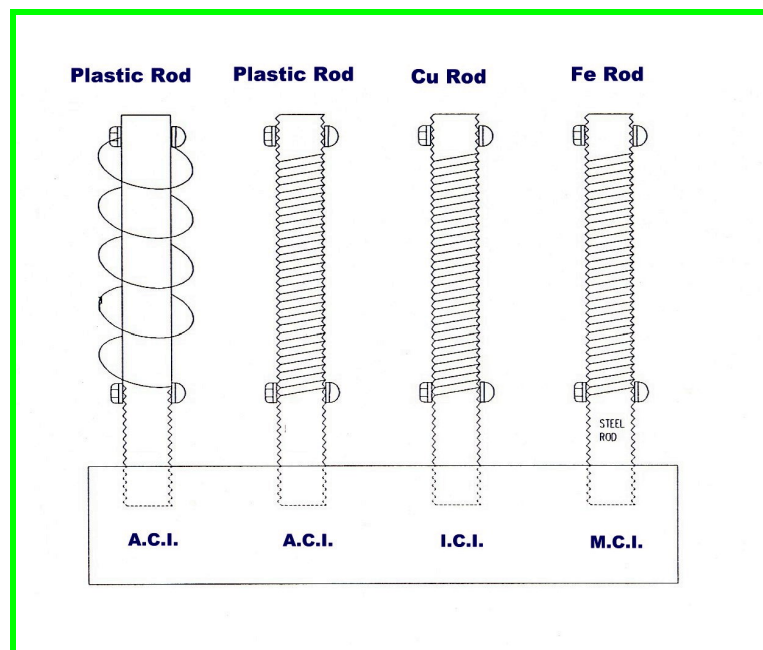


圖 2.2 CLIMATE TEST 大氣腐蝕測試

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

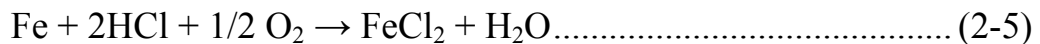
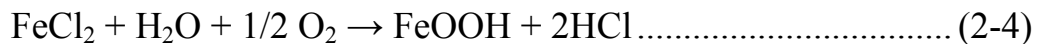
水是引起大氣腐蝕最重要的因素。經驗顯示，唯有當大氣的相對濕度高於某一臨界值時，大氣腐蝕才會發生；因此大氣腐蝕也是一種電化學腐蝕，在特別乾燥地區，大氣腐蝕幾乎不會發生，但在熱帶潮濕地區，腐蝕速率相對較高。大氣腐蝕中，水是以液狀薄膜附著於金屬表面，水固化成冰時，大氣腐蝕便停止。由於雨水、霧氣等是液膜的主要來源，但雨水扮演的角色較複雜，它可能會帶來高溶解度物質而加速腐蝕速率，但也可能沖走一些附著的腐蝕性物質而抑制腐蝕；同時，它亦可能沖走一些具有保護作用的腐蝕生成物，進而加速腐蝕。由霧氣所生成的液膜雖薄，但因氧氣及其他腐蝕性物質的飽和性，反而具有較強的腐蝕性。

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。

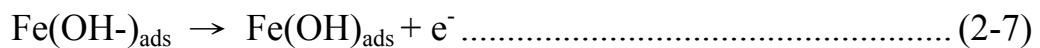
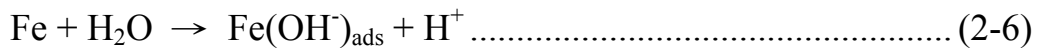
3. 氯離子

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：

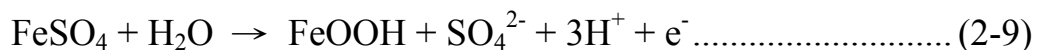


4. 空氣中的污染物質 SO₂

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。Florianovich 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。水膜的形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。

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。

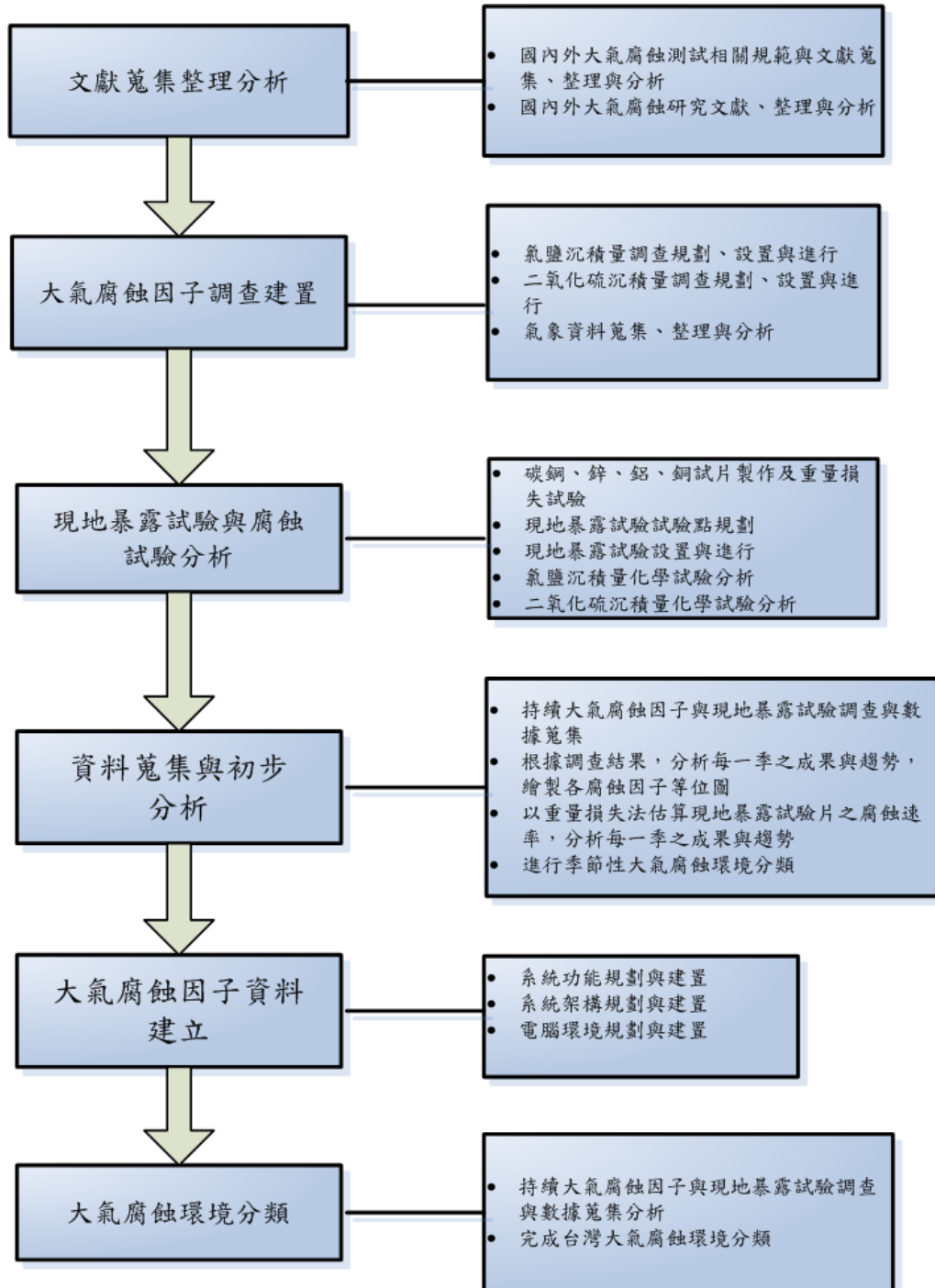


圖 3.1 研究作業流程圖

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(SO_2)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 59 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、花蓮橄仔樹安檢所、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 59 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 氯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	2010/9/7	2010/12/14	2011/3/2	2011/5/31	2011/9/14
2	基隆試驗線 100m	2010/9/7	2010/12/14	2011/3/2	2011/5/31	2011/9/14
3	梗枋安檢所	2010/9/2	2010/12/2	2011/3/10	2011/6/3	2011/9/21
4	龍德工業區	2010/9/1	2010/12/1	2011/3/9	2011/6/2	2011/9/21
5	蘇澳港試驗線 0m	2010/9/1	2010/12/1	2011/3/9	2011/6/2	2011/9/21
6	蘇澳港試驗線 100m	2010/9/1	2010/12/1	2011/3/9	2011/6/2	2011/9/21
7	蘇澳港試驗線 300m	2010/9/1	2010/12/1	2011/3/9	2011/6/2	2011/9/21
8	南澳安檢所(朝陽)	2010/9/1	2010/12/1	2011/3/9	2011/6/2	2011/9/21
9	太魯閣國家公園	2010/9/1	2010/12/1	2011/3/9	2011/6/2	2011/9/21
10	花蓮港試驗線 0m	2010/8/31	2010/11/30	2011/3/8	2011/6/1	2011/9/20
11	花蓮港試驗線 100m	2010/8/31	2010/11/30	2011/3/8	2011/6/1	2011/9/20
12	花蓮港試驗線 300m	2010/8/31	2010/11/30	2011/3/8	2011/6/1	2011/9/20
13	橄仔樹安檢所	2010/8/31	2010/11/30	2011/3/8	2011/6/1	2011/9/20
14	石梯安檢所	2010/8/31	2010/11/30	2011/3/8	2011/6/1	2011/9/20
15	成功試驗線 0m	2010/8/31	2010/11/30	2011/3/8	2011/6/1	2011/9/20
16	金樽安檢所	2010/8/31	2010/11/30	2011/3/8	2011/6/1	2011/9/20
17	伽蘭安檢所	2010/8/31	2010/11/30	2011/3/8	2011/6/1	2011/9/20
18	尚武安檢所	2010/8/30	2010/11/29	2011/3/7	2011/5/30	-
19	核三廠試驗線 0m	2010/8/30	2010/11/29	2011/3/7	2011/5/30	2011/9/19
20	核三廠試驗線 100m	2010/8/30	2010/11/29	2011/3/7	2011/5/30	2011/9/19
21	核三廠試驗線 300m	2010/8/30	2010/11/29	2011/3/7	2011/5/30	2011/9/19
22	核三廠試驗線 1Km	2010/8/30	2010/11/29	2011/3/7	2011/5/30	2011/9/19
23	中鋼公司	2010/8/30	2010/12/13	2011/3/7	2011/6/7	2011/9/6
24	高雄港試驗線 0m	2010/8/31	2010/12/14	2011/3/8	2011/6/8	2011/9/6
25	高雄港試驗線 100m	2010/8/31	2010/12/14	2011/3/8	2011/6/8	2011/9/6
26	高雄港試驗線 300m	2010/8/31	2010/12/14	2011/3/8	2011/6/8	2011/9/6
27	高雄港試驗線 1Km	2010/8/31	2010/12/14	2011/3/8	2011/6/8	2011/9/6
28	高雄港試驗線 3Km	2010/8/31	2010/12/14	2011/3/8	2011/6/8	2011/9/6
29	高鐵左營站	2010/9/3	2010/12/20	2011/3/4	2011/5/24	2011/9/9
30	興達火力電廠	2010/8/31	2010/12/14	2011/3/8	2011/6/8	2011/9/6

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
31	成大水工所	2010/9/1	2010/12/15	2011/3/9	2011/6/9	2011/9/7
32	東石安檢所	2010/9/1	2010/12/15	2011/3/9	2011/6/9	2011/9/7
33	高鐵嘉義站	2010/9/3	2010/12/20	2011/3/4	2011/5/24	2011/9/9
34	臺塑六輕試驗線 0m	2010/9/1	2010/12/15	2011/3/9	2011/6/9	2011/9/14
35	臺塑六輕試驗線 100m	2010/9/1	2010/12/15	2011/3/9	2011/6/9	2011/9/14
36	台塑六輕試驗線 300m	2010/9/1	2010/12/15	2011/3/9	2011/6/9	2011/9/14
37	台塑六輕試驗線 1Km	2010/9/1	2010/12/15	2011/3/9	2011/6/9	2011/9/14
38	台塑六輕試驗線 3Km	2010/9/1	2010/12/15	2011/3/9	2011/6/9	2011/9/14
39	王功安檢所	2010/8/10	2010/11/15	2011/2/22	2011/5/23	2011/8/15
40	彰濱工業區	2010/8/10	2010/11/15	2011/2/22	2011/5/23	2011/8/15
41	高鐵臺中站	2010/9/3	2010/12/20	2011/3/4	2011/5/24	2011/9/9
42	臺中火力電廠	2010/9/14	2010/11/19	2011/3/15	2011/6/13	2011/9/22
43	臺中港試驗線 0m	2010/8/11	2010/11/15	2011/2/22	2011/5/23	2011/9/15
44	臺中港試驗線 100m	2010/8/24	2010/11/16	2011/3/14	2011/5/24	2011/8/24
45	臺中港試驗線 1Km	2010/8/10	2010/12/6	2011/3/2	2011/5/24	2011/8/23
46	五甲安檢所	2010/8/12	2010/11/22	2011/2/23	2011/5/24	2011/8/16
47	通霄火力電廠	2010/9/8	2010/12/15	2011/3/3	2011/6/2	2011/8/16
48	外埔安檢所	2010/8/12	2010/11/22	2011/2/23	2011/5/24	2011/8/16
49	桃園試驗線 0m	2010/9/8	2010/12/14	2011/3/3	2011/6/1	2011/9/15
50	桃園試驗線 300m	2010/9/8	2010/12/14	2011/3/3	2011/6/1	2011/9/15
51	桃園試驗線 1Km	2010/9/6	2010/12/14	2011/3/1	2011/6/1	2011/9/14
52	臺北市區	2010/9/7	2010/12/14	2011/3/2	2011/5/31	2011/9/14
53	陽明山國家公園	2010/9/7	2010/12/14	2011/3/2	2011/5/31	2011/9/15
54	阿里山	2010/8/30	2010/12/13	2011/3/7	2011/6/7	2011/9/5
55	北橫巴陵	2010/9/6	2010/12/13	2011/3/1	2011/5/30	2011/9/5
56	東北角風景管理處	2010/9/2	2010/12/2	2011/3/10	2011/6/3	2011/9/15
57	臺北港監測站	2010/8/8	2010/12/14	2011/3/2	2011/5/31	2011/9/21
58	永安安檢所	2010/9/8	2010/12/15	2011/3/3	2011/6/1	2011/9/14
59	新竹漁港	2010/8/12	2010/11/22	2011/2/23	2011/5/24	2011/9/15



圖 3.2 氣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。

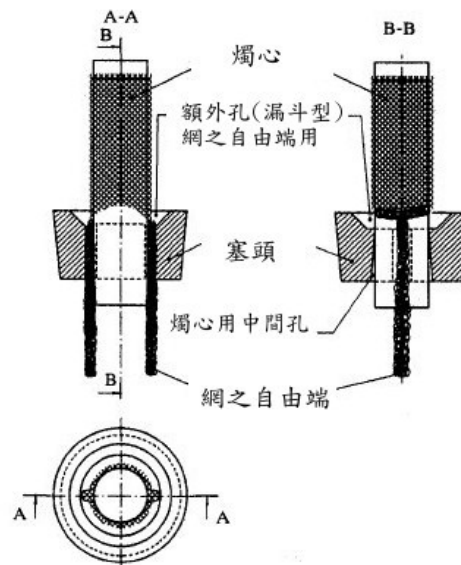


圖 3.3 濕燭法燭心構造示意圖 (CNS 13754)

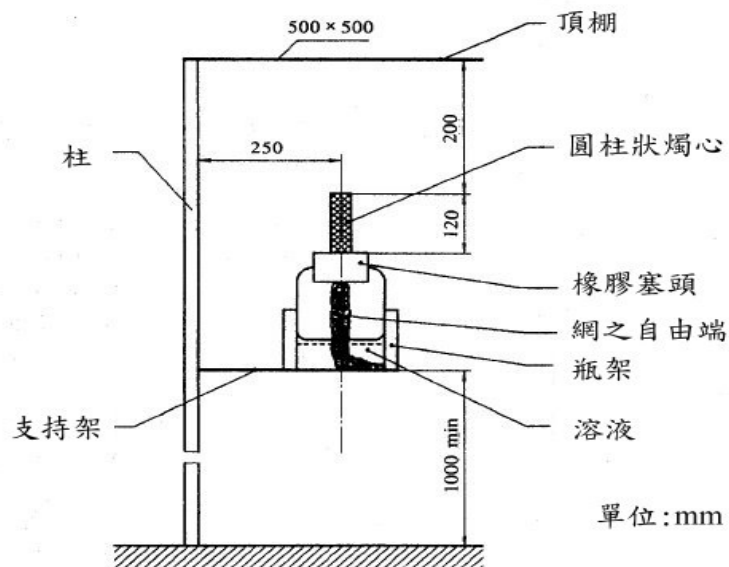


圖 3.4 濕燭法裝置構造圖 (CNS 13754)

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。

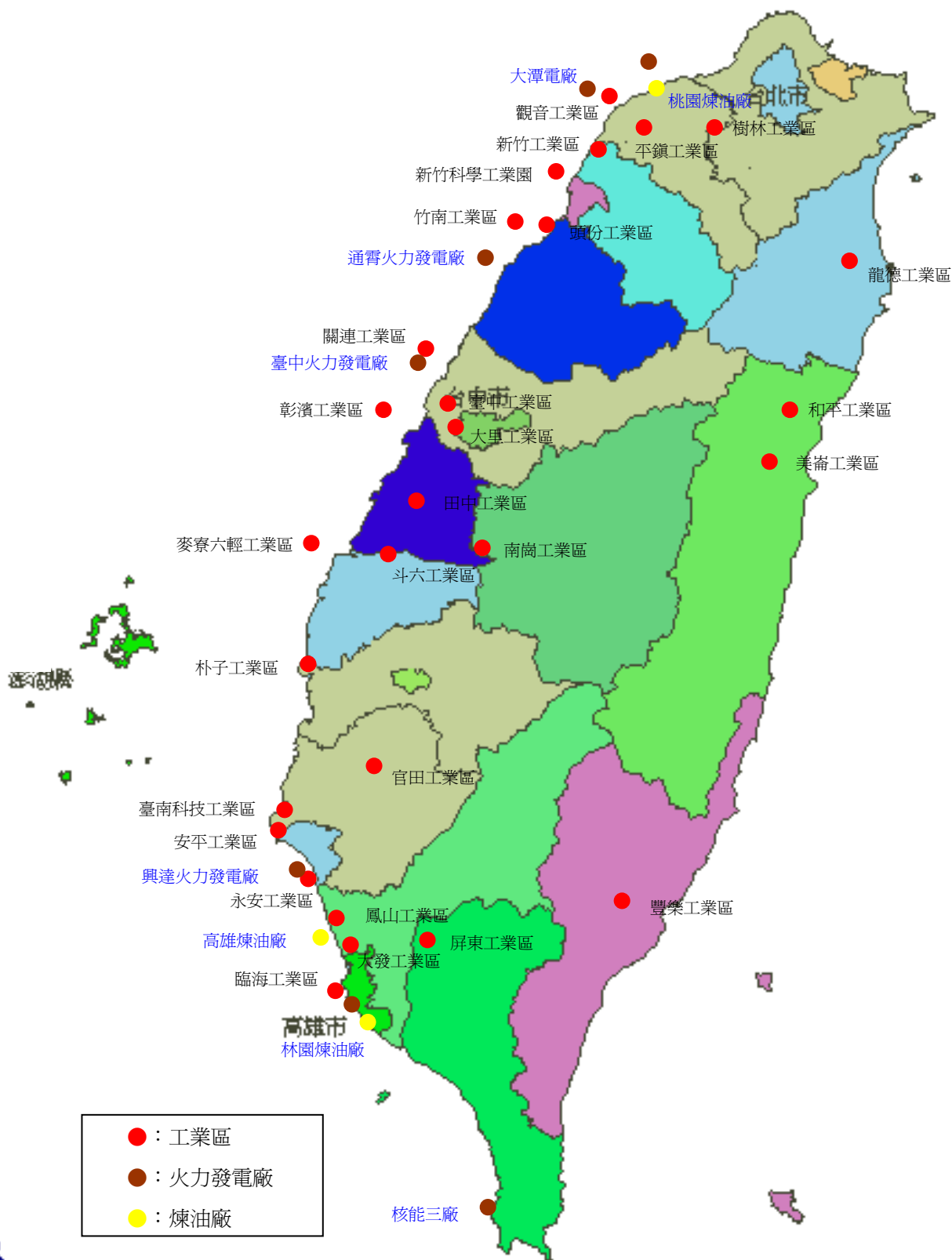


圖 3.5 二氧化硫沉積速率調查位置圖(工業區與石化、火力電廠)

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	仁大工業區、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	20010/9/7	2010/12/14	2011/3/2	2011/5/31	2011/9/14
2	龍德工業區	20010/9/1	2010/12/1	2011/3/9	2011/6/2	2011/9/21
3	和平工業區	2010/9/1	2010/12/1	2011/3/9	2011/6/2	2011/9/21
4	太魯閣國家公園	2010/9/1	2010/12/1	2011/3/9	2011/6/2	2011/9/21
5	美崙工業區	2010/8/31	2010/11/30	2011/3/9	2011/6/2	2011/9/21
6	豐樂工業區	2010/8/31	2010/11/30	2011/3/8	2011/6/1	2011/9/20
7	屏東工業區	2010/8/30	2010/12/13	2011/3/7	2011/6/7	2011/9/5
8	中油林園廠	2010/8/30	2010/12/13	2011/3/7	2011/6/7	2011/9/5
9	中鋼公司	2010/8/30	2010/12/13	2011/3/7	2011/6/7	2011/9/6
10	鳳山工業區	2010/8/30	2010/12/13	2011/3/7	2011/6/7	2011/9/6
11	大發工業區	2010/8/30	2010/12/13	2011/3/7	2011/6/7	2011/9/5
12	高鐵左營站	2010/9/3	2010/12/20	2011/3/4	2011/5/24	2011/9/9
13	高雄煉油廠	2010/8/31	2010/12/14	2011/3/8	2011/6/8	2011/9/6
14	永安工業區	2010/8/31	2010/12/14	2011/3/8	2011/6/8	2011/9/6
15	興達火力電廠	2010/8/31	2010/12/14	2011/3/8	2011/6/8	2011/9/6
16	安平工業區	2010/8/31	2010/12/13	2011/3/8	2011/6/8	2011/9/6
17	成大水工所	2010/9/1	2010/12/15	2011/3/9	2011/6/9	2011/9/7
18	官田工業區	2010/8/30	2010/12/13	2011/3/7	2011/6/7	2011/9/5
19	朴子工業區	2010/9/1	2010/12/15	2011/3/9	2011/6/9	2011/9/7
20	高鐵嘉義站	2010/9/3	2010/12/20	2011/3/4	2011/5/24	2011/9/9
21	斗六工業區	2010/8/10	2010/11/19	2011/2/24	2011/5/25	2011/8/17
22	彰濱工業區	2010/8/10	2010/11/15	2011/2/22	2011/5/23	2011/8/15
23	田中工業區	2010/8/10	2010/11/15	2011/2/22	2011/5/23	2011/8/15
24	南崗工業區	2010/8/11	2010/11/19	2011/2/24	2011/5/25	2011/8/17
25	大里工業區	2010/8/11	2010/11/19	2011/2/24	2011/5/25	2011/8/17
26	高鐵臺中站	2010/9/3	2010/12/20	2011/3/4	2011/5/24	2011/9/9
27	臺中工業區	2010/8/26	2010/11/19	2011/2/24	2011/5/25	2011/8/17
28	臺中港關連工業區	2010/8/11	2010/11/15	2011/2/22	2011/5/23	2011/8/15
29	臺中火力電廠	2010/9/14	2010/11/19	2011/3/15	2011/6/13	2011/9/22
30	臺中港試驗線 100m	2010/8/24	2010/11/16	2011/3/14	2011/5/24	2011/8/24
31	通霄火力電廠	2010/9/8	2010/12/15	2011/3/3	2011/6/2	2011/8/16
32	竹南工業區	2010/8/12	2010/11/22	2011/2/23	2011/5/24	2011/8/16
33	頭份工業區	2010/8/12	2010/11/22	2011/2/23	2011/5/24	2011/8/16
34	工研院	2010/8/12	2010/11/22	2011/2/23	2011/5/24	2011/8/16
35	新竹工業區	2010/8/12	2010/11/22	2011/2/23	2011/5/24	2011/8/16

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
36	平鎮工業區	2010/9/6	2010/12/13	2011/3/1	2011/5/30	2011/9/13
37	桃園試驗線 0m	2010/9/8	2010/12/14	2011/3/3	2011/6/1	2011/9/15
38	桃園試驗線 300m	2010/9/8	2010/12/14	2011/3/3	2011/6/1	2011/9/15
39	觀音工業區(中心)	2010/9/6	2010/12/14	2011/3/1	2011/6/1	2011/9/15
40	樹林工業區	2010/9/7	2010/12/13	2011/3/1	2011/5/30	2011/9/13
41	臺北市區	2010/9/7	2010/12/14	2011/3/2	2011/5/31	2011/9/14
42	陽明山國家公園	2010/9/7	2010/12/14	2011/3/2	2011/5/31	2011/9/14
43	陽明山硫磺區	2010/9/7	2010/12/14	2011/3/2	2011/5/31	2011/9/14
44	北橫巴陵	2010/9/6	2010/12/13	2011/3/1	2011/5/30	2011/9/15
45	阿里山	2010/8/30	2010/12/13	2011/3/7	2011/6/7	2011/9/5
46	桃園試驗線 1Km	2010/9/6	2010/12/14	2011/3/1	2011/6/1	2011/9/15
47	東北角風景區	2010/9/2	2010/12/2	2011/3/10	2011/6/3	2011/9/21
48	永安安檢所	2010/9/8	2010/12/15	2011/3/3	2011/6/1	2011/9/13
49	平鎮工業區(中心)	2010/9/6	2010/12/13	2011/3/1	2011/5/30	2011/9/13

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 $\text{mg/m}^2/\text{day}$ 表示。

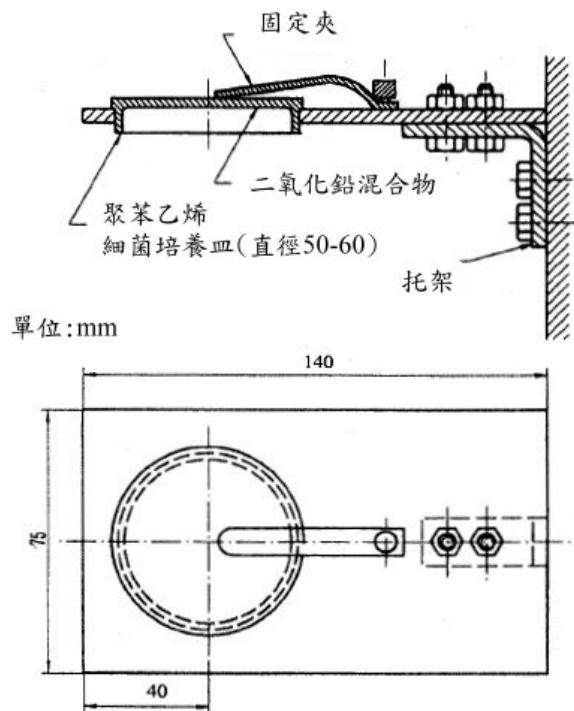


圖 3.6 二氧化硫沉積量採集裝置 (CNS 13754)

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 59 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($Cu=0.03\sim0.10\%$, $P<0.07\%$)，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。此外，在一年期暴露時間到達後，亦進行螺旋狀試片的取樣分析，進行季節性與一年期之腐蝕速率比較。

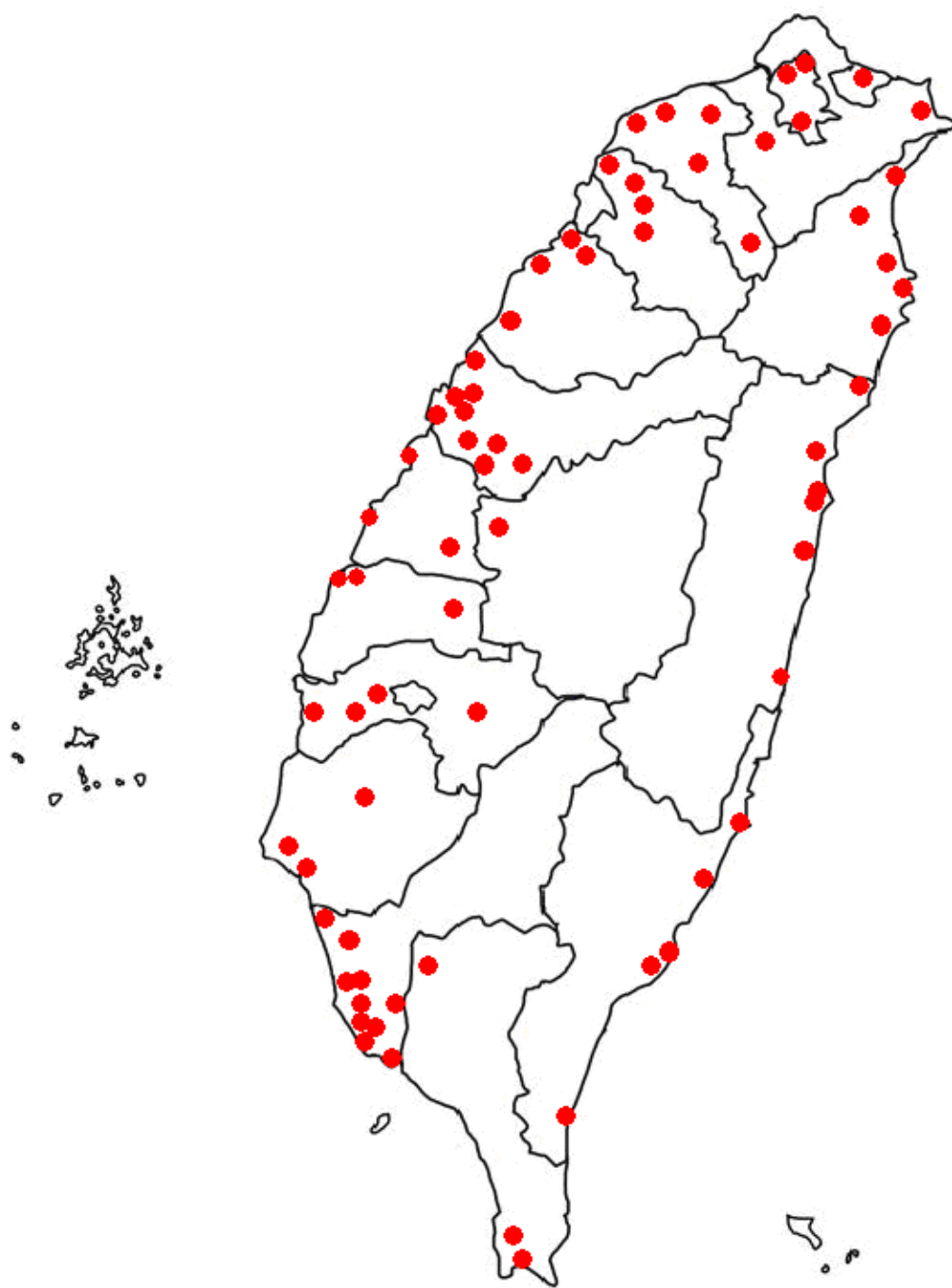


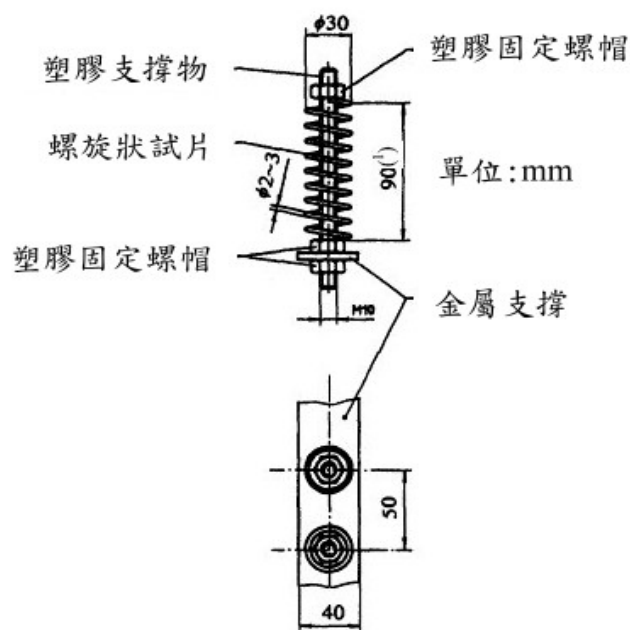
圖 3.7 現地暴露試驗(碳鋼、鋅、鋁、銅螺旋狀試片)試驗點分佈圖

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	2010/9/7	2010/12/14	2011/3/2	2011/5/31	2011/9/14
2	基隆試驗線 100m	2010/9/7	2010/12/14	2011/3/2	2011/5/31	2011/9/14
3	基隆試驗線 3Km	2010/9/7	2010/12/14	2011/3/2	2011/5/31	2011/9/14
4	梗枋安檢所	2010/9/2	2010/12/2	2011/3/10	2011/6/3	2011/9/21
5	龍德工業區	2010/9/1	2010/12/1	2011/3/9	2011/6/2	2011/9/21
6	蘇澳港試驗線 0m	2010/9/1	2010/12/1	2011/3/9	2011/6/2	2011/9/21
7	蘇澳港試驗線 100m	2010/9/1	2010/12/1	2011/3/9	2011/6/2	2011/9/21
8	蘇澳港試驗線 300m	2010/9/1	2010/12/1	2011/3/9	2011/6/2	2011/9/21
9	南澳安檢所	2010/9/1	2010/12/1	2011/3/9	2011/6/2	2011/9/21
10	和平工業區	2010/9/1	2010/12/1	2011/3/9	2011/6/2	2011/9/21
11	太魯閣國家公園	2010/9/1	2010/12/1	2011/3/9	2011/6/2	2011/9/21
12	美崙工業區	2010/8/31	2010/11/30	2011/3/9	2011/6/2	2011/9/21
13	花蓮港試驗線 0m	2010/8/31	2010/11/30	2011/3/8	2011/6/1	2011/9/20
14	花蓮港試驗線 100m	2010/8/31	2010/11/30	2011/3/8	2011/6/1	2011/9/20
15	花蓮港試驗線 300m	2010/8/31	2010/11/30	2011/3/8	2011/6/1	2011/9/20
16	橄仔樹安檢所	2010/8/31	2010/11/30	2011/3/8	2011/6/1	2011/9/20
17	石梯安檢所	2010/8/31	2010/11/30	2011/3/8	2011/6/1	2011/9/20
18	成功安檢所	2010/8/31	2010/11/30	2011/3/8	2011/6/1	2011/9/20
19	金樽安檢所	2010/8/31	2010/11/30	2011/3/8	2011/6/1	2011/9/20
20	伽蘭安檢所	2010/8/31	2010/11/30	2011/3/8	2011/6/1	2011/9/20
21	豐樂工業區	2010/8/31	2010/11/30	2011/3/8	2011/6/1	2011/9/20
22	尚武安檢所	2010/8/30	2010/11/29	2011/3/7	2011/5/30	-
23	核三廠試驗線 0m	2010/8/30	2010/11/29	2011/3/7	2011/5/30	2011/9/19
24	核三廠試驗線 100m	2010/8/30	2010/11/29	2011/3/7	2011/5/30	2011/9/19
25	核三廠試驗線 300m	2010/8/30	2010/11/29	2011/3/7	2011/5/30	2011/9/19
26	核三廠試驗線 1Km	2010/8/30	2010/11/29	2011/3/7	2011/5/30	2011/9/19
27	屏東工業區	2010/8/30	2010/12/13	2011/3/7	2011/6/7	2011/9/5
28	中油林園廠	2010/8/30	2010/12/13	2011/3/7	2011/6/7	2011/9/5
29	中鋼公司	2010/8/30	2010/12/13	2011/3/7	2011/6/7	2011/9/6
30	鳳山工業區	2010/8/30	2010/12/13	2011/3/7	2011/6/7	2011/9/6
31	大發工業區	2010/8/30	2010/12/13	2011/3/7	2011/6/7	2011/9/5
32	高雄港試驗線 0m	2010/8/31	2010/12/14	2011/3/8	2011/6/8	2011/9/6
33	高雄港試驗線 100m	2010/8/31	2010/12/14	2011/3/8	2011/6/8	2011/9/6
34	高雄港試驗線 300m	2010/8/31	2010/12/14	2011/3/8	2011/6/8	2011/9/6
35	高雄港試驗線 1Km	2010/8/31	2010/12/14	2011/3/8	2011/6/8	2011/9/6

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
36	高雄港試驗線 3Km	2010/8/31	2010/12/14	2011/3/8	2011/6/8	2011/9/6
37	高鐵左營站	2010/9/3	2010/12/20	2011/3/4	2011/5/24	2011/9/9
38	高雄煉油廠	2010/8/31	2010/12/14	2011/3/8	2011/6/8	2011/9/6
39	永安工業區	2010/8/31	2010/12/14	2011/3/8	2011/6/8	2011/9/6
40	興達火力電廠	2010/8/31	2010/12/14	2011/3/8	2011/6/8	2011/9/6
41	安平工業區	2010/8/31	2010/12/13	2011/3/8	2011/6/8	2011/9/6
42	成大水工所	2010/9/1	2010/12/15	2011/3/9	2011/6/9	2011/9/7
43	官田工業區	2010/8/30	2010/12/13	2011/3/7	2011/6/7	2011/9/5
44	東石安檢所	2010/9/1	2010/12/15	2011/3/9	2011/6/9	2011/9/7
45	朴子工業區	2010/9/1	2010/12/15	2011/3/9	2011/6/9	2011/9/7
46	高鐵嘉義站	2010/9/3	2010/12/20	2011/3/4	2011/5/24	2011/9/9
47	斗六工業區	2010/8/10	2010/11/19	2011/2/24	2011/5/25	2011/8/17
48	臺塑六輕試驗線 0m	2010/9/1	2010/12/15	2011/3/9	2011/6/9	2011/9/14
49	六輕試驗線 100m	2010/9/1	2010/12/15	2011/3/9	2011/6/9	2011/9/14
50	六輕試驗線 300m	2010/9/1	2010/12/15	2011/3/9	2011/6/9	2011/9/14
51	六輕試驗線 1Km	2010/9/1	2010/12/15	2011/3/9	2011/6/9	2011/9/14
52	六輕試驗線 3Km	2010/9/1	2010/12/15	2011/3/9	2011/6/9	2011/9/14
53	王功安檢所	2010/8/10	2010/11/15	2011/2/22	2011/5/23	2011/8/15
54	彰濱工業區	2010/8/10	2010/11/15	2011/2/22	2011/5/23	2011/8/15
55	田中工業區(福興)	2010/8/10	2010/11/15	2011/2/22	2011/5/23	2011/8/15
56	南崗工業區	2010/8/11	2010/11/19	2011/2/24	2011/5/25	2011/8/17
57	大里工業區	2010/8/11	2010/11/19	2011/2/24	2011/5/25	2011/8/17
58	高鐵台中站	2010/9/3	2010/12/20	2011/3/4	2011/5/24	2011/9/9
59	臺中工業區	2010/8/26	2010/11/19	2011/2/24	2011/5/25	2011/8/17
60	關連工業區	2010/8/11	2010/11/15	2011/2/22	2011/5/23	2011/8/15
61	臺中火力電廠	2010/9/14	2010/11/19	2011/3/15	2011/6/13	2011/9/22
62	臺中港試驗線 0m	2010/8/11	2010/11/15	2011/2/22	2011/5/23	2011/9/15
63	臺中港試驗線 100m	2010/8/24	2010/11/16	2011/3/14	2011/5/24	2011/8/24
64	臺中港試驗線 1Km	2010/8/10	2010/12/6	2011/3/2	2011/5/24	2011/8/23
65	五甲安檢所	2010/8/12	2010/11/22	2011/2/23	2011/5/24	2011/8/16
66	通霄火力電廠	2010/9/8	2010/12/15	2011/3/3	2011/6/2	2011/8/16
67	外埔安檢所	2010/8/12	2010/11/22	2011/2/23	2011/5/24	2011/8/16
68	竹南工業區	2010/8/12	2010/11/22	2011/2/23	2011/5/24	2011/8/16
69	頭份工業區	2010/8/12	2010/11/22	2011/2/23	2011/5/24	2011/8/16
70	工研院	2010/8/12	2010/11/22	2011/2/23	2011/5/24	2011/8/16
71	新竹工業區	2010/8/12	2010/11/22	2011/2/23	2011/5/24	2011/8/16

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
72	平鎮工業區(力鋼)	2010/9/6	2010/12/13	2011/3/1	2011/5/30	2011/9/13
73	桃園試驗線 0m	2010/9/8	2010/12/14	2011/3/3	2011/6/1	2011/9/15
74	桃園試驗線 300m	2010/9/8	2010/12/14	2011/3/3	2011/6/1	2011/9/15
75	桃園試驗線 1Km	2010/9/6	2010/12/14	2011/3/1	2011/6/1	2011/9/15
76	臺北市區	2010/9/7	2010/12/14	2011/3/2	2011/5/31	2011/9/14
77	陽明山國家公園	2010/9/7	2010/12/14	2011/3/2	2011/5/31	2011/9/14
78	陽明山硫磺區	2010/9/7	2010/12/14	2011/3/2	2011/5/31	2011/9/14
79	阿里山	2010/8/30	2010/12/13	2011/3/7	2011/6/7	2011/9/5
80	北橫巴陵	2010/9/6	2010/12/13	2011/3/1	2011/5/30	2011/9/15
81	東北角風景管理處	2010/9/2	2010/12/2	2011/3/10	2011/6/3	2011/9/21
82	臺北港監測站	2010/8/8	2010/12/14	2011/3/2	2011/5/31	2011/9/14
83	樹林工業區	2010/9/7	2010/12/13	2011/3/1	2011/5/30	2011/9/13
84	平鎮工業區	2010/9/6	2010/12/13	2011/3/1	2011/5/30	2011/9/13
85	觀音工業區	2010/9/6	2010/12/14	2011/3/1	2011/6/1	2011/9/15
86	永安安檢所	2010/9/8	2010/12/15	2011/3/3	2011/6/1	2011/9/15
87	新竹漁港	2010/8/12	2010/11/22	2011/2/23	2011/5/24	2011/8/16



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 $\mu\text{m/y}$ 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 ($\mu\text{m/y}$)

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

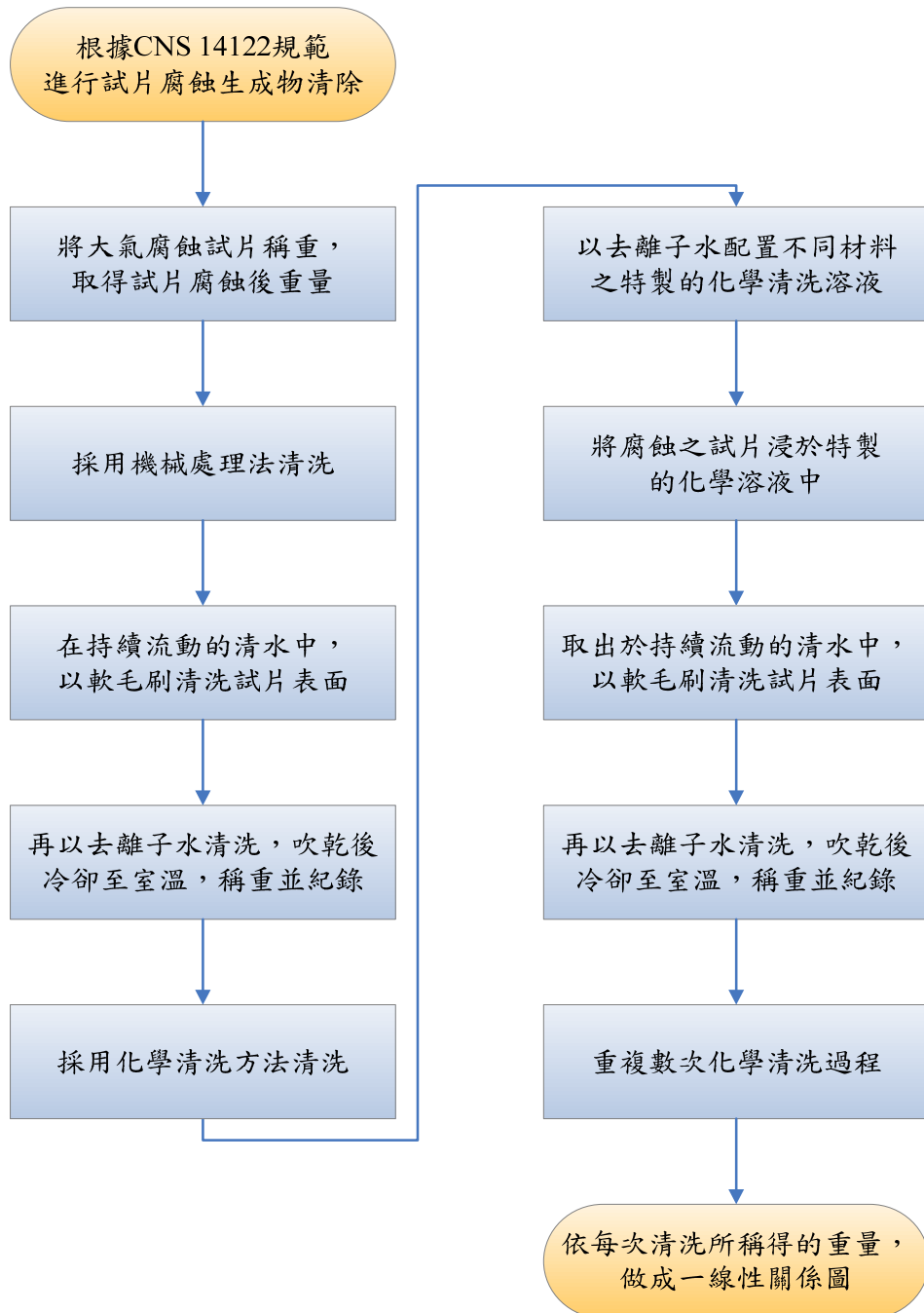


圖 3.9 腐蝕生成物清除法作業流程圖

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 g/m²/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 mg/m ² /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 mg/m ² /day	SO ₂ 濃度 μ 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_I	S_2	S_3	S_0-S_I	S_2	S_3	S_0-S_I	S_2	S_3	S_0-S_I	S_2	S_3	S_0-S_I	S_2	S_3	
P_0-P_I	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_I	S_2	S_3	S_0-S_I	S_2	S_3	S_0-S_I	S_2	S_3	S_0-S_I	S_2	S_3	S_0-S_I	S_2	S_3	
P_0-P_I	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_I	S_2	S_3	S_0-S_I	S_2	S_3	S_0-S_I	S_2	S_3	S_0-S_I	S_2	S_3	S_0-S_I	S_2	S_3	
P_0-P_I	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	$\text{g/m}^2/\text{yr}$ $\mu\text{m/yr}$	$\gamma_{\text{corr}} \leq 10$ $\gamma_{\text{corr}} \leq 1.3$	$\gamma_{\text{corr}} \leq 0.7$ $\gamma_{\text{corr}} \leq 0.1$	$\gamma_{\text{corr}} \leq 0.9$ $\gamma_{\text{corr}} \leq 0.1$	可忽視 —
C2	$\text{g/m}^2/\text{yr}$ $\mu\text{m/yr}$	$10 < \gamma_{\text{corr}} \leq 200$ $1.3 < \gamma_{\text{corr}} \leq 25$	$0.7 < \gamma_{\text{corr}} \leq 5$ $0.1 < \gamma_{\text{corr}} \leq 0.7$	$0.9 < \gamma_{\text{corr}} \leq 5$ $0.1 < \gamma_{\text{corr}} \leq 0.6$	$\gamma_{\text{corr}} \leq 0.6$ —
C3	$\text{g/m}^2/\text{yr}$ $\mu\text{m/yr}$	$200 < \gamma_{\text{corr}} \leq 400$ $25 < \gamma_{\text{corr}} \leq 50$	$5 < \gamma_{\text{corr}} \leq 15$ $0.7 < \gamma_{\text{corr}} \leq 2.1$	$5 < \gamma_{\text{corr}} \leq 12$ $0.6 < \gamma_{\text{corr}} \leq 1.3$	$0.6 < \gamma_{\text{corr}} \leq 2$ —
C4	$\text{g/m}^2/\text{yr}$ $\mu\text{m/yr}$	$400 < \gamma_{\text{corr}} \leq 650$ $50 < \gamma_{\text{corr}} \leq 80$	$15 < \gamma_{\text{corr}} \leq 30$ $2.1 < \gamma_{\text{corr}} \leq 4.2$	$12 < \gamma_{\text{corr}} \leq 25$ $1.3 < \gamma_{\text{corr}} \leq 2.8$	$2 < \gamma_{\text{corr}} \leq 5$ —
C5	$\text{g/m}^2/\text{yr}$ $\mu\text{m/yr}$	$650 < \gamma_{\text{corr}} \leq 1500$ $80 < \gamma_{\text{corr}} \leq 200$	$30 < \gamma_{\text{corr}} \leq 60$ $4.2 < \gamma_{\text{corr}} \leq 8.4$	$25 < \gamma_{\text{corr}} \leq 50$ $2.8 < \gamma_{\text{corr}} \leq 5.6$	$5 < \gamma_{\text{corr}} \leq 10$ —

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

各試驗點四次採樣與一年期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 2010.09-2010.12(秋季)，2010.12-2011.03(冬季)，2011.03-2011.06(春季)，2011.06-2011.09(夏季)，而一年期的調查期間則為 2010.09-2011.09。

一般而言，2010.09-2010.12 秋季期間，氯鹽沉積速率介於 $0.65 \text{ mg/m}^2/\text{day}$ (阿里山)至 $242.69 \text{ mg/m}^2/\text{day}$ (桃園試驗線 0m)之間，而較高的沉積速率發生在基隆試驗線 100m、台塑六輕試驗線 0m、台塑六輕試驗線 100m、台塑六輕試驗線 300m、台塑六輕試驗線 1km、王功安檢所、彰濱工業區、臺中火力發電廠、通霄火力發電廠、桃園試驗線 0m、新竹漁港、成功安檢所、核三廠試驗線 0m，各測點所測得的氯鹽沉積速率均大於 $30 \text{ mg/m}^2/\text{day}$ ；其次為梗枋安檢所、外埔安檢所、桃園試驗線 300m 氯鹽沉積速率介於 $20.07 \text{ mg/m}^2/\text{day}$ 與 $29.86 \text{ mg/m}^2/\text{day}$ ，再者為核三廠試驗線 300m 介於 $10.11 \text{ mg/m}^2/\text{day}$ 與 $19.92 \text{ mg/m}^2/\text{day}$ 之間。在北橫巴陵及阿里山氯鹽沉積速率都低於 $1.0 \text{ mg/m}^2/\text{day}$ 。

2010.12-2011.03 冬季期間之氯鹽沉積速率介於 $0 \text{ mg/m}^2/\text{day}$ (橄仔樹安檢所)至 $146.85 \text{ mg/m}^2/\text{day}$ (桃園試驗線 0m)之間，較高的沉積速率發生在東海岸沿海區域如石梯安檢所、成功安檢所，西部沿海區域如王功安檢所、臺中火力發電廠、台塑六輕試驗線(0m、100m、300m、1km)，北部如基隆試驗線(0m、100m)，各測點所測得的氯鹽沉積速率均大於 $30 \text{ mg/m}^2/\text{day}$ ，其次為花蓮港試驗線 100m、台塑六輕試驗線 3km、東北角等，氯鹽沉積速率介於 $23.87 \text{ mg/m}^2/\text{day}$ 與 $29.63 \text{ mg/m}^2/\text{day}$ 。再者為花蓮港試驗線 0m、金樽安檢所、彰濱工業區、臺中港試驗線(100m、1km)介於 $10.32 \text{ mg/m}^2/\text{day}$ 與 $19.93 \text{ mg/m}^2/\text{day}$ 之間。在橄仔樹安檢所、北橫巴陵、阿里山等站都低於 $1.0 \text{ mg/m}^2/\text{day}$ 。

2011.03-2011.06 春季期間之氯鹽沉積速率介於 $0.35 \text{ mg/m}^2/\text{day}$ (北橫巴陵)至 $132.06 \text{ mg/m}^2/\text{day}$ (桃園試驗線 0m)之間，較高的沉積速率發生在基隆試驗線 100m、核三廠試驗線 300m、台塑六輕試驗線 100m、外埔安檢所，各測點所測得的氯鹽沉積速率均大於 $30 \text{ mg/m}^2/\text{day}$ ，其次為梗枋安檢所、蘇澳港試驗線 0m、石梯安檢所、台塑六輕試驗線 (0m、300m、1km)等地區介於 $10.69 \text{ mg/m}^2/\text{day}$ 與 $29.31 \text{ mg/m}^2/\text{day}$ 。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 $1.00 \text{ mg/m}^2/\text{day}$ 。

2011.06-2011.09 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 $84.38 \text{ mg/m}^2/\text{day}$ (桃園試驗線 0m)之間，基隆試驗線 (100m)、桃園試驗線 0m、新竹漁港，各測點所測得的氯鹽沉積速率均大於 $30 \text{ mg/m}^2/\text{day}$ ，其次、基隆試驗線 0m、龍德工業區、石梯安檢所高雄港試驗線 0m、台塑六輕試驗線(0m、300m)、王功安檢所、五甲安檢所等地區氯鹽沉積速率亦在 $10.77 \text{ mg/m}^2/\text{day}$ 至 $27.29 \text{ mg/m}^2/\text{day}$ 之間。至於氯鹽沉積速率較小有太魯閣國家公園、高雄左營站、高鐵嘉義站、高鐵臺中站、北橫巴陵、阿里山等地區都低於 $1.00 \text{ mg/m}^2/\text{day}$ 。

在 2010.09-2011.09 一年期的暴露時間內，氯鹽沉積速率介於 $0.48 \text{ mg/m}^2/\text{day}$ (阿里山)至 $151.5 \text{ mg/m}^2/\text{day}$ (桃園試驗線 0m)之間，而較高的沉積速率發生在桃園試驗線 0m，所測得的氯鹽沉積速率大於 $90 \text{ mg/m}^2/\text{day}$ ；其次為台塑六輕(0m、300m、1km、3km)、外埔安檢所、通霄火力發電廠氯鹽，沉積速率介於 $30 \text{ mg/m}^2/\text{day}$ 與 $70 \text{ mg/m}^2/\text{day}$ ，再者為梗枋安檢所介於 $10.11 \text{ mg/m}^2/\text{day}$ 與 $19.92 \text{ mg/m}^2/\text{day}$ 之間。在北橫巴陵及阿里山氯鹽沉積速率都低於 $1.0 \text{ mg/m}^2/\text{day}$ ，氯鹽沉積速率無顯著變化。

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	2010.09- 2010.12	2010.12- 2011.3	2011.3- 2011.6	2011.6- 2011.9	2010.9- 2011.9
1	基隆試驗線 0m	12.60	34.77	16.13	18.66	20.54
2	基隆試驗線 100m	84.88	101.78	57.81	30.00	68.62
3	梗枋安檢所	26.75	13.19	21.84	17.90	19.92
4	龍德工業區	2.87	8.06	9.49	10.77	7.80
5	蘇澳港試驗線 0m	8.11	3.73	12.51	9.23	8.40
6	蘇澳港試驗線 100m	5.19	7.71	6.65	5.22	6.19
7	蘇澳港試驗線 300m	9.39	4.37	4.90	3.18	5.46
8	南澳安檢所	45.91	16.41	6.78	11.19	20.07
9	太魯閣國家公園	1.30	1.84	0.74	0.64	1.13
10	花蓮港試驗線 0m	31.34	19.77	13.23	11.12	18.87
11	花蓮港試驗線 100m	20.43	29.63	15.30	5.07	17.61
12	花蓮港試驗線 300m	10.07	5.72	8.29	4.47	7.14
13	橄仔樹安檢所	5.90	-	28.63	16.42	12.74
14	石梯安檢所	5.99	41.25	19.15	13.11	19.88
15	成功安檢所	46.72	38.24	20.25	14.24	29.86
16	金樽安檢所	20.59	12.06	7.74	15.68	14.02
17	伽蘭安檢所	51.76	10.73	7.09	13.66	20.81
18	尚武安檢所	11.23	7.98	5.88	-	8.36
19	核三廠試驗線 0m	48.91	19.93	12.70	8.33	22.47
20	核三廠試驗線 100m	16.35	5.92	6.65	3.35	8.07
21	核三廠試驗線 300m	11.94	8.94	75.45	2.73	24.77
22	核三廠試驗線 1Km	11.72	4.74	4.58	2.93	5.99
23	中鋼公司	5.07	2.88	2.34	5.82	4.03
24	高雄港試驗線 0m	8.50	3.10	3.43	12.46	6.87
25	高雄港試驗線 100m	3.89	1.77	1.42	2.12	2.30
26	高雄港試驗線 300m	8.39	2.66	2.30	6.90	5.06
27	高雄港試驗線 1Km	5.45	2.24	1.58	3.19	3.12
28	高雄港試驗線 3Km	9.17	2.63	1.45	2.57	3.96
29	高鐵左營站	1.96	1.03	2.20	0.97	1.54

項次	試驗地點	試驗期間				
		2010.09- 2010.12	2010.12- 2011.3	2011.3- 2011.6	2011.6- 2011.9	2010.9- 2011.9
30	興達火力電廠	1.91	1.61	1.27	2.37	1.79
31	成大水工所	1.09	1.53	2.13	5.44	2.55
32	東石安檢所	16.10	6.88	1.75	9.11	8.46
33	高鐵嘉義站	2.75	2.48	1.15	0.66	1.76
34	臺塑六輕試驗線 0m	55.73	74.01	20.36	11.35	40.36
35	臺塑六輕試驗線 100m	156.73	124.89	38.64	27.29	86.89
36	臺塑六輕試驗線 300m	61.62	90.79	23.99	17.44	48.46
37	臺塑六輕試驗線 1Km	58.41	74.89	21.36	9.15	40.95
38	臺塑六輕試驗線 3Km	11.63	23.87	2.86	2.08	10.11
39	王功安檢所	90.40	36.49	2.74	11.21	35.21
40	彰濱工業區	93.86	19.72	26.82	26.88	41.82
41	高鐵臺中站	1.43	1.43	1.75	0.45	1.27
42	臺中火力電廠	85.81	34.16	22.76	13.43	39.04
43	臺中港試驗線 0m	21.64	4.72	11.19	5.09	10.32
44	臺中港試驗線 100m	22.22	19.33	2.96	8.00	13.13
45	臺中港試驗線 1Km	16.32	10.32	6.50	4.71	9.46
46	五甲安檢所	36.54	19.22	11.59	13.76	20.28
47	通霄火力電廠	81.98	52.20	29.31	22.78	46.57
48	外埔安檢所	23.84	84.69	31.08	25.26	41.22
49	桃園試驗線 0m	242.69	146.85	132.06	84.38	151.50
50	桃園試驗線 300m	21.52	33.65	25.19	14.74	23.78
51	桃園試驗線 1Km	18.58	17.83	11.27	9.11	14.20
52	臺北市區	2.82	3.73	2.75	1.44	2.69
53	陽明山國家公園	6.29	1.33	1.29	1.26	2.54
54	北橫巴陵	0.93	0.57	0.35	0.23	0.52
55	阿里山	0.65	0.37	0.53	0.37	0.48
56	東北角	31.60	24.85	17.83	7.80	20.52
57	臺北港監測站	19.58	12.75	10.69	6.91	12.48
58	永安安檢所	13.31	13.46	8.56	6.00	10.33
59	新竹漁港	164.89	39.65	18.92	35.70	64.79

註：- 表示試體遺失

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 2010.09-2010.12，2010.12-2011.03，2011.03-2011.06，2011.06-2011.09，相當於臺灣氣候之秋季、冬季、春季、夏季期間。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(2010.09-2010.12)較為嚴重。

則為一年期(四次平均)之氯鹽沉積速率調查結果如圖 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。在高鐵沿線各站方面，一年期調查結果分別為：臺中站 ($1.27 \text{ mg/m}^2/\text{day}$)、嘉義站 ($1.76 \text{ mg/m}^2/\text{day}$) 與左營站 ($1.54 \text{ mg/m}^2/\text{day}$)。

4.1.2 氯鹽沉積速率與垂直海岸線之關係

至於垂直海岸的試驗線，圖 4.6 為四次調查之垂直海岸試驗線於距海岸 0m、100m 之平均氯鹽沉積速率；以桃園大潭試驗線、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(2010.07-2010.11)較其他季節偏高以桃園大潭試驗線 0m 處 $242.7 \text{ mg/m}^2/\text{day}$ 最高。

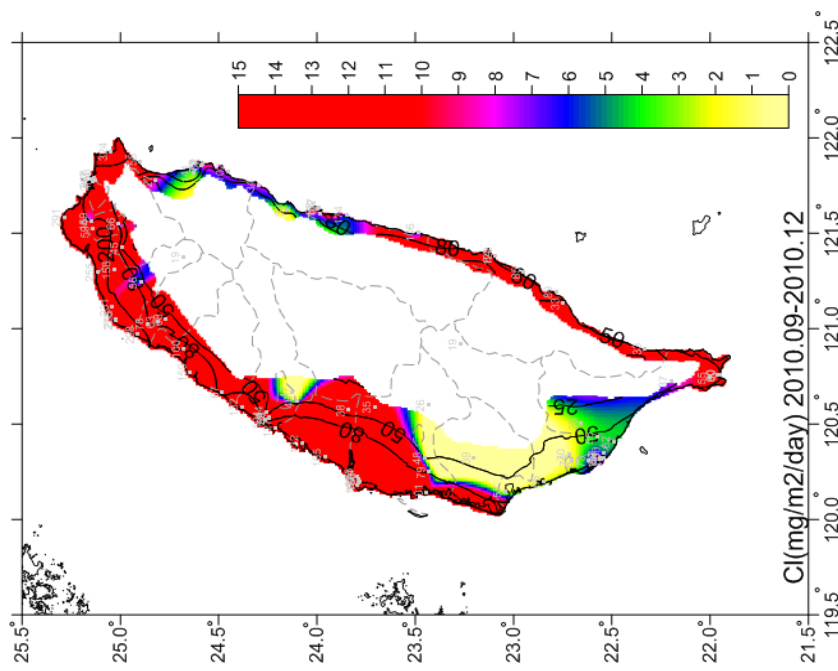


圖 4.1 2010.09-2010.12 氯鹽沉積速率($\text{mg/m}^2/\text{day}$)

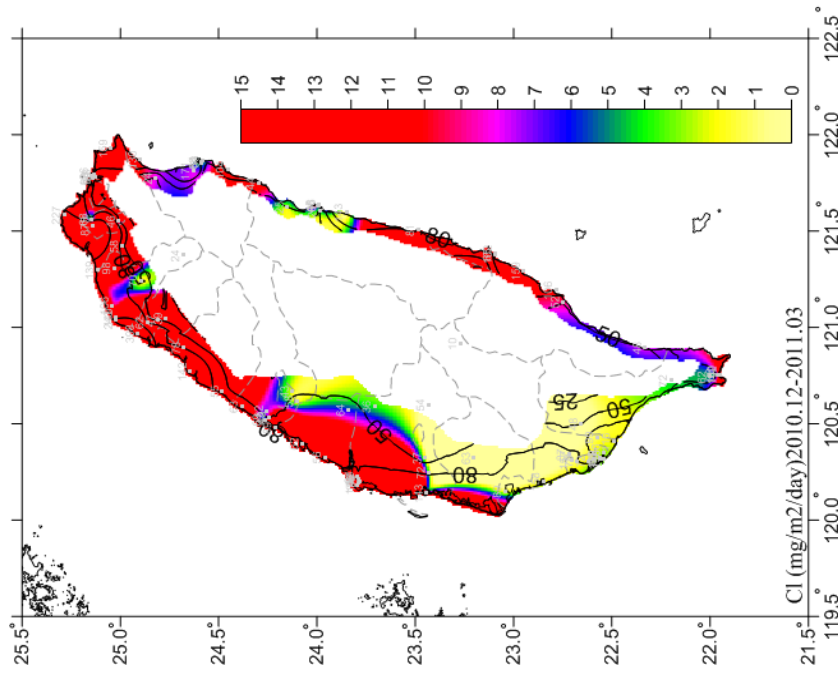


圖 4.2 2010.12-2011.03 氯鹽沉積速率($\text{mg/m}^2/\text{day}$)

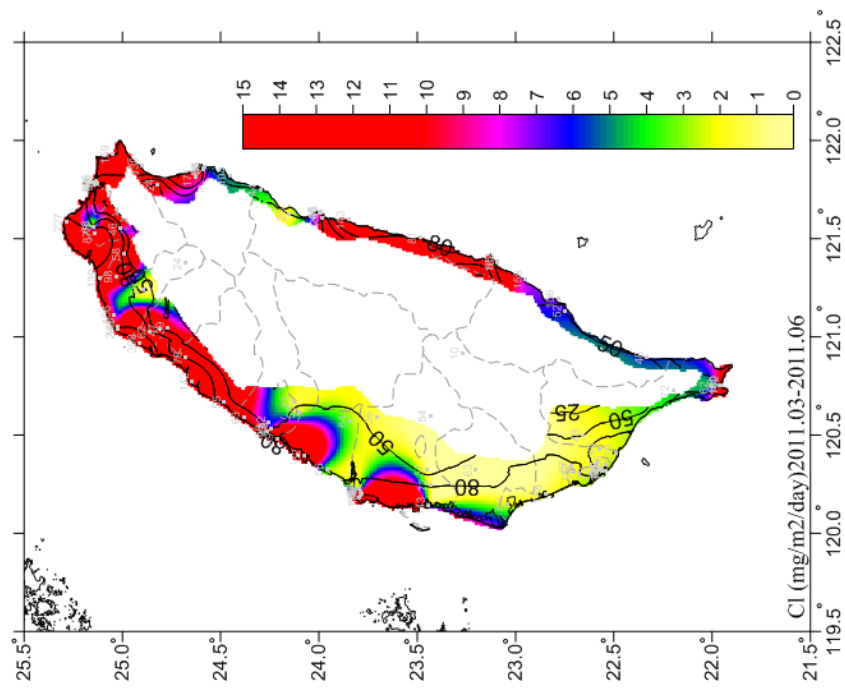


圖 4.3 2011.03-2011.06 氯鹽沉積速率($\text{mg/m}^2/\text{day}$)

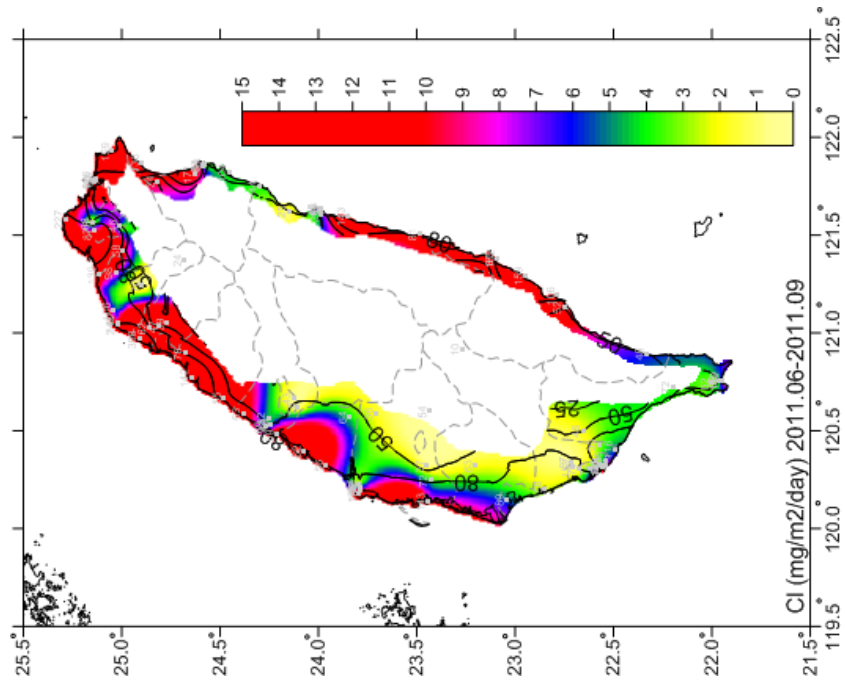


圖 4.4 2011.06-2011.09 氯鹽沉積速率($\text{mg/m}^2/\text{day}$)

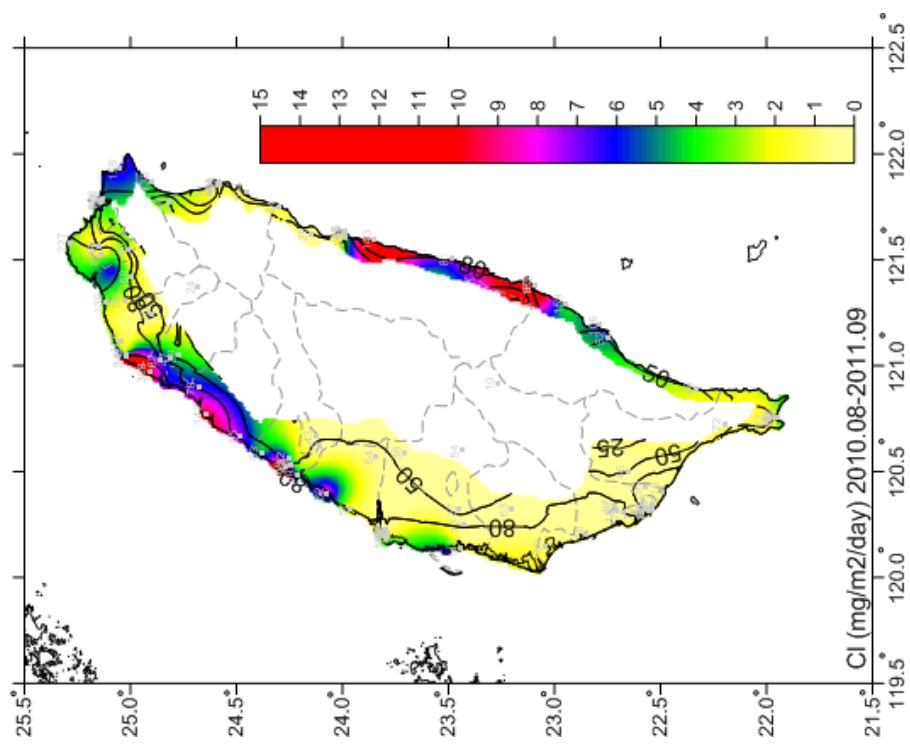
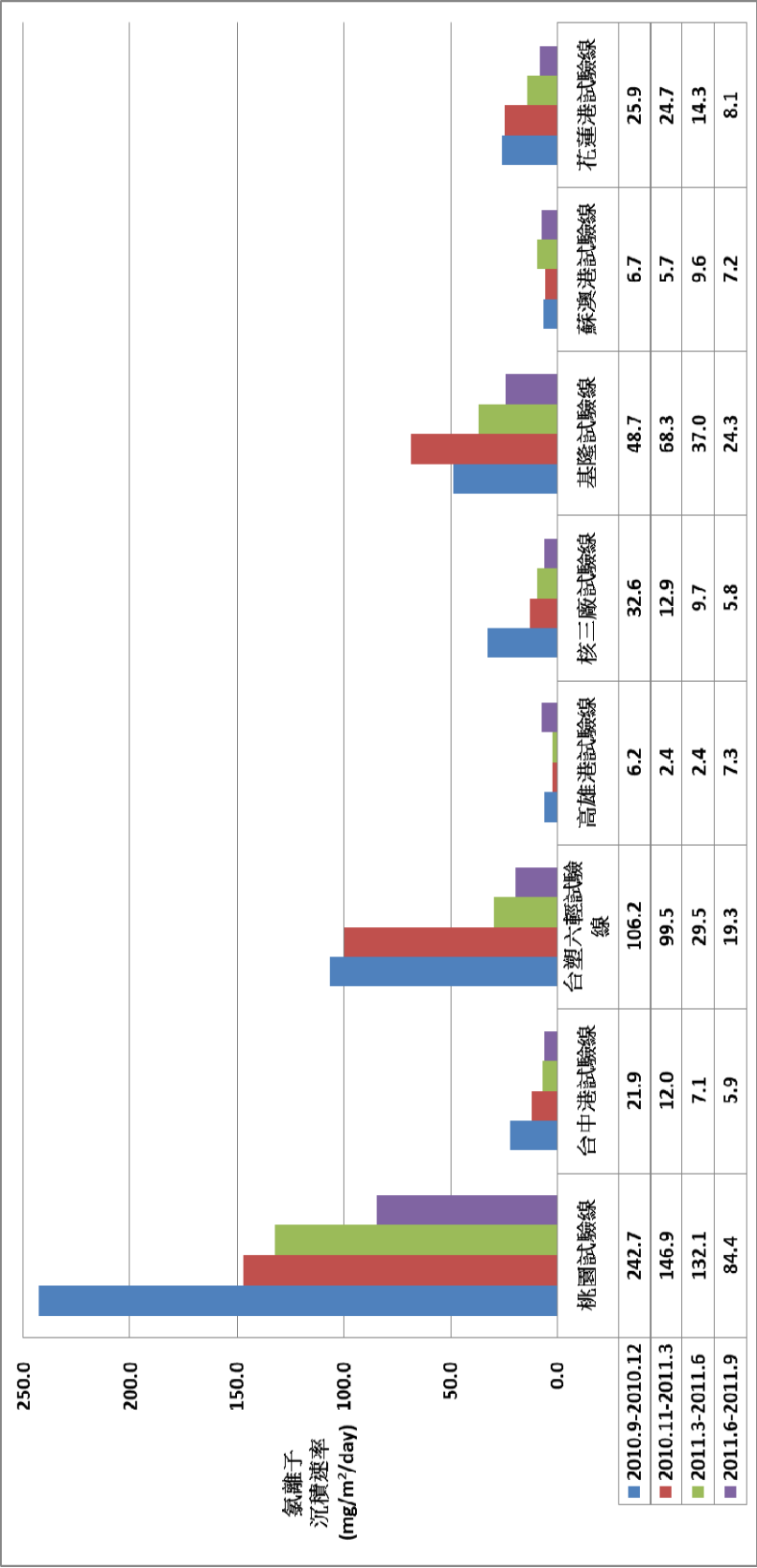


圖 4.5 2010.09-2011.09 氯鹽沉積速率($\text{mg/m}^2/\text{day}$)



註 1：氯離子沉積速率為各試驗線 0m 及 100m 測站平均值

註 2：桃園試驗線為大潭 0m 測站之值

圖 4.6 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氯鹽沉積速率調查的時間相同，分別為 2010.09-2010.12(秋季)，2010.12-2011.03(冬季)，2011.03-2011.06(春季)，2011.06-2011.09(夏季)，而一年期的調查時間則為 2010.09-2011-09。

第一次調查期間 2010.09-2010.12(秋季)，陽明山硫磺區的二氧化硫沉積速率最大 $595.6 \text{ mg/m}^2/\text{day}$ ，其餘介於東北角風景區 $6.68 \text{ mg/m}^2/\text{day}$ 至 $533.81 \text{ mg/m}^2/\text{day}$ 桃園試驗線 0m 之間。較高的沉積速率發生在桃園試驗線 0m 處 $533.81 \text{ mg/m}^2/\text{day}$ 、中鋼公司 $343.27 \text{ mg/m}^2/\text{day}$ 、龍德工業區 $314.94 \text{ mg/m}^2/\text{day}$ 、觀音工業區 $302.64 \text{ mg/m}^2/\text{day}$ 、臺中火力發電廠 $274.82 \text{ mg/m}^2/\text{day}$ ，其值均大於 CNS 13401 (ISO 9223) 的最高分類標準 P3, $200 \text{ mg/m}^2/\text{day}$ 。高鐵沿線二氧化硫沉積速率的分布以左營站最高 $77.76 \text{ mg/m}^2/\text{day}$ 、臺中站次之 $44.87 \text{ mg/m}^2/\text{day}$ 、嘉義站最低為 $37.48 \text{ mg/m}^2/\text{day}$ 。東部海岸因無石化工業區或電廠的設立，除龍德工業區 $314.94 \text{ mg/m}^2/\text{day}$ 外，二氧化硫沉積速率僅介於 $13.63 \text{ mg/m}^2/\text{day}$ 太魯閣國家公園與 $116.86 \text{ mg/m}^2/\text{day}$ 豐樂工業區之間。

第二次調查 2010.12-2011.03(冬季)，二氧化硫沉積速率以觀音工業區最高，約為 $1025.06 \text{ mg/m}^2/\text{day}$ ，其餘介於 $9.55 \text{ mg/m}^2/\text{day}$ 高雄煉油廠至 $919.77 \text{ mg/m}^2/\text{day}$ 陽明山硫磺區之間。其中較高的沉積速率發生在陽明山硫磺區 $919.77 \text{ mg/m}^2/\text{day}$ 、彰濱工業區 $651.15 \text{ mg/m}^2/\text{day}$ 、桃園試驗線 0m $317.1 \text{ mg/m}^2/\text{day}$ 、竹南工業區 $306.53 \text{ mg/m}^2/\text{day}$ 、通霄火力發電廠 $276.97 \text{ mg/m}^2/\text{day}$ 、桃園試驗線 1km $206.57 \text{ mg/m}^2/\text{day}$ 與頭份工業區 $186.56 \text{ mg/m}^2/\text{day}$ 。高鐵沿線二氧化硫沉積速率的分布以嘉義站最高 $91.26 \text{ mg/m}^2/\text{day}$ 、臺中站次之 $66.31 \text{ mg/m}^2/\text{day}$ 、最低為左營站 $63.34 \text{ mg/m}^2/\text{day}$ 。

第三次調查 2011.03-2011.06(春季)，二氧化硫沉積速率以桃園試驗線 0m 最高，約為 $453.03 \text{ mg/m}^2/\text{day}$ ，其餘介於 $19.29 \text{ mg/m}^2/\text{day}$ 北橫巴陵至 $428.69 \text{ mg/m}^2/\text{day}$ 觀音工業區之間。其中較高的沉積速率發

生在觀音工業區 428.69 mg/m²/day、龍德工業區 312.76 mg/m²/day、彰濱工業區 257.70mg/m²/day、陽明山硫磺區 257.12mg/m²/day、竹南工業區 242.15mg/m²/day、中鋼公司 235.19 mg/m²/day，高雄煉油廠 230.92mg/m²/day、陽明山國家公園 220.09mg/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 93.18 mg/m²/day、臺中站次之 83.86 mg/m²/day、最低為嘉義站 66.16 mg/m²/day。

第四次調查期間 2011.06- 2011.09(夏季)，二氧化硫沉積速率以陽明山硫磺區最高，約為 747.64 mg/m²/day，其餘介於 11.47 mg/m²/day 豐樂工業區至 381.1 mg/m²/day 龍德工業區之間。其中較高的沉積速率發生在龍德工業區 381.1 mg/m²/day、中鋼公司 226.79 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佈由大到小依序為臺中站、左營站、嘉義站，分別為 138.91、57.3、25.35 mg/m²/day。

在一年期 2010.09-2011-09 四次調查暴露時間的平均沉積速率，以陽明山硫磺區最高，為 630.03mg/m²/day，觀音工業區次之，為 466.39mg/m²/day，其餘試驗站介於 22.18 mg/m²/day(北橫巴陵)至 434.65 mg/m²/day(桃園試驗線 0m)之間；較高沉積速率依序發生在龍德工業區 280.31mg/m²/day、彰濱工業區 269.59 mg/m²/day、中鋼公司 235.66 mg/m²/day、竹南工業區 182.14 mg/m²/day 等，山區의試驗位址二氧化硫沉積速率如北橫巴陵為 22.18 mg/m²/day，阿里山為 28.18 mg/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。

表 4-2 二氧化硫沉積速率表

單位：mg/m²/day

項次	試驗地點 試驗期間	2010.09- 2010.12	2010.12- 2011.3	2011.3- 2011.6	2011.6- 2011.9	2010.9- 2011.9
1	基隆試驗線 3Km	35.91	62.47	41.40	26.76	41.64
2	龍德工業區	314.94	112.45	312.76	381.10	280.31
3	和平工業區	20.41	40.88	37.86	22.93	30.52
4	太魯閣國家公園	13.63	18.21	35.47	25.69	23.25
5	美崙工業區	20.64	20.59	43.72	17.30	25.56
6	豐樂工業區	116.86	41.34	30.85	11.47	50.13
7	屏東工業區	64.77	56.60	44.54	26.35	48.07
8	中油林園廠	125.43	43.97	177.84	101.29	112.13
9	中鋼公司	343.27	137.37	235.19	226.79	235.66
10	鳳山工業區	84.56	116.45	88.42	59.41	87.21
11	大發工業區	151.33	150.82	163.44	132.78	149.59
12	高鐵左營站	77.76	63.34	93.18	57.30	72.90
13	高雄煉油廠	90.18	9.55	230.92	60.34	97.75
14	永安工業區	91.67	129.89	159.59	105.06	121.55
15	興達火力電廠	161.76	80.05	81.48	32.46	88.94
16	安平工業區	91.93	84.31	122.63	53.09	87.99
17	成大水工所	37.38	60.80	74.78	48.63	55.40
18	官田工業區	111.38	138.11	182.90	55.99	122.10
19	朴子工業區	69.36	57.92	116.38	73.57	79.31
20	高鐵嘉義站	37.48	91.26	66.16	25.35	55.06
21	斗六工業區	64.57	67.20	84.41	41.68	64.47
22	彰濱工業區	78.14	651.15	257.70	91.37	269.59
23	田中工業區	91.49	65.96	36.43	45.54	59.86
24	南崗工業區	41.14	38.20	73.13	49.52	50.50
25	大里工業區	24.26	56.42	57.31	29.39	41.85
26	高鐵臺中站	44.87	66.31	83.86	138.91	83.49
27	臺中工業區	31.80	48.65	77.81	69.06	56.83
28	關連工業區	103.43	145.79	107.12	110.83	116.79
29	臺中火力電廠	274.82	128.19	99.32	58.79	140.28
30	臺中港試驗線 100m	83.44	92.20	84.16	70.84	82.66
31	通霄火力電廠	56.89	276.97	98.40	54.58	121.71
32	竹南工業區	108.86	306.53	242.15	71.00	182.14
33	頭份工業區	131.79	186.56	98.79	66.63	120.94
34	工研院	37.29	100.70	103.13	43.18	71.08

項次	試驗期間 試驗地點		2010.09- 2010.12	2010.12- 2011.3	2011.3- 2011.6	2011.6- 2011.9	2010.9- 2011.9
35	新竹工業區		84.07	99.00	104.68	62.71	87.62
36	平鎮工業區		49.40	123.79	87.46	30.49	72.79
37	桃園試驗線 0m		533.81	317.10	453.03	-	434.65
38	桃園試驗線 300m		81.71	119.31	20.93	175.77	99.43
39	桃園試驗線 1Km		125.70	206.57	167.23	134.62	158.53
40	樹林工業區		30.22	143.31	124.51	70.32	92.09
41	臺北市區		19.47	45.59	60.77	33.72	39.89
42	陽明山國家公園		55.48	183.00	220.09	156.08	153.66
43	陽明山硫磺區		595.60	919.77	257.12	747.64	630.03
44	北橫巴陵		7.15	41.16	19.29	21.13	22.18
45	阿里山		23.19	36.57	36.17	16.80	28.18
46	觀音工業區(中心)		302.64	1025.06	428.69	109.17	466.39
47	東北角風景區		6.68	164.81	50.04	29.13	62.67
48	永安安檢所		83.55	151.62	100.11	63.91	99.80
49	平鎮工業區(中心)		103.13	133.69	128.05	45.86	102.68

表 4-3 特定試驗點之二氧化硫沉積速率表

單位：mg/m²/day

試驗地點 試驗期間	2010.09- 2010.12	2010.12- 2011.3	2011.3- 2011.6	2011.6- 2011.9	2010.9- 2011.9
高鐵臺中站	44.87	66.31	83.86	138.91	83.49
高鐵嘉義站	37.48	91.26	66.16	25.35	55.06
高鐵左營站	77.76	63.34	93.18	57.30	72.90
高雄煉油廠	90.18	9.55	230.92	60.34	97.75
中油林園廠	125.43	43.97	177.84	101.29	112.13
大潭火力電廠	533.81	317.10	453.03	-	434.65
通霄火力電廠	56.89	276.97	98.40	54.58	121.71
臺中火力電廠	274.82	128.19	99.32	58.79	140.28
興達火力電廠	161.76	80.05	81.48	32.46	88.94
觀音工業區	302.64	1025.06	428.69	109.17	466.39
彰濱工業區	78.14	651.15	257.70	91.37	269.59
大發工業區	151.33	150.82	163.44	132.78	149.59
中鋼公司	343.27	137.37	235.19	226.79	235.66
龍德工業區	314.94	112.45	312.76	381.10	280.31
臺北市區	19.47	45.59	60.77	33.72	39.89

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 4.11 則為一年期累積之二氧化硫沉積速率調查結果；圖中，黃色表示二氧化硫沉積速率為 $0\sim 10\text{ mg/m}^2/\text{day}$ 的區域，綠色表示沉積速率為 $10\sim 35\text{ mg/m}^2/\text{day}$ 的區域，藍色表示沉積速率為 $35\sim 80\text{ mg/m}^2/\text{day}$ 的區域，粉紅色表示 $80\sim 200\text{ mg/m}^2/\text{day}$ 的區域，紅色則為大於 $200\text{ mg/m}^2/\text{day}$ 的區域。

四次調查的結果分佈情形。在西海岸秋季(2010.09 -2009.12)與冬季 (2009.12 -2011.03)期間，以觀音工業區、通霄火力電廠、臺中火力電廠、彰濱工業區、中鋼公司、興達火力電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。

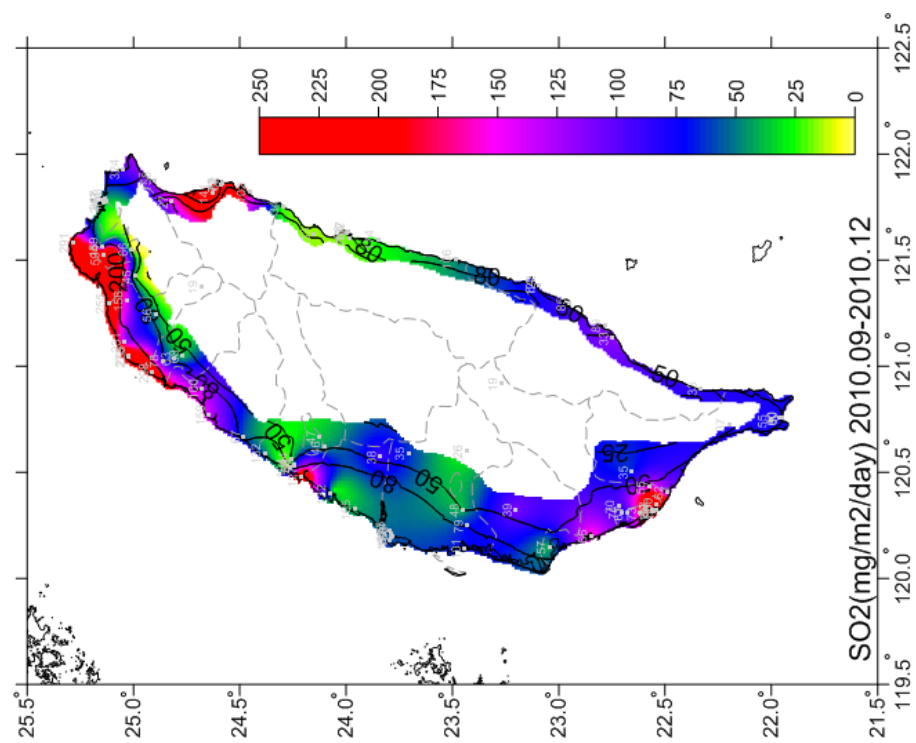


圖 4.7 2010.09-2010.12 SO₂ 沉積速率(mg/m²/day)

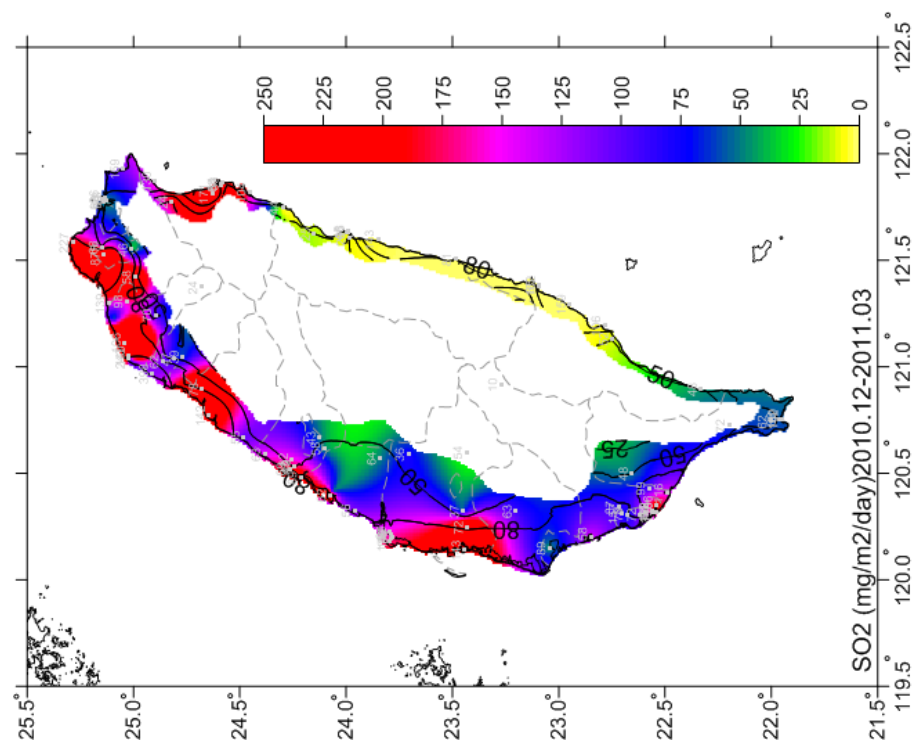


圖 4.8 2010.12-2011.03 SO₂ 沉積速率(mg/m²/day)

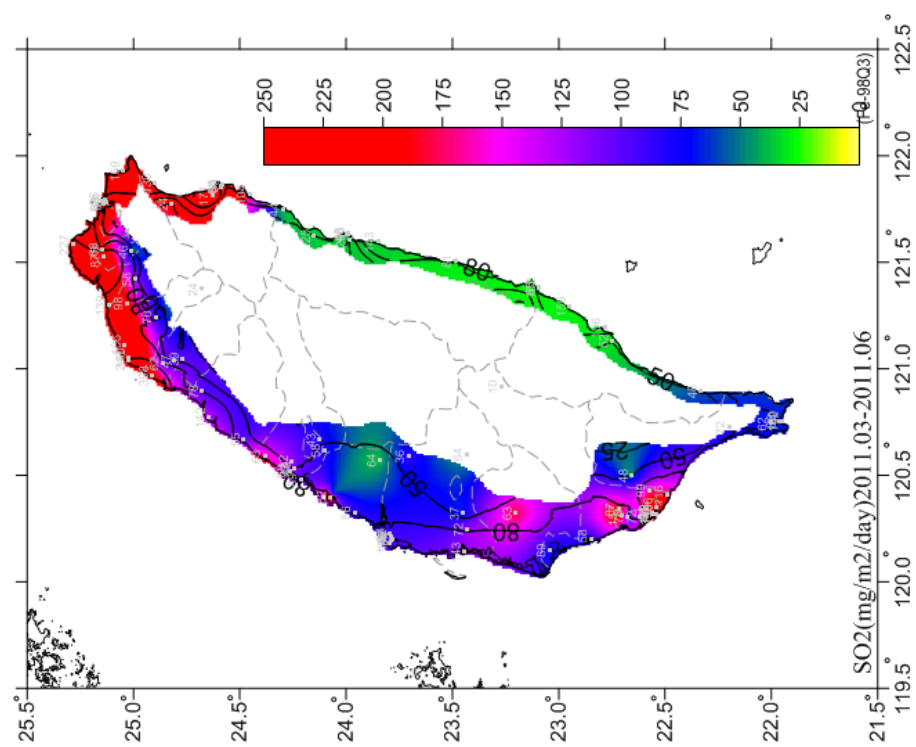


圖 4.9 2011.03-2011.06 SO₂ 沉積速率(mg/m²/day)

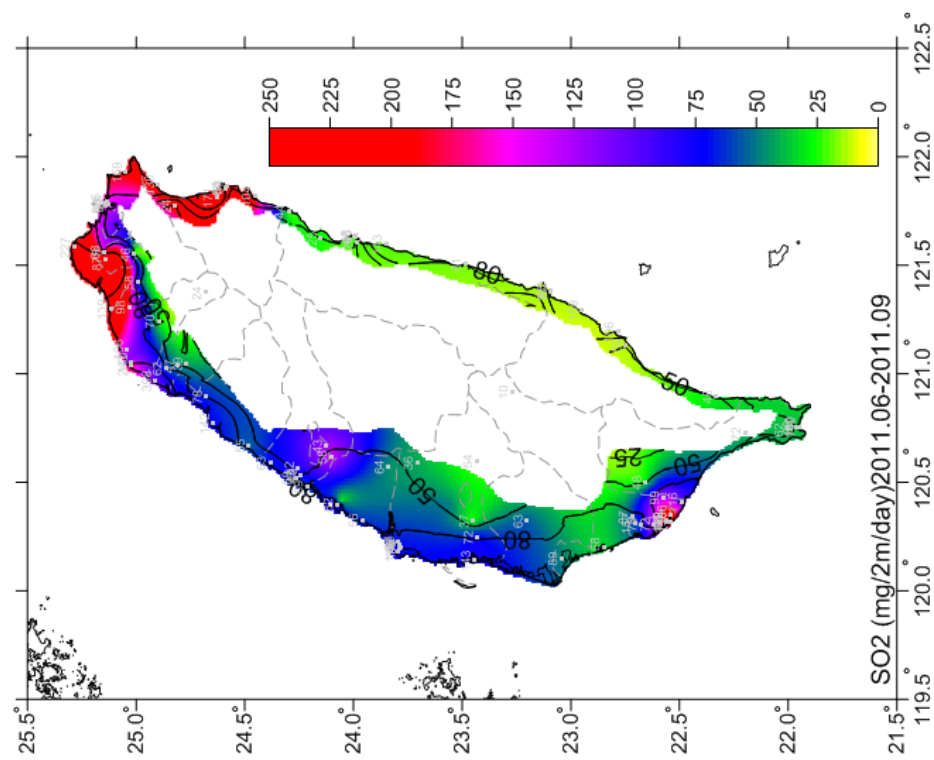


圖 4.10 2011.06-2011.09 SO₂ 沉積速率(mg/m²/day)

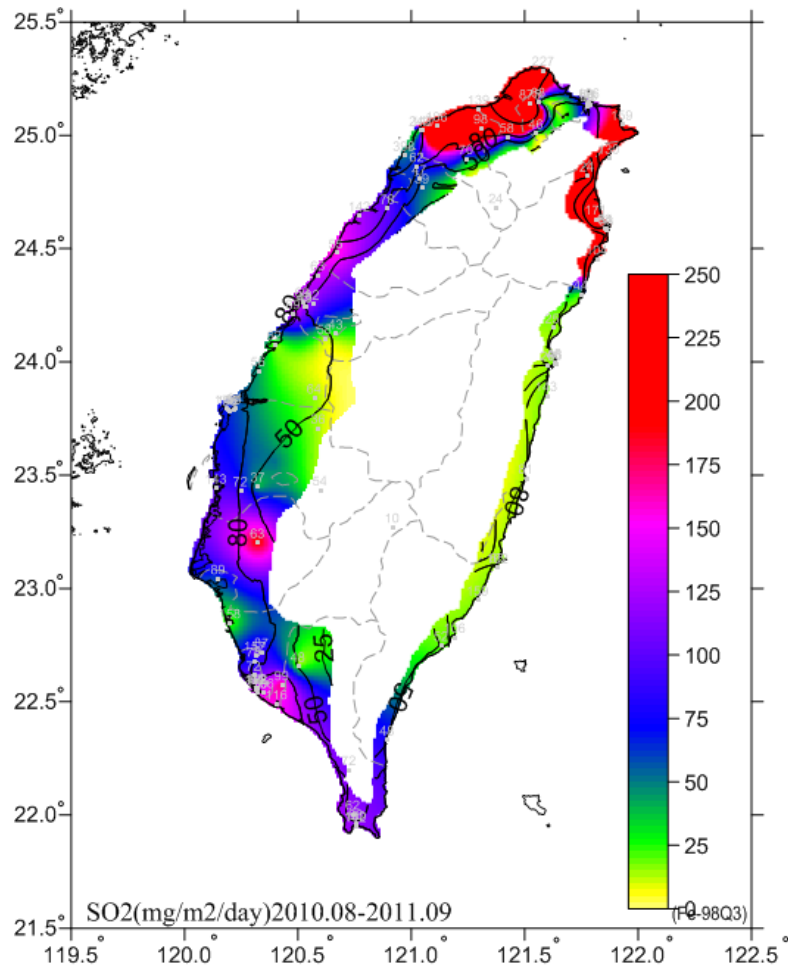


圖 4.11 2010.09-2011.09 SO₂ 沉積速率(mg/m²/day)

4.3 濕潤時間百分比

表 4-4 為各測點四次調查期間與一年期之濕潤時間百分比，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，圖 4.16 則為一年期之調查結果。

第一次調查期間 2010.09-2010.12，濕潤時間百分比(%)介於陽明山 78.02%及東石安檢所 23.21%之間，其餘介於 70%至 20%之間，分別為陽明山國家公園、阿里山、台塑六輕試驗線等地區。而濕潤時間較少

有彰濱工業區 29.98%、北橫巴陵 28.04 %、安平工業區 23.44%。

第二次調查期間 2010.12-2011.03，濕潤時間百分比介於陽明山國家公園 81.58%及豐樂工業區 6.63%之間，而濕潤時間大於 80%則有陽明山國家公園與陽明山硫磺區 81.58%，其餘介於 70%至 50%之間。分別為阿里山、平鎮工業區、臺北港監測站、桃園試驗線、新竹漁港、台塑六輕試驗線、新竹工業區、竹南工業區。而濕潤時間介於 20%以下則發生在東部花蓮試驗線 17.6%及伽蘭安檢所、尚武安檢所、豐樂工業區 6.63%。

第三次調查期間 2011.03-2011.06，濕潤時間百分比介於陽明山 76.27%及高鐵左營 14.45%之間，其餘介於 70%至 50%之間分別為新竹漁港、新竹工業區、平鎮工業區、臺北港監測站、蘇澳港試驗，而濕潤時間介於 20%以下則發生在南部高雄港試驗線 18.12%、安平工業區 16.03。濕潤時間最小發生在高鐵左營 14.45%。

第四次調查期間 2011.06-2011.09，濕潤時間百分比介於陽明山 69.85%及官田工業區 22.64%之間，其餘介於 70%至 50%之間則有新港安檢所、金樽安檢所、核三廠試驗線。而濕潤時間介於 20%附近則發生在臺中工業區、安平工業區、官田工業區而濕潤時間最小發生在成大水工所 22.64%。

一年調查期間 2010.07-2011.09，平均濕潤時間百分比介於陽明山國家公園 75.56%及東石安檢所 21.87%之間，而濕潤時間大於 80%則無任何地區。濕潤時間百分比大於 70%有陽明山國家公園及陽明山硫磺區 75.56%。其次介於 40%至 60%之間較大濕潤時間有台塑六輕試驗線、蘇澳港試驗線、桃園試驗線等地區。而濕潤時間介於 20%附近發生在安平工業區 21.92%、東石安檢所 21.87%及高鐵臺中站 26.94%。

表 4-4 各試驗點濕潤時間百分比調查表

單位：%

項次	試驗期間 試驗地點		2010.09- 2010.12	2010.12- 2011.3	2011.3- 2011.6	2011.6- 2011.9	2010.9- 2011.9
1	基隆試驗線 0m		43.75	48.93	47.82	31.01	41.70
2	基隆試驗線 100m		43.75	48.93	47.82	31.01	41.70
3	基隆試驗線 3Km		43.75	48.93	47.82	31.01	41.70
4	梗枋安檢所		42.67	48.00	49.71	29.55	40.40
5	龍德工業區		55.49	52.17	55.64	36.64	48.81
6	蘇澳港試驗線 0m		55.49	52.17	55.64	36.64	48.81
7	蘇澳港試驗線 100m		55.49	52.17	55.64	36.64	48.81
8	蘇澳港試驗線 300m		55.49	52.17	55.64	36.64	48.81
9	南澳安檢所		55.49	52.17	55.64	36.64	48.81
10	和平工業區		30.13	18.03	36.91	24.59	26.68
11	太魯閣國家公園		30.13	18.03	36.91	24.59	26.68
12	美崙工業區		30.27	17.89	36.91	24.59	26.66
13	花蓮港試驗線 0m		30.27	17.60	36.32	24.89	26.73
14	花蓮港試驗線 100m		30.27	17.60	36.32	24.89	26.73
15	花蓮港試驗線 300m		30.27	17.60	36.32	24.89	26.73
16	橄仔樹安檢所		30.27	17.60	36.32	24.89	26.73
17	石梯安檢所		30.27	17.60	36.32	24.89	26.73
18	成功試驗線 0m		48.67	34.10	59.07	68.96	50.49
19	金樽安檢所		48.67	34.10	59.07	68.96	50.49
20	伽蘭安檢所		33.29	6.63	38.04	36.97	28.34
21	豐樂工業區		33.29	6.63	38.04	36.97	28.34
22	尚武安檢所		33.24	6.63	38.04	36.97	28.34
23	核三廠試驗線 0m		40.06	17.86	30.21	58.37	37.39
24	核三廠試驗線 100m		40.06	17.86	30.21	58.37	37.39
25	核三廠試驗線 300m		40.06	17.86	30.21	58.37	37.39
26	核三廠試驗線 1Km		40.06	17.86	30.21	58.37	37.39
27	屏東工業區		37.06	19.69	18.03	40.42	29.03
28	中油林園廠		37.06	19.69	18.03	40.42	29.07
29	中鋼公司		37.06	19.69	18.03	40.34	28.83
30	鳳山工業區		37.06	19.69	18.03	40.34	28.83

項次	試驗期間 試驗地點	2010.09- 2010.12	2010.12- 2011.3	2011.3- 2011.6	2011.6- 2011.9	2010.9- 2011.9
31	大發工業區	37.06	19.69	18.03	40.42	29.03
32	高雄港試驗線 0m	36.79	19.39	18.12	40.56	28.75
33	高雄港試驗線 100m	36.79	19.39	18.12	40.56	28.75
34	高雄港試驗線 300m	36.79	19.39	18.12	40.56	28.75
35	高雄港試驗線 1Km	36.79	19.39	18.12	40.56	28.75
36	高雄港試驗線 3Km	36.79	19.39	18.12	40.56	28.75
37	高鐵左營站	34.61	19.99	14.45	38.85	28.43
38	高雄煉油廠	36.79	19.39	18.12	40.56	28.75
39	永安工業區	36.79	19.39	18.12	40.56	28.75
40	興達火力電廠	36.79	19.39	18.12	40.56	28.75
41	安平工業區	23.44	25.98	16.03	22.69	21.92
42	成大水工所	23.21	25.94	16.21	22.64	21.87
43	官田工業區	23.37	26.29	16.21	22.73	21.92
44	東石安檢所	23.21	25.94	16.21	22.64	21.87
45	朴子工業區	62.70	56.05	46.01	43.29	51.88
46	高鐵嘉義站	62.54	56.93	45.32	43.52	51.74
47	斗六工業區	64.60	56.06	46.85	42.21	52.46
48	台塑六輕試驗線 0m	62.70	56.05	46.01	43.73	51.83
49	台塑六輕試驗線 100m	62.70	56.05	46.01	43.73	51.83
50	台塑六輕試驗線 300m	62.70	56.05	46.01	43.73	51.83
51	台塑六輕試驗線 1Km	62.70	56.05	46.01	43.73	51.83
52	台塑六輕試驗線 3Km	62.70	56.05	46.01	43.73	51.83
53	王功安檢所	29.98	44.65	47.13	37.15	39.19
54	彰濱工業區	29.98	44.65	47.13	37.15	39.19
55	田中工業區	38.92	29.17	24.03	25.00	29.12
56	南崗工業區	38.75	29.47	24.21	23.26	29.01
57	大里工業區	38.75	29.47	24.21	23.26	29.01
58	高鐵臺中站	31.17	31.81	23.30	23.11	26.94
59	臺中工業區	42.75	29.47	24.21	23.26	28.10
60	關連工業區	30.03	44.65	47.13	37.15	39.23

項次	試驗期間 試驗地點	2010.09- 2010.12	2010.12- 2011.3	2011.3- 2011.6	2011.6- 2011.9	2010.9- 2011.9
61	臺中火力電廠	32.51	47.38	41.62	30.07	38.32
62	臺中港試驗線 0m	30.03	44.65	47.13	33.99	38.16
63	臺中港試驗線 100m	33.48	47.88	42.72	34.06	39.59
64	臺中港試驗線 1Km	32.42	49.03	43.12	34.43	38.61
65	五甲安檢所	32.72	43.59	47.13	36.56	39.32
66	通霄火力電廠	34.18	51.92	43.73	34.89	40.35
67	外埔安檢所	32.72	43.59	47.13	36.56	39.32
68	竹南工業區	38.52	61.83	61.81	38.44	49.39
69	頭份工業區	38.52	61.83	61.81	38.44	49.39
70	工研院	38.52	61.83	61.81	38.44	49.39
71	新竹工業區	38.52	61.83	61.81	38.44	49.39
72	平鎮工業區	40.31	72.92	60.56	33.02	49.51
73	桃園試驗線 0m	40.98	73.95	59.03	32.70	49.38
74	桃園試驗線 300m	54.04	63.77	58.10	42.22	53.07
75	桃園試驗線 1Km	54.04	63.77	58.10	42.22	53.07
76	陽明山國家公園	78.02	81.20	38.61	27.95	37.21
77	陽明山硫磺區	78.53	81.50	76.27	69.85	75.56
78	北橫巴陵	28.04	52.12	42.92	31.17	38.56
79	阿里山	75.67	75.92	38.27	27.64	37.63
80	臺北市區	47.96	49.84	38.10	27.95	37.21
81	東北角風景管理處	41.00	50.13	40.29	26.14	36.33
82	臺北港監測站	54.34	73.72	58.10	42.22	51.64
83	樹林工業區(服務中心)	47.96	51.12	38.10	27.24	37.11
84	平鎮工業區(服務中心)	53.91	64.32	58.38	42.14	53.19
85	觀音工業區(服務中心)	54.04	63.77	58.10	42.22	53.07
86	永安安檢所	40.82	75.87	59.92	32.70	49.38
87	新竹漁港	38.52	61.83	61.81	38.44	49.39

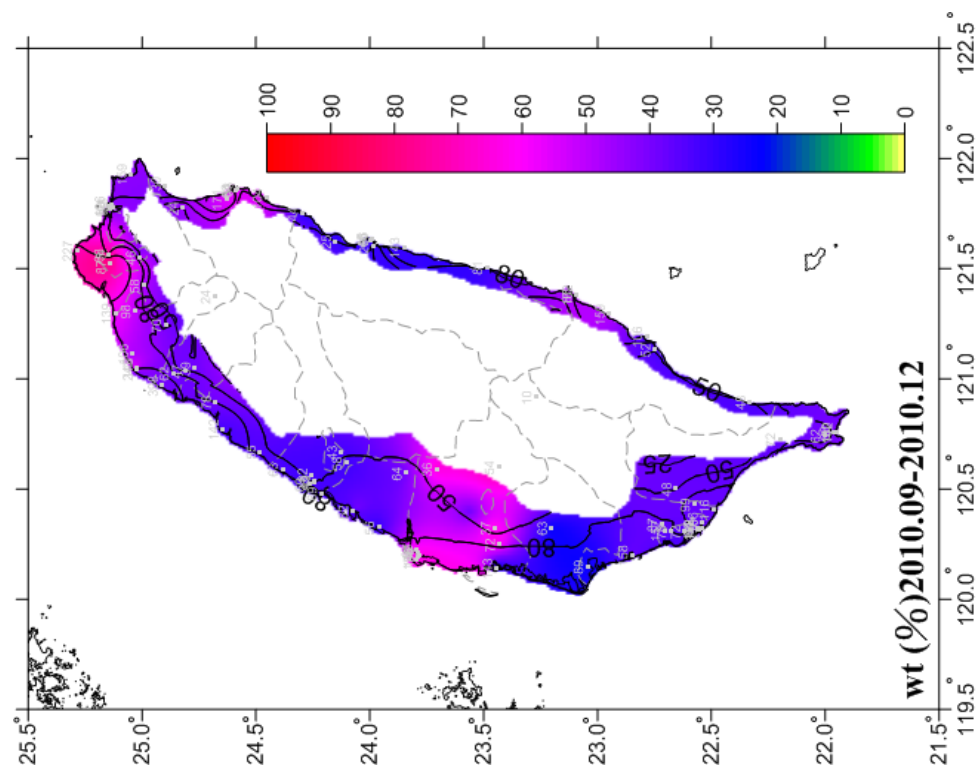


圖 4.12 2010.09-2010.12 濕潤時間百分比

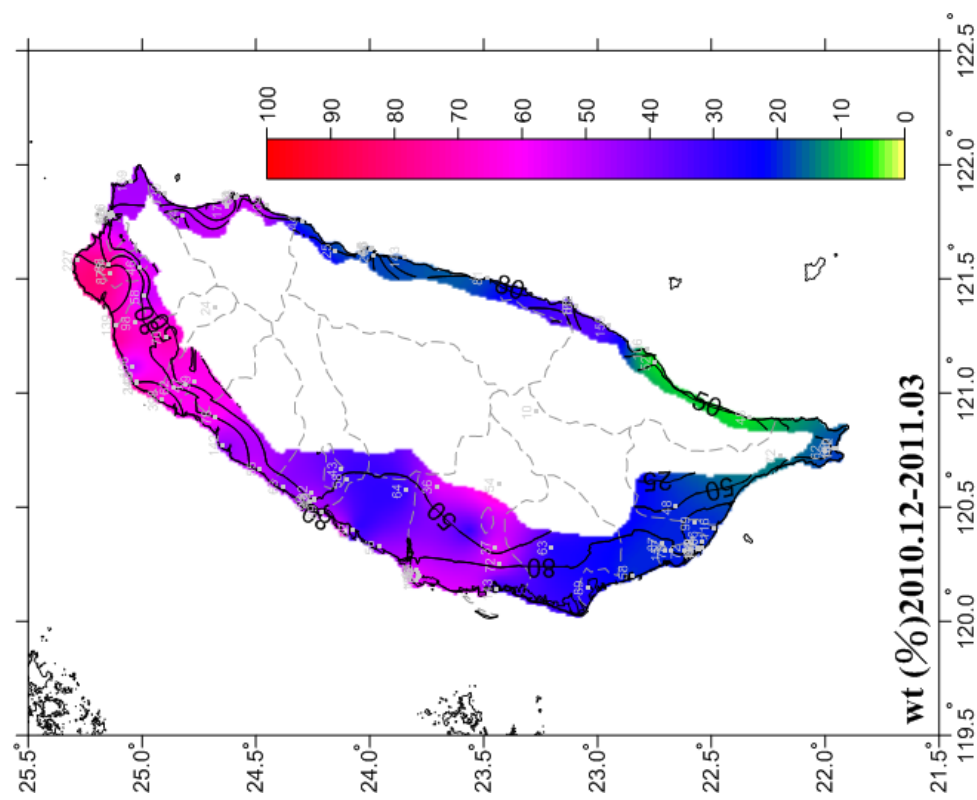


圖 4.13 2010.12-2011.03 濕潤時間百分比

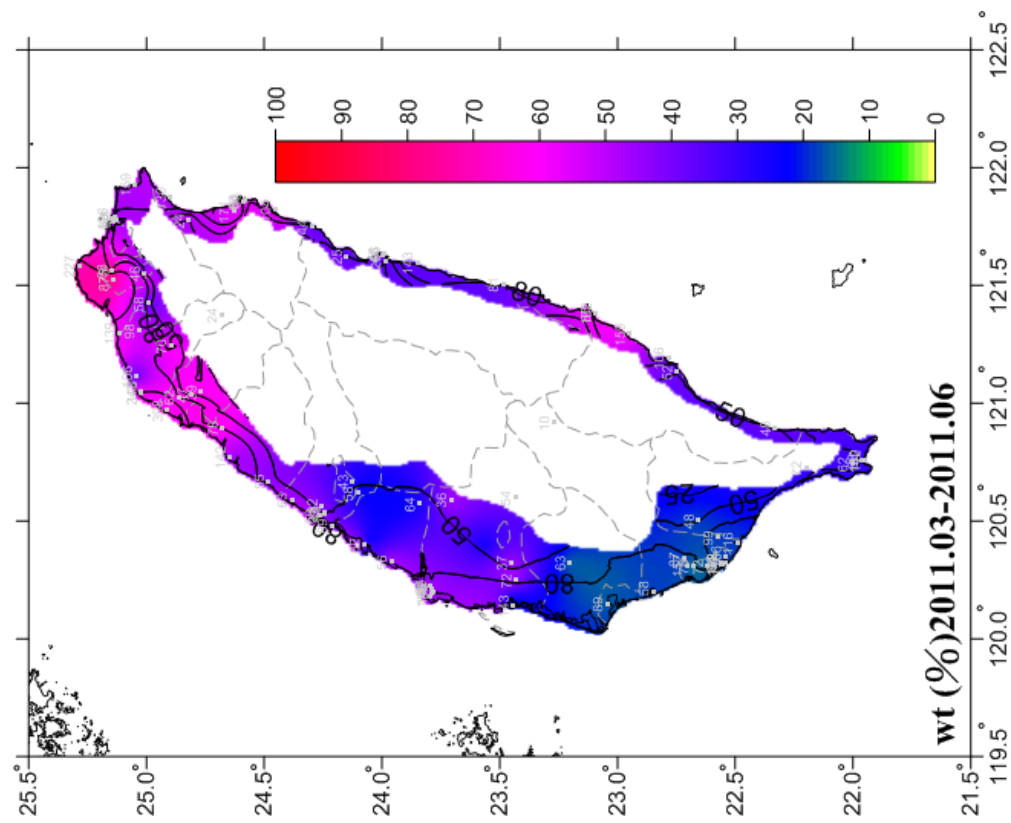


圖 4.14 2011.03-2011.06 濕潤時間百分比

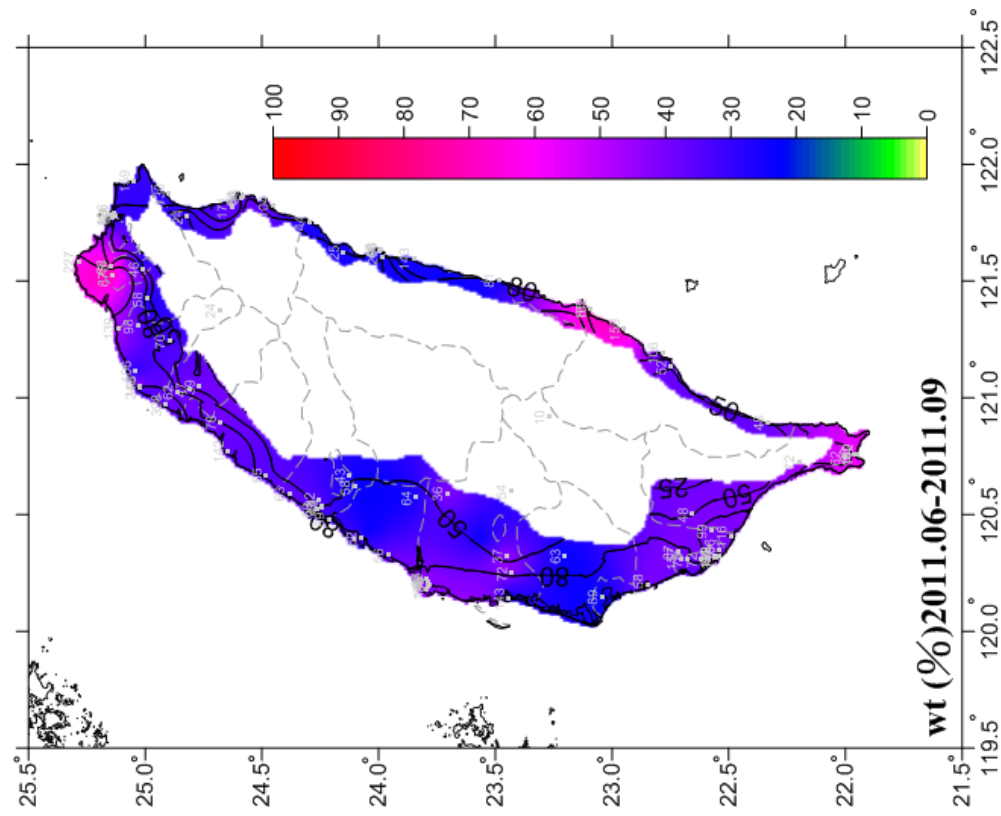


圖 4.15 2011.06-2011.09 濕潤時間百分比

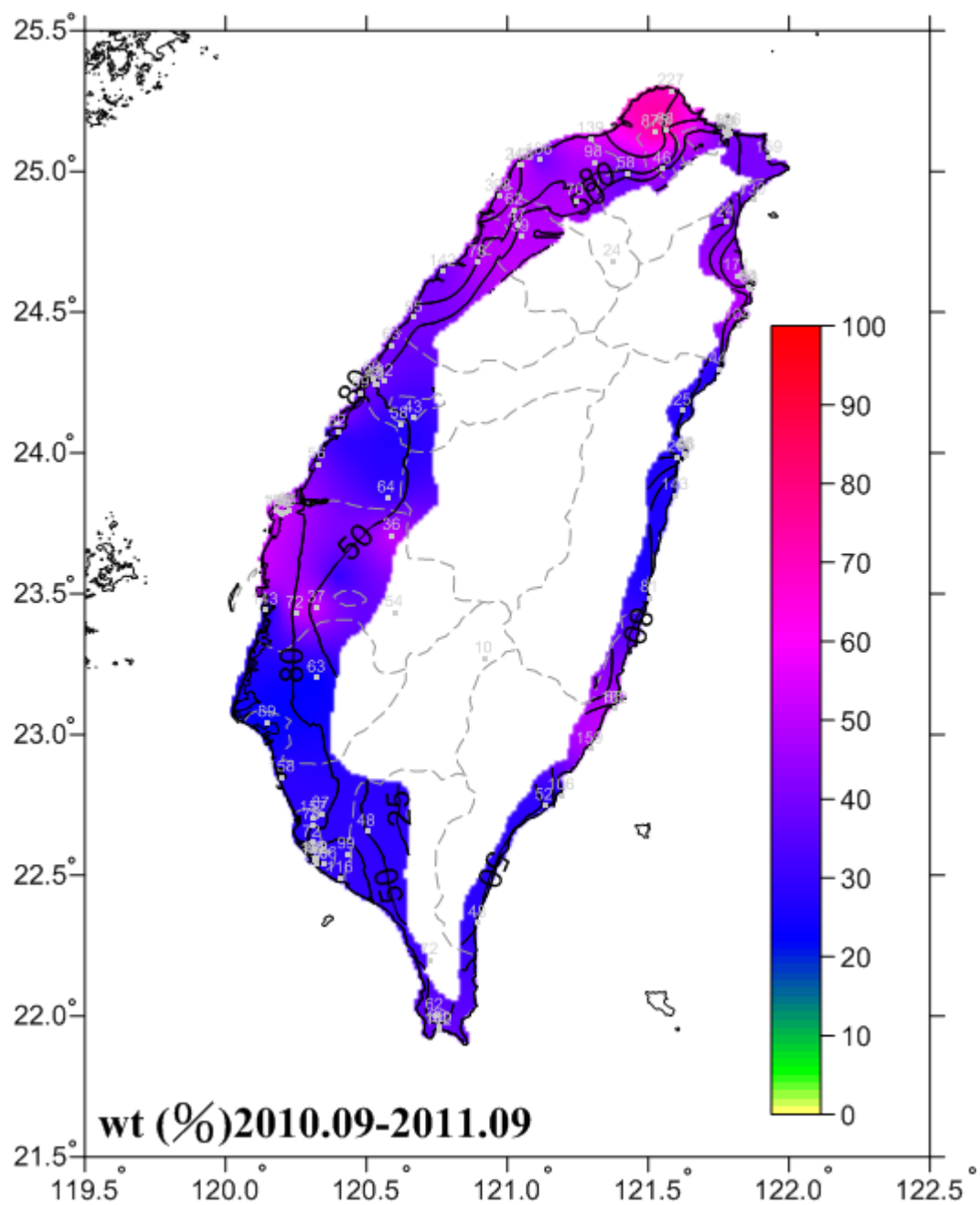


圖 4.16 2010.09-2011.09 一年期濕潤時間百分比等位圖

4.4 腐蝕因子環境分類

表 4-5 試驗點之大氣腐蝕環境分類表(依環境因子分析)(2010.09-2011.09)

項次	試驗地點	濕度時間分類	氯鹽沉積速率分類	SO ₂ 沉積速率分類	碳鋼腐蝕環境分類	鋅與銅腐蝕環境分類	鋁腐蝕環境分類
1	基隆港試驗線 0m	τ 4	S1	P0	C3	C3	C3
2	基隆港試驗線 100m	τ 4	S1	P0	C3	C3	C3
3	基隆港試驗線 3km	τ 4	S0	P1	C3	C3	C3
4	梗枋安檢所	τ 4	S1	P0	C3	C3	C3
5	龍德工業區	τ 4	S0	P3+	C5	C4orC5	C4orC5
6	蘇澳港試驗線 0m	τ 4	S0	P0	C3	C3	C3
7	蘇澳港試驗線 100m	τ 4	S0	P0	C3	C3	C3
8	蘇澳港試驗線 300m	τ 4	S0	P0	C3	C3	C3
9	南澳安檢所	τ 4	S0	P0	C3	C3	C3
10	和平工業區	τ 3	S0	P1	C2orC3	C3	C3
11	太魯閣國家公園管理處	τ 3	S0	P1	C2orC3	C3	C3
12	美崙工業區	τ 3	S0	P1	C2orC3	C3	C3
13	花蓮港試驗線 0m	τ 3	S1	P0	C2orC3	C3	C3
14	花蓮港試驗線 100m	τ 3	S0	P0	C2orC3	C3	C3
15	花蓮港試驗線 300m	τ 3	S0	P0	C2orC3	C3	C3
16	橄仔樹安檢所	τ 4	S1	P0	C3	C3	C3
17	石梯安檢所	τ 3	S1	P0	C2orC3	C3	C3
18	新港安檢所(成功)	τ 5	S1	P0	C3orC4	C3orC4	C4
19	金樽安檢所(東河)	τ 4	S1	P0	C3	C3	C3
20	伽蘭安檢所(富岡)	τ 3	S1	P0	C2orC3	C3	C3
21	豐樂工業區	τ 3	S0	P1	C2orC3	C3	C3
22	尚武安檢所	τ 5	S3+	P0	C5	C5	C5
23	核三廠試驗線 0M	τ 4	S1	P0	C3	C3	C3
24	核三廠試驗線 100M	τ 4	S0	P0	C3	C3	C3
25	核三廠試驗線 300M	τ 4	S0	P0	C3	C3	C3
26	核三廠試驗線 1KM	τ 4	S0	P0	C3	C3	C3
27	屏東工業區	τ 3	S0	P1	C2orC3	C3	C3
28	中油林園廠	τ 3	S0	P3	C4	C3	C3orC4

項次	試驗地點	濕度時間分類	氯鹽沉積速率分類	SO ₂ 沉積速率分類	碳鋼腐蝕環境分類	鋅與銅腐蝕環境分類	鋁腐蝕環境分類
29	中鋼公司	τ 3	S0	P3+	C4	C3	C3orC4
30	鳳山工業區	τ 3	S0	P3+	C4	C3	C3orC4
31	大發工業區	τ 3	S0	P3	C4	C3	C3orC4
32	高雄港試驗線 0m	τ 3	S0	P0	C2orC3	C3	C3
33	高雄港試驗線 100m	τ 3	S0	P0	C2orC3	C3	C3
34	高雄港試驗線 300m	τ 3	S0	P0	C2orC3	C3	C3
35	高雄港試驗線 1km	τ 3	S0	P0	C2orC3	C3	C3
36	高雄港試驗線 3km	τ 3	S0	P0	C2orC3	C3	C3
37	高鐵左營站	τ 3	S0	P2	C3orC4	C3	C3
38	高雄煉油廠	τ 3	S0	P3	C4	C3	C3orC4
39	永安工業區	τ 3	S0	P3	C4	C3	C3orC4
40	興達火力電廠	τ 3	S0	P1	C2orC3	C3	C3
41	安平工業區	τ 3	S0	P3	C4	C3	C3orC4
42	成大水工所	τ 3	S0	P2	C3orC4	C3	C3
43	官田工業區	τ 3	S0	P3	C4	C3	C3orC4
44	東石安檢所	τ 3	S0	P0	C2orC3	C3	C3
45	朴子工業區	τ 4	S0	P3	C5	C4orC5	C4orC5
46	高鐵嘉義站	τ 4	S0	P2	C4	C3orC4	C3orC4
47	斗六工業區	τ 4	S0	P0	C3	C3	C3
48	台塑六輕試驗線 0m	τ 4	S1	P0	C3	C3	C3
49	台塑六輕試驗線 100m	τ 4	S1	P0	C3	C3	C3
50	台塑六輕試驗線 300m	τ 4	S1	P0	C3	C3	C3
51	台塑六輕試驗線 1km	τ 4	S0	P0	C3	C3	C3
52	台塑六輕試驗線 3km	τ 4	S0	P0	C3	C3	C3
53	王功安檢所	τ 4	S0	P0	C3	C3	C3
54	彰濱工業區	τ 4	S1	P1	C3	C3	C3
55	田中工業區	τ 3	S0	P1	C2orC3	C3	C3
56	南崗工業區	τ 3	S0	P2	C3orC4	C3	C3
57	大里工業區	τ 3	S0	P3+	C4	C3	C3orC4
58	高鐵臺中站	τ 3	S0	P1	C2orC3	C3	C3

項次	試驗地點	濕度時間分類	氯鹽沉積速率分類	SO ₂ 沉積速率分類	碳鋼腐蝕環境分類	鋅與銅腐蝕環境分類	鋁腐蝕環境分類
59	臺中工業區	τ 3	S0	P2	C3orC4	C3	C3
60	關聯工業區	τ 4	S0	P3	C5	C4orC5	C4orC5
61	臺中火力電廠	τ 4	S1	P3	C5	C4orC5	C4orC5
62	臺中港試驗線 0m	τ 4	S1	P0	C3	C3	C3
63	臺中港試驗線 100m	τ 4	S1	P2	C4	C3orC4	C3orC4
64	臺中港試驗線 1km	τ 4	S1	P0	C3	C3	C3
65	五甲安檢所	τ 4	S1	P0	C3	C3	C3
66	通霄火力電廠	τ 4	S1	P3	C5	C4orC5	C4orC5
67	外埔安檢所	τ 4	S1	P0	C3	C3	C3
68	竹南工業區	τ 4	S0	P3	C5	C4orC5	C4orC5
69	頭份工業區	τ 4	S0	P3	C5	C4orC5	C4orC5
70	工研院	τ 4	S0	P2	C4	C3orC4	C3orC4
71	新竹工業區	τ 4	S0	P2	C4	C3orC4	C3orC4
72	平鎮工業區	τ 4	S0	P2	C4	C3orC4	C3orC4
73	桃園試驗線 0m	τ 4	S1	P1	C3	C3	C3
74	桃園試驗線 300m	τ 4	S1	P3	C5	C4orC5	C4orC5
75	臺北市	τ 4	S0	P1	C3	C3	C3
76	陽明山國家公園管理處	τ 4	S0	P1	C3	C3	C3
77	陽明山硫磺區	τ 5	S0	P3+	C5	C5	C5
78	北橫巴陵	τ 5	S0	P0	C3orC4	C3orC4	C4
79	阿里山	τ 4	S0	P0	C3	C3	C3
80	桃園試驗線 1km	τ 3	S0	P3	C4	C3	C3orC4
81	東北角風景管理處	τ 4	S1	P1	C3	C3	C3
82	臺北港監測站	τ 4	S0	P0	C3	C3	C3
83	樹林工業區(服務中心)	τ 4	S0	P3	C5	C4orC5	C4orC5
84	平鎮工業區(服務中心)	τ 4	S0	P3+	C5	C4orC5	C4orC5
85	觀音工業區(服務中心)	τ 4	S0	P3+	C5	C4orC5	C4orC5
86	永安安檢所	τ 4	S1	P2	C4	C3orC4	C3orC4
87	新竹漁港	τ 4	S1	P0	C3	C3	C3

4.5 現地暴露試驗結果

今彙整四次採樣與一年期之各金屬之腐蝕速率計算結果，如表 4-6 至表 4-9 所示。

第一次調查期間 2010.09-2010.12，秋季期間，碳鋼金屬大氣腐蝕速率介於 $12.05\mu\text{m}/\text{yr}$ (北橫巴陵)至 $885.75\mu\text{m}/\text{yr}$ (陽明山硫磺區)之間；其他依序以 $728.18\mu\text{m}/\text{yr}$ (龍德工業區)、及 $703.06\mu\text{m}/\text{yr}$ (臺中火力電廠)、 $649.05\mu\text{m}/\text{yr}$ (基隆港試驗線 100m)試片腐蝕速率較大。針對鋅金屬介於 $1.27\mu\text{m}/\text{yr}$ (太魯閣國家公園管理處)至 $66.78\mu\text{m}/\text{yr}$ (成功安檢所)之間；銅金屬介於 $1.18\mu\text{m}/\text{yr}$ (北橫巴陵)至 $70.31\mu\text{m}/\text{yr}$ (陽明山硫磺區)之間；而鋁金屬則介於 2.17 (官田工業區)至 $64.13\text{ g}/\text{m}^2/\text{yr}$ (王功安檢所)之間。

第二次調查期間 2010.12-2011.03，冬季期間，碳鋼金屬大氣腐蝕速率介於 $14.89\mu\text{m}/\text{yr}$ (北橫巴陵)至 $500.87\mu\text{m}/\text{yr}$ (陽明山硫磺區)之間；鋅金屬介於 $0.11\mu\text{m}/\text{yr}$ (竹南工業區)至 $47.71\mu\text{m}/\text{yr}$ (成大水工所)之間；銅金屬介於 $0.77\mu\text{m}/\text{yr}$ (斗六工業區)至 $94.77\mu\text{m}/\text{yr}$ (陽明山硫磺區)之間；而鋁金屬則介於 $0.2\text{g}/\text{m}^2/\text{yr}$ (北橫巴陵)至 $51.81\text{ g}/\text{m}^2/\text{yr}$ (台塑六輕試驗線 1km)之間。

第三次調查期間 2011.03-2011.06，春季期間，碳鋼金屬大氣腐蝕速率介於 $17.47\mu\text{m}/\text{yr}$ (臺中火力電廠)至 $499.74\mu\text{m}/\text{yr}$ (陽明山硫磺區)之間；鋅金屬介於 $0.42\mu\text{m}/\text{yr}$ (新竹漁港)至 $39.89\mu\text{m}/\text{yr}$ (臺中火力電廠)之間；銅金屬介於 $1.09\mu\text{m}/\text{yr}$ (北橫巴陵)至 $80.73\mu\text{m}/\text{yr}$ (陽明山硫磺區)之間；而鋁金屬則介於 $0.95\text{g}/\text{m}^2/\text{yr}$ (官田工業區)至 $38.73\text{g}/\text{m}^2/\text{yr}$ (台塑六輕試驗線 100m)之間。

第四次調查期間 2011.06-2011.09，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 $0.17\mu\text{m}/\text{yr}$ (蘇澳港試驗線 0m)至 $27.5\mu\text{m}/\text{yr}$ (新竹漁港)之間；銅金屬介於 $1.97\mu\text{m}/\text{yr}$ (斗六工業區)至 $72.4\mu\text{m}/\text{yr}$ (陽明山硫磺區)之間；而鋁金屬則介於 $0.17\text{ g}/\text{m}^2/\text{yr}$ (斗六工業區)至 $32.27\text{g}/\text{m}^2/\text{yr}$ (新竹漁港)之間。

至於一年期暴露試驗 2010.09-2011.09 金屬的腐蝕速率，碳鋼金屬大氣腐蝕速率介於 14.69 $\mu\text{m}/\text{yr}$ (高鐵臺中站)到 584.92 $\mu\text{m}/\text{yr}$ (陽明山硫磺區)之間；鋅金屬介於 0.81 $\mu\text{m}/\text{yr}$ (永安工業區)至 29.99 $\mu\text{m}/\text{yr}$ (桃園試驗線 0m)之間；銅金屬介於 0.52 $\mu\text{m}/\text{yr}$ (北橫巴陵)至 64.75 $\mu\text{m}/\text{yr}$ (陽明山硫磺區)之間；而鋁金屬則介於 0.38 $\text{g}/\text{m}^2/\text{yr}$ (臺北市)至 44.49 $\text{g}/\text{m}^2/\text{yr}$ (台塑六輕試驗線 3km)之間。

表 4-6 碳鋼之腐蝕速率表

單位：μm/yr

項次	試驗地點	試驗期間				
		2010.09- 2010.12	2010.12- 2011.3	2011.3- 2011.6	2011.6- 2011.9	2010.9- 2011.9
1	基隆港試驗線 0m	360.82	341.62	146.50	73.42	159.70
2	基隆港試驗線 100m	649.05	446.92	256.47	154.31	284.80
3	基隆港試驗線 3km	233.37	233.43	129.63	75.49	121.82
4	梗枋安檢所	337.48	259.43	193.09	157.84	110.84
5	龍德工業區	728.18	115.27	326.38	258.50	255.61
6	蘇澳港試驗線 0m	145.33	163.72	131.24	62.81	65.87
7	蘇澳港試驗線 100m	153.62	153.37	144.81	65.49	72.84
8	蘇澳港試驗線 300m	136.67	141.51	112.50	56.88	61.95
9	南澳安檢所	152.41	144.56	115.24	110.91	72.33
10	和平工業區	64.45	88.09	84.77	57.98	33.51
11	太魯閣國家公園管理處	64.80	-	88.13	59.43	39.28
12	美崙工業區	116.54	132.77	123.91	41.18	54.62
13	花蓮港試驗線 0m	204.08	81.75	174.13	138.31	81.52
14	花蓮港試驗線 100m	142.01	87.88	153.87	80.94	58.19
15	花蓮港試驗線 300m	142.93	77.64	136.49	51.62	48.30
16	橄仔樹安檢所	289.95	214.72	260.93	153.83	275.94
17	石梯安檢所	148.89	119.55	166.55	81.29	73.76
18	新港安檢所(成功)	191.00	93.01	154.57	110.09	112.11
19	金樽安檢所(東河)	-	82.93	219.90	146.39	93.10
20	伽蘭安檢所(富岡)	201.28	70.96	154.61	109.75	111.35
21	豐樂工業區	53.10	64.00	42.83	50.86	37.13
22	尚武安檢所	107.66	70.57	71.04	-	-
23	核三廠試驗線 0M	262.81	76.02	90.38	117.40	126.69
24	核三廠試驗線 100M	171.21	67.84	69.35	81.24	67.87
25	核三廠試驗線 300M	180.08	90.18	90.10	90.23	73.13
26	核三廠試驗線 1KM	148.89	56.27	66.00	77.16	60.73
27	屏東工業區	63.02	27.25	42.79	86.04	35.43
28	中油林園廠	125.93	47.48	99.45	124.14	64.16
29	中鋼公司	170.80	59.95	110.65	201.58	93.69
30	鳳山工業區	82.73	49.27	96.66	101.32	47.72
31	大發工業區	149.83	69.15	111.06	145.38	55.84
32	高雄港試驗線 0m	134.47	58.31	117.39	186.82	-
33	高雄港試驗線 100m	99.85	53.20	90.07	133.24	67.19
34	高雄港試驗線 300m	110.36	62.44	132.71	139.20	65.04

項次	試驗期間 試驗地點	2010.09- 2010.12	2010.12- 2011.3	2011.3- 2011.6	2011.6- 2011.9	2010.9- 2011.9
35	高雄港試驗線 1km	97.94	46.68	101.41	171.04	52.46
36	高雄港試驗線 3km	94.53	31.43	94.82	102.94	48.37
37	高鐵左營站	67.08	42.33	63.84	69.63	39.90
38	高雄煉油廠	87.33	47.28	85.70	153.08	45.61
39	永安工業區	122.06	72.08	117.28	137.94	57.79
40	興達火力電廠	136.14	86.06	111.51	150.99	78.80
41	安平工業區	103.34	81.99	87.38	-	56.49
42	成大水工所	94.77	82.77	77.99	90.00	49.30
43	官田工業區	78.71	95.80	95.59	71.27	47.52
44	東石安檢所	150.27	133.33	122.07	165.43	94.40
45	朴子工業區	140.76	119.29	104.33	106.65	67.08
46	高鐵嘉義站	75.30	78.27	67.84	60.33	45.87
47	斗六工業區	26.39	32.42	67.07	53.85	37.95
48	台塑六輕試驗線 0m	468.48	307.48	492.43	155.54	189.21
49	台塑六輕試驗線 100m	436.99	313.53	416.26	122.00	168.95
50	台塑六輕試驗線 300m	414.45	296.72	264.30	96.44	152.58
51	台塑六輕試驗線 1km	-	243.73	281.11	58.60	162.03
52	台塑六輕試驗線 3km	419.98	272.38	277.66	103.93	168.42
53	王功安檢所	254.93	198.63	277.46	146.23	181.98
54	彰濱工業區	275.55	233.39	406.38	158.46	170.81
55	田中工業區	81.04	55.70	123.39	76.47	28.99
56	南崗工業區	75.46	138.16	82.35	61.17	38.41
57	大里工業區	65.90	52.48	58.56	49.88	34.79
58	高鐵臺中站	68.19	45.17	96.48	125.66	14.69
59	臺中工業區	253.99	82.99	86.31	62.15	47.23
60	關聯工業區	59.19	127.56	161.10	97.53	81.09
61	臺中火力電廠	703.10	181.52	17.47	80.04	137.89
62	臺中港試驗線 0m	223.70	183.06	178.62	156.2	-
63	臺中港試驗線 100m	165.38	118.76	164.65	88.29	86.48
64	臺中港試驗線 1km	137.30	136.38	138.24	88.07	77.86
65	五甲安檢所	205.40	242.17	273.31	167.39	119.71
66	通霄火力電廠	237.70	248.30	212.65	138.67	103.92
67	外埔安檢所	271.30	243.65	470.37	161.29	177.55
68	竹南工業區	111.01	119.27	203.74	93.41	78.57

項次	試驗期間 試驗地點	2010.09- 2010.12	2010.12- 2011.3	2011.3- 2011.6	2011.6- 2011.9	2010.9- 2011.9
69	頭份工業區	184.20	137.52	61.62	91.29	65.87
70	工研院	89.90	94.19	142.26	59.21	53.99
71	新竹工業區	100.90	121.53	163.71	63.09	56.76
72	平鎮工業區	113.40	158.56	147.14	54.98	66.80
73	桃園試驗線 0m	473.30	220.96	365.24	254.68	205.12
74	桃園試驗線 300m	275.90	244.69	209.99	167.47	133.83
75	臺北市	115.25	117.35	77.70	53.31	49.26
76	陽明山國家公園管理處	351.62	353.91	239.53	118.57	212.72
77	陽明山硫磺區	885.75	500.87	499.74	793.34	584.92
78	北橫巴陵	12.05	14.89	48.27	7.85	19.25
79	阿里山	20.67	29.37	38.93	23.81	22.06
80	桃園試驗線 1km	323.45	323.63	209.79	-	139.21
81	東北角風景管理處	376.38	477.56	317.66	103.88	233.17
82	臺北港監測站	118.01	149.32	135.95	61.51	67.09
83	樹林工業區(服務中心)	102.18	116.70	177.49	88.03	68.90
84	平鎮工業區(服務中心)	202.41	241.68	130.42	63.33	77.79
85	觀音工業區(服務中心)	343.67	321.99	182.87	68.64	83.12
86	永安安檢所	369.48	288.70	212.29	235.46	99.10
87	新竹漁港	271.28	189.18	336.76	320.26	210.33

註：- 表示試片遺失

表 4-7 鋅之腐蝕速率表

單位：μm/yr

項次	試驗地點 試驗期間	2010.09- 2010.12	2010.12- 2011.3	2011.3- 2011.6	2011.6- 2011.9	2010.9- 2011.9
1	基隆港試驗線 0m	9.13	15.88	9.64	5.42	5.26
2	基隆港試驗線 100m	21.51	21.52	3.44	8.13	4.84
3	基隆港試驗線 3km	22.32	20.89	10.22	5.80	2.27
4	梗枋安檢所	9.92	11.94	4.11	9.34	4.90
5	龍德工業區	6.64	6.18	6.60	6.35	3.86
6	蘇澳港試驗線 0m	4.12	6.77	5.15	0.17	2.22
7	蘇澳港試驗線 100m	3.55	6.64	4.00	6.28	3.02
8	蘇澳港試驗線 300m	2.48	7.40	3.91	6.36	2.89
9	南澳安檢所	4.72	5.11	4.08	6.67	3.51
10	和平工業區	2.55	4.02	2.75	4.23	2.32
11	太魯閣國家公園管理處	1.27	5.59	4.29	5.72	2.80
12	美崙工業區	7.55	4.82	4.38	6.39	3.70
13	花蓮港試驗線 0m	35.12	5.54	5.79	10.53	3.96
14	花蓮港試驗線 100m	-	4.81	6.05	4.75	3.50
15	花蓮港試驗線 300m	28.77	5.83	4.87	5.42	3.05
16	橄仔樹安檢所	29.84	15.70	5.40	9.61	9.37
17	石梯安檢所	30.88	5.22	3.46	6.55	2.86
18	新港安檢所(成功)	66.78	16.58	6.49	7.02	4.84
19	金樽安檢所(東河)	38.26	13.63	5.67	10.34	2.95
20	伽蘭安檢所(富岡)	28.31	14.25	4.77	6.41	5.87
21	豐樂工業區	18.70	10.06	3.06	6.38	2.51
22	尚武安檢所	16.13	5.60	4.32	-	-
23	核三廠試驗線 0M	25.84	5.51	4.04	-	-
24	核三廠試驗線 100M	37.15	3.92	3.84	6.72	2.87
25	核三廠試驗線 300M	19.32	4.61	4.38	6.59	2.83
26	核三廠試驗線 1KM	25.68	26.48	4.65	4.41	3.61
27	屏東工業區	9.73	6.72	2.96	9.64	3.43
28	中油林園廠	30.08	10.19	2.89	-	3.91
29	中鋼公司	23.78	9.74	3.83	-	4.40
30	鳳山工業區	2.47	6.55	2.49	6.24	2.63
31	大發工業區	4.77	9.08	3.81	7.76	3.77
32	高雄港試驗線 0m	3.87	5.50	3.24	-	-
33	高雄港試驗線 100m	4.14	9.79	36.01	6.83	3.00
34	高雄港試驗線 300m	5.22	10.75	4.80	6.14	3.56

項次	試驗期間 試驗地點		2010.09- 2010.12	2010.12- 2011.3	2011.3- 2011.6	2011.6- 2011.9	2010.9- 2011.9
35	高雄港試驗線 1km		2.61	7.01	3.20	7.36	2.90
36	高雄港試驗線 3km		1.73	8.40	2.68	5.31	2.72
37	高鐵左營站		3.49	13.01	8.12	4.63	2.41
38	高雄煉油廠		3.50	10.25	3.90	19.07	3.88
39	永安工業區		4.32	4.10	-	2.88	0.81
40	興達火力電廠		13.96	14.96	5.99	8.62	3.35
41	安平工業區		11.66	13.47	5.50	8.80	2.13
42	成大水工所		9.80	47.71	5.26	8.56	2.57
43	官田工業區		14.99	14.88	3.49	7.60	3.57
44	東石安檢所		27.08	15.26	4.26	8.11	3.23
45	朴子工業區		35.41	19.05	4.25	7.15	2.27
46	高鐵嘉義站		17.63	20.15	9.74	4.55	2.10
47	斗六工業區		12.65	10.22	8.75	5.79	-
48	台塑六輕試驗線 0m		22.92	11.45	7.35	7.49	7.04
49	台塑六輕試驗線 100m		11.45	9.68	6.26	8.35	7.66
50	台塑六輕試驗線 300m		9.98	11.90	6.47	7.45	5.89
51	台塑六輕試驗線 1km		-	1.77	7.46	8.27	7.97
52	台塑六輕試驗線 3km		6.64	10.18	6.88	9.16	6.43
53	王功安檢所		2.52	14.40	5.71	9.43	8.32
54	彰濱工業區		9.15	30.17	10.64	7.13	17.41
55	田中工業區		9.52	19.17	6.83	5.97	5.08
56	南崗工業區		27.61	11.56	7.35	6.48	2.29
57	大里工業區		2.87	6.36	5.28	3.97	2.87
58	高鐵臺中站		-	7.41	7.04	-	3.29
59	臺中工業區		3.61	3.36	7.50	5.15	4.48
60	關聯工業區		5.01	7.50	6.59	7.73	5.25
61	臺中火力電廠		12.95	8.45	39.89	7.26	6.80
62	臺中港試驗線 0m		29.85	38.05	8.63	8.40	15.7
63	臺中港試驗線 100m		31.67	3.73	11.81	8.80	6.38
64	臺中港試驗線 1km		22.98	13.62	9.91	6.28	4.74
65	五甲安檢所		15.52	14.10	0.96	15.78	6.75
66	通霄火力電廠		15.65	11.36	5.48	12.08	6.63
67	外埔安檢所		33.74	27.38	2.35	14.08	19.25
68	竹南工業區		6.29	0.11	6.43	7.43	1.61
69	頭份工業區		39.11	20.20	7.36	7.71	8.23
70	工研院		2.40	15.42	6.71	8.03	3.56

項次	試驗期間	2010.09- 2010.12	2010.12- 2011.3	2011.3- 2011.6	2011.6- 2011.9	2010.9- 2011.9
	試驗地點					
71	新竹工業區	-	7.46	10.35	8.05	3.45
72	平鎮工業區	2.42	10.59	37.78	3.74	3.55
73	桃園試驗線 0m	-	15.89	11.74	20.39	29.99
74	桃園試驗線 300m	65.13	20.82	7.31	10.86	5.63
75	臺北市	11.17	15.31	8.37	4.61	2.77
76	陽明山國家公園管理處	23.50	20.60	7.66	4.56	2.12
77	陽明山硫磺區	16.33	15.20	7.60	6.81	5.97
78	北橫巴陵	3.27	5.80	9.09	6.75	2.44
79	阿里山	19.81	14.36	3.18	4.01	2.04
80	桃園試驗線 1km	16.77	19.00	11.63	-	7.44
81	東北角風景管理處	23.78	10.17	4.97	6.42	4.12
82	臺北港監測站	2.98	12.71	7.80	6.21	3.75
83	樹林工業區(服務中心)	4.99	14.10	8.76	7.27	3.31
84	平鎮工業區(服務中心)	11.98	23.89	12.19	5.66	3.67
85	觀音工業區(服務中心)	9.47	12.99	8.89	5.53	4.30
86	永安安檢所	18.23	9.49	8.83	17.79	10.19
87	新竹漁港	9.54	11.66	0.42	27.50	5.89

註：- 表示試片遺失

表 4-8 銅之腐蝕速率表

單位：μm/yr

項次	試驗地點 試驗期間	2010.09- 2010.12	2010.12- 2011.3	2011.3- 2011.6	2011.6- 2011.9	2010.9- 2011.9
1	基隆港試驗線 0m	12.86	59.09	11.30	15.81	5.08
2	基隆港試驗線 100m	19.00	16.60	17.16	8.55	7.27
3	基隆港試驗線 3km	7.57	6.08	5.85	7.39	2.79
4	梗枋安檢所	14.07	-	12.87	16.05	4.74
5	龍德工業區	37.58	11.38	42.55	37.80	17.96
6	蘇澳港試驗線 0m	6.19	5.88	8.65	3.93	2.96
7	蘇澳港試驗線 100m	-	-	7.93	5.06	3.15
8	蘇澳港試驗線 300m	4.40	3.54	4.42	3.32	2.34
9	南澳安檢所	8.72	5.97	10.29	14.12	3.71
10	和平工業區	3.55	3.02	3.50	3.77	1.76
11	太魯閣國家公園管理處	1.74	2.14	4.75	3.17	1.40
12	美崙工業區	4.50	6.50	5.43	2.45	2.35
13	花蓮港試驗線 0m	10.35	14.94	10.48	18.07	5.91
14	花蓮港試驗線 100m	6.50	10.90	7.57	8.02	3.87
15	花蓮港試驗線 300m	5.73	9.66	7.49	7.75	3.38
16	橄仔樹安檢所	15.30	21.66	13.11	16.96	9.46
17	石梯安檢所	7.74	8.28	8.98	9.65	3.85
18	新港安檢所(成功)	-	11.06	14.52	13.26	8.61
19	金樽安檢所(東河)	9.61	11.81	14.11	14.93	4.88
20	伽蘭安檢所(富岡)	15.01	21.35	19.10	16.35	10.90
21	豐樂工業區	3.51	3.37	2.79	2.60	1.62
22	尚武安檢所	5.53	8.60	9.20	-	-
23	核三廠試驗線 0M	10.65	11.27	15.31	8.82	6.48
24	核三廠試驗線 100M	9.50	7.80	9.81	7.58	5.47
25	核三廠試驗線 300M	8.64	10.90	11.93	7.05	3.88
26	核三廠試驗線 1KM	8.75	8.40	10.44	6.08	5.05
27	屏東工業區	3.75	1.38	3.64	4.47	1.66
28	中油林園廠	4.42	2.05	5.71	-	2.33
29	中鋼公司	6.08	2.89	3.61	-	4.12
30	鳳山工業區	3.00	2.40	3.20	4.13	1.51
31	大發工業區	4.45	2.78	4.69	9.31	3.06
32	高雄港試驗線 0m	3.34	3.07	3.03	-	-
33	高雄港試驗線 100m	2.60	2.00	2.65	4.72	1.65
34	高雄港試驗線 300m	4.42	3.93	6.67	7.54	3.49
35	高雄港試驗線 1km	2.64	1.54	2.80	4.88	1.58

項次	試驗期間 試驗地點	2010.09- 2010.12	2010.12- 2011.3	2011.3- 2011.6	2011.6- 2011.9	2010.9- 2011.9
36	高雄港試驗線 3km	2.28	1.09	2.02	3.66	1.35
37	高鐵左營站	2.19	1.31	2.54	3.24	1.11
38	高雄煉油廠	3.30	1.88	3.32	-	1.53
39	永安工業區	4.30	3.30	4.36	17.18	1.26
40	興達火力電廠	6.89	6.28	7.24	10.77	3.67
41	安平工業區	-	4.80	7.01	6.99	2.24
42	成大水工所	5.18	5.02	6.60	8.08	2.27
43	官田工業區	7.45	13.54	7.49	4.63	5.86
44	東石安檢所	10.49	9.29	9.38	24.78	4.08
45	朴子工業區	3.94	5.78	5.04	14.51	1.78
46	高鐵嘉義站	5.32	4.90	4.59	10.34	1.82
47	斗六工業區	1.99	0.77	2.34	1.97	1.00
48	台塑六輕試驗線 0m	24.64	27.63	21.77	11.14	11.02
49	台塑六輕試驗線 100m	19.80	21.00	16.05	12.92	8.85
50	台塑六輕試驗線 300m	22.92	22.47	14.79	10.62	8.42
51	台塑六輕試驗線 1km	-	17.30	11.94	8.87	-
52	台塑六輕試驗線 3km	24.30	20.82	17.12	12.47	11.38
53	王功安檢所	19.36	18.62	20.71	14.89	9.33
54	彰濱工業區	17.89	23.76	16.33	13.59	8.16
55	田中工業區	4.62	2.89	4.69	2.82	1.53
56	南崗工業區	2.53	1.54	2.25	22.41	1.44
57	大里工業區	2.67	1.57	2.11	20.69	1.34
58	高鐵臺中站	5.23	2.88	3.93	6.53	2.61
59	臺中工業區	7.70	3.80	3.25	12.34	2.23
60	關聯工業區	7.80	9.98	8.45	21.63	4.04
61	臺中火力電廠	-	13.75	18.39	7.10	11.25
62	臺中港試驗線 0m	14.02	16.90	13.26	13.00	5.70
63	臺中港試驗線 100m	13.80	12.48	9.02	16.76	5.40
64	臺中港試驗線 1km	14.34	11.12	8.36	17.04	5.44
65	五甲安檢所	20.61	21.51	16.49	18.35	10.51
66	通霄火力電廠	18.00	15.44	15.80	17.89	8.29
67	外埔安檢所	19.16	20.80	17.02	24.61	10.25
68	竹南工業區	34.60	-	5.98	20.70	2.78
69	頭份工業區	-	-	5.34	11.75	1.74
70	工研院	5.54	4.13	4.64	6.16	1.89
71	新竹工業區	5.12	4.14	5.67	5.90	2.07

項次	試驗地點	試驗期間	2010.09- 2010.12	2010.12- 2011.3	2011.3- 2011.6	2011.6- 2011.9	2010.9- 2011.9
72	平鎮工業區		4.05	3.53	3.20	11.85	1.84
73	桃園試驗線 0m		28.09	27.09	22.06	22.34	11.30
74	桃園試驗線 300m		11.29	13.80	11.58	15.47	5.49
82	臺北市		4.88	4.55	3.24	3.29	1.44
76	陽明山國家公園管理處		14.13	20.60	12.89	20.65	9.99
77	陽明山硫磺區		70.31	94.77	80.73	72.40	64.75
78	北橫巴陵		1.18	0.90	1.09	3.66	0.52
79	阿里山		2.86	5.50	3.86	9.62	1.39
80	桃園試驗線 1km		8.09	14.30	9.52	-	3.67
81	東北角風景管理處		12.69	9.95	11.51	10.61	4.65
82	臺北港監測站		5.00	6.30	4.68	5.74	2.44
83	樹林工業區(服務中心)		2.00	2.50	2.46	5.24	8.02
84	平鎮工業區(服務中心)		7.32	7.10	5.40	3.11	2.77
85	觀音工業區(服務中心)		8.06	10.76	8.31	14.00	4.37
86	永安安檢所		15.69	11.02	9.97	35.29	6.88
87	新竹漁港		20.62	18.34	17.69	24.76	8.33

註：- 表示試片遺失

表 4-9 鋁之腐蝕速率表

單位：g/m²/yr

項次	試驗地點 試驗期間	2010.09- 2010.12	2010.12- 2011.3	2011.3- 2011.6	2011.6- 2011.9	2010.9- 2011.9
1	基隆港試驗線 0m	22.53	15.21	15.54	4.66	7.96
2	基隆港試驗線 100m	24.65	32.83	22.91	11.42	14.07
3	基隆港試驗線 3km	4.35	7.57	6.56	1.64	2.52
4	梗枋安檢所	8.94	11.71	11.50	9.37	6.57
5	龍德工業區	15.80	6.92	18.34	21.63	10.75
6	蘇澳港試驗線 0m	7.61	8.30	9.17	4.27	1.52
7	蘇澳港試驗線 100m	4.26	7.56	14.30	4.10	3.28
8	蘇澳港試驗線 300m	4.47	4.30	4.61	3.49	2.15
9	南澳安檢所	-	7.46	7.06	2.79	2.05
10	和平工業區	-	2.87	2.51	0.96	0.43
11	太魯閣國家公園管理處	-	2.17	2.56	1.18	0.60
12	美崙工業區	2.61	5.62	4.21	0.83	1.03
13	花蓮港試驗線 0m	9.42	16.00	10.65	10.12	8.27
14	花蓮港試驗線 100m	3.72	9.24	7.63	4.27	4.28
15	花蓮港試驗線 300m	6.44	8.40	6.15	2.92	2.34
16	橄仔樹安檢所	11.65	15.46	10.54	7.46	8.25
17	石梯安檢所	4.47	11.07	7.80	5.54	3.06
18	新港安檢所(成功)	47.19	-	11.45	3.66	3.70
19	金樽安檢所(東河)	8.09	8.15	9.57	4.97	3.17
20	伽蘭安檢所(富岡)	6.70	11.31	8.32	4.54	5.62
21	豐樂工業區	4.20	3.75	2.11	0.96	-
22	尚武安檢所	5.48	5.78	2.65	-	-
23	核三廠試驗線 0M	7.61	7.80	6.45	2.85	-
24	核三廠試驗線 100M	7.39	3.85	2.88	2.46	1.72
25	核三廠試驗線 300M	8.25	5.53	6.22	2.51	1.99
26	核三廠試驗線 1KM	6.38	4.40	5.71	2.51	1.28
27	屏東工業區	-	2.02	1.11	1.94	-
28	中油林園廠	59.15	3.17	5.63	-	1.72
29	中鋼公司	-	5.99	11.00	-	5.18
30	鳳山工業區	8.30	4.09	3.26	4.63	4.74
31	大發工業區	6.50	6.17	4.84	4.41	4.53
32	高雄港試驗線 0m	8.94	-	2.00	-	-
33	高雄港試驗線 100m	-	2.71	2.95	-	2.19
34	高雄港試驗線 300m	10.79	8.01	11.00	5.27	9.32
35	高雄港試驗線 1km	8.34	2.71	2.89	1.56	1.96

項次	試驗期間 試驗地點	2010.09- 2010.12	2010.12- 2011.3	2011.3- 2011.6	2011.6- 2011.9	2010.9- 2011.9
36	高雄港試驗線 3km	-	1.90	1.42	1.51	0.91
37	高鐵左營站	-	2.55	3.88	0.58	1.37
38	高雄煉油廠	4.38	2.71	2.37	-	1.06
39	永安工業區	10.93	6.34	4.26	1.40	-
40	興達火力電廠	12.91	9.11	8.42	8.18	7.36
41	安平工業區	14.85	14.69	8.26	4.09	8.52
42	成大水工所	9.96	6.22	3.63	4.20	3.08
43	官田工業區	2.17	1.96	0.95	0.75	0.90
44	東石安檢所	15.35	10.60	8.89	11.30	10.41
45	朴子工業區	6.92	10.72	4.00	1.78	5.28
46	高鐵嘉義站	6.23	6.93	3.88	0.72	1.00
47	斗六工業區	2.25	1.65	2.42	0.17	-
48	台塑六輕試驗線 0m	23.42	-	30.26	15.07	14.42
49	台塑六輕試驗線 100m	48.78	-	38.73	8.88	20.21
50	台塑六輕試驗線 300m	27.29	33.25	22.63	4.59	32.63
51	台塑六輕試驗線 1km	-	51.81	22.63	2.60	-
52	台塑六輕試驗線 3km	4.20	37.98	26.20	2.79	44.49
53	王功安檢所	64.13	17.21	17.27	10.43	12.81
54	彰濱工業區	34.54	40.39	25.39	9.16	22.70
55	田中工業區	6.14	4.40	30.82	1.61	2.24
56	南崗工業區	3.63	2.00	4.68	2.25	0.76
57	大里工業區	3.44	3.04	3.77	0.92	0.64
58	高鐵臺中站	5.51	4.71	5.44	-	3.64
59	臺中工業區	16.17	9.48	7.69	1.21	1.42
60	關聯工業區	19.01	20.64	15.81	4.44	11.22
61	臺中火力電廠	57.06	23.37	30.44	8.53	16.50
62	臺中港試驗線 0m	21.78	18.04	22.70	14.20	13.60
63	臺中港試驗線 100m	20.23	14.24	11.80	3.74	8.30
64	臺中港試驗線 1km	12.64	17.68	11.84	4.20	8.08
65	五甲安檢所	37.68	47.99	20.39	13.72	22.66
66	通霄火力電廠	27.32	30.54	17.40	-	16.32
67	外埔安檢所	13.91	28.42	16.89	11.12	15.89
68	竹南工業區	21.78	14.60	13.55	7.72	5.86
69	頭份工業區	-	21.60	9.90	3.11	5.61
70	工研院	7.31	6.80	6.83	2.36	3.04
71	新竹工業區	-	9.0	7.69	2.25	-

項次	試驗期間		2010.09- 2010.12	2010.12- 2011.3	2011.3- 2011.6	2011.6- 2011.9	2010.9- 2011.9
	試驗地點						
72	平鎮工業區		10.77	12.85	7.15	2.01	4.71
73	桃園試驗線 0m		57.14	-	35.61	25.48	25.47
74	桃園試驗線 300m		32.69	28.43	19.20	14.02	12.51
75	臺北市		8.69	5.6	3.93	0.41	0.38
76	陽明山國家公園管理處		2.57	-	-	2.33	3.11
77	陽明山硫磺區		-	4.2	3.60	1.46	7.44
78	北橫巴陵		4.64	0.20	1.67	0.72	-
79	阿里山		-	2.20	1.58	0.54	-
80	桃園試驗線 1km		36.33	43.1	27.47	-	21.40
81	東北角風景管理處		-	2.20	10.76	5.41	5.53
82	臺北港監測站		5.64	9.56	5.16	1.14	2.47
83	樹林工業區(服務中心)		3.04	22.09	8.12	4.57	16.01
84	平鎮工業區(服務中心)		18.82	13.65	9.84	3.52	4.48
85	觀音工業區(服務中心)		33.35	42.75	23.05	2.65	12.22
86	永安安檢所		20.60	31.34	18.77	14.39	16.74
87	新竹漁港		40.39	48.98	28.99	32.27	31.39

註：- 表示試片遺失

4.5.1 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(2010.09-2010.12)、冬季(2010.12-2011.03)、春季(2011.03-2011.06)，夏季(2011.06-2011.09)期間。

(圖 4.17 至圖 4.20)為碳鋼金屬四次調查期間與一年期之腐蝕速率等位圖。圖中，黃色表示碳鋼腐蝕速率為 $1.3\sim 25\ \mu\text{m}/\text{yr}$ 的區域，綠色表示腐蝕速率介於 $25\sim 50\ \mu\text{m}/\text{yr}$ 的區域，藍色表示腐蝕速率為 $50\sim 80\ \mu\text{m}/\text{yr}$ 的區域，粉紅色表示 $80\sim 200\ \mu\text{m}/\text{yr}$ 的區域，紅色則為腐蝕速率大於 $200\ \mu\text{m}/\text{yr}$ 的區域。

(圖 4.21 至圖 4.24)為鋅金屬四次調查期間與一年期之腐蝕速率等位圖。圖中，黃色表示鋅腐蝕速率為 $0.1\sim 0.7\ \mu\text{m}/\text{yr}$ 的區域，綠色表示腐蝕速率介於 $0.7\sim 2.1\ \mu\text{m}/\text{yr}$ 的區域，藍色表示腐蝕速率為 $2.1\sim 4.2\ \mu\text{m}/\text{yr}$ 的區域，粉紅色表示 $4.2\sim 8.4\ \mu\text{m}/\text{yr}$ 的區域，紅色則為腐蝕速率大於 $8.4\ \mu\text{m}/\text{yr}$ 的區域。

(圖 4.25 至圖 4.28)為銅金屬四次調查期間與一年期之腐蝕速率等位圖。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 4.29 至圖 4.32)為鋁金屬四次調查期間與一年期之腐蝕速率等位圖。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 4.33 至圖 4.36)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)，麥寮六輕試驗線、桃園大潭試驗線、基隆試驗線腐蝕速率均較其他地區高，在高雄港試驗線腐蝕速率相對其他地區低。至於鋅金屬以桃園大潭試驗線、臺中港試驗線、基隆試驗線、核三廠試驗線腐蝕速率較大，在高雄港試驗線、蘇澳港試驗線則腐蝕速率相對較低。而針對銅金屬，銅的腐蝕速率以麥寮六輕試驗線、桃園大潭試驗線、基隆試驗線、臺中港試驗線較為嚴重(圖 4.43)。而針對鋁金屬，鋁的腐蝕速率以麥寮六輕試驗線、桃園大潭試驗線較為嚴重(圖 4.44)。

(圖 4.37 至圖 4.40)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。在碳鋼金屬以臺中火力發電廠、麥寮六輕、彰濱工業區、大潭火力發電廠、觀音工業區為高，鋅金屬以臺中火力發電廠、彰濱工業區、大潭火力發電廠較高，而銅金屬以臺中火力發電廠、通霄火力發電廠、彰濱工業區、麥寮六輕為高，針對鋁金屬在一年期中以彰濱工業區、麥寮六輕、大潭火力發電廠、通霄火力發電廠、臺中火力發電廠腐蝕速率相對較高。

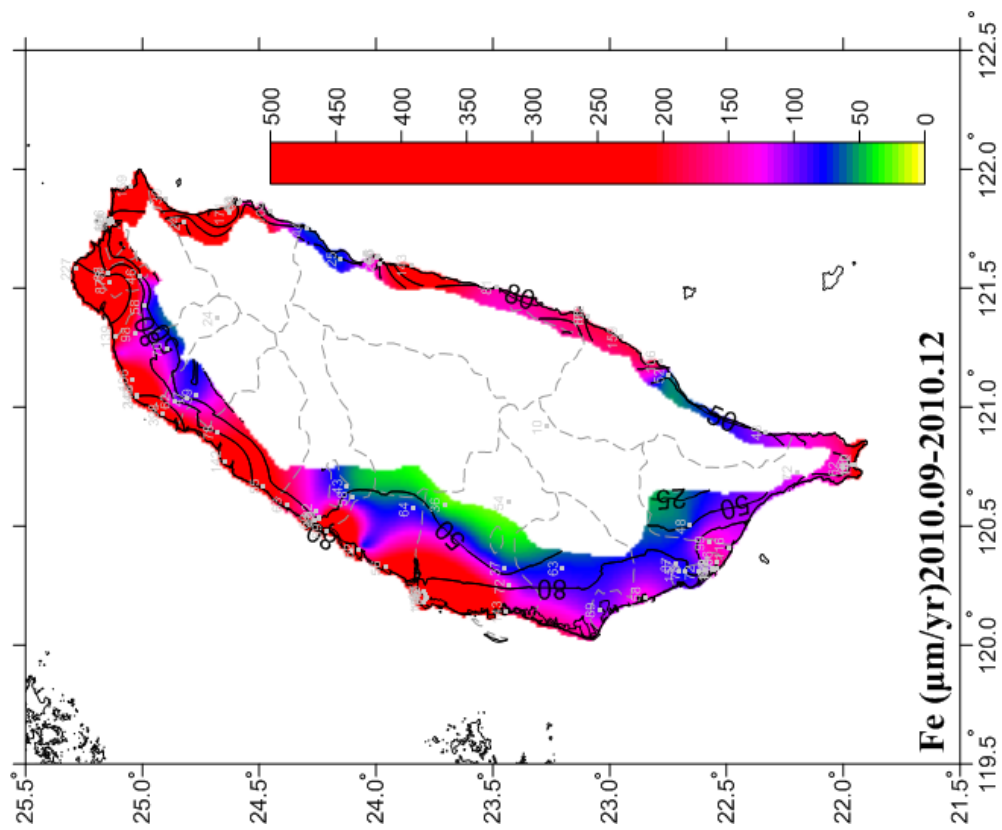


圖 4.17 2010.09-2010.12 碳鋼腐蝕速率($\mu\text{m/yr}$)

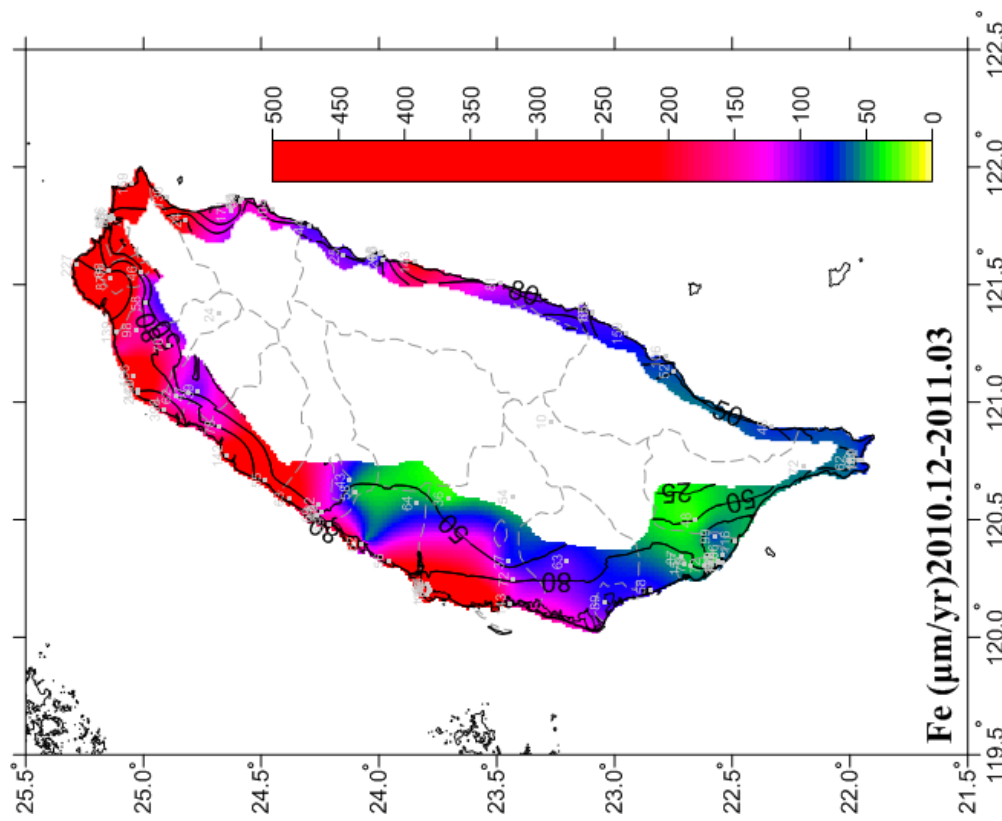


圖 4.18 2010.12-2011.03 碳鋼腐蝕速率($\mu\text{m/yr}$)

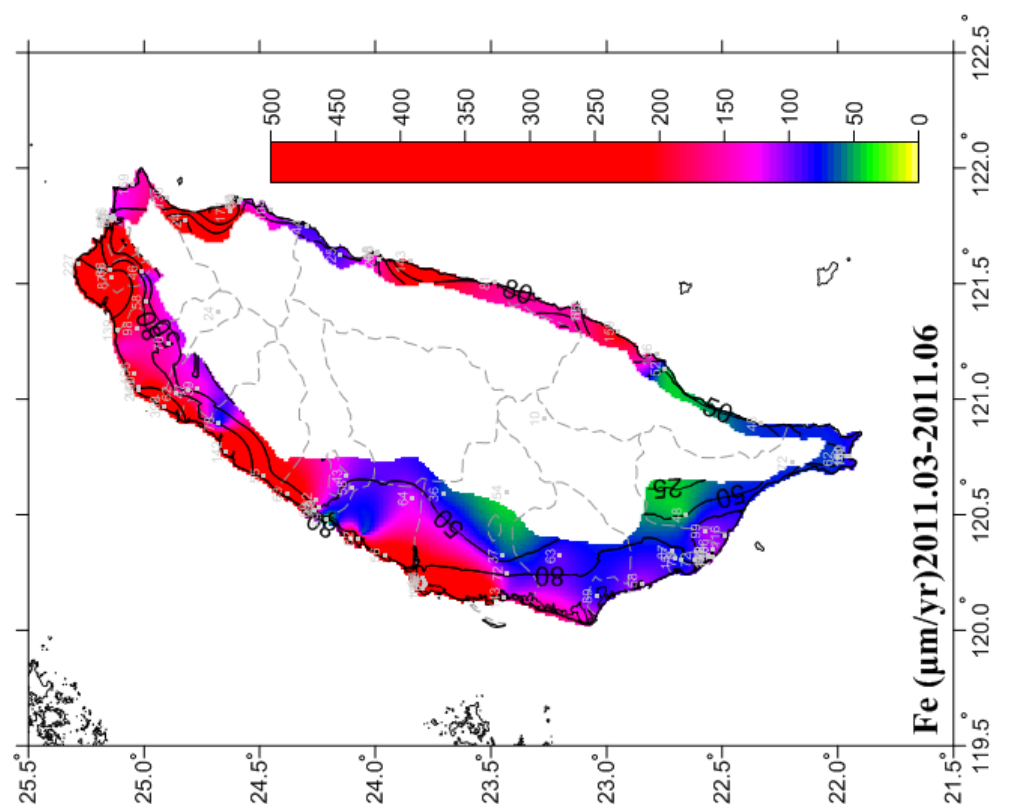


圖 4.19 2011.03-2011.06 碳鋼腐蝕速率($\mu\text{m/yr}$)

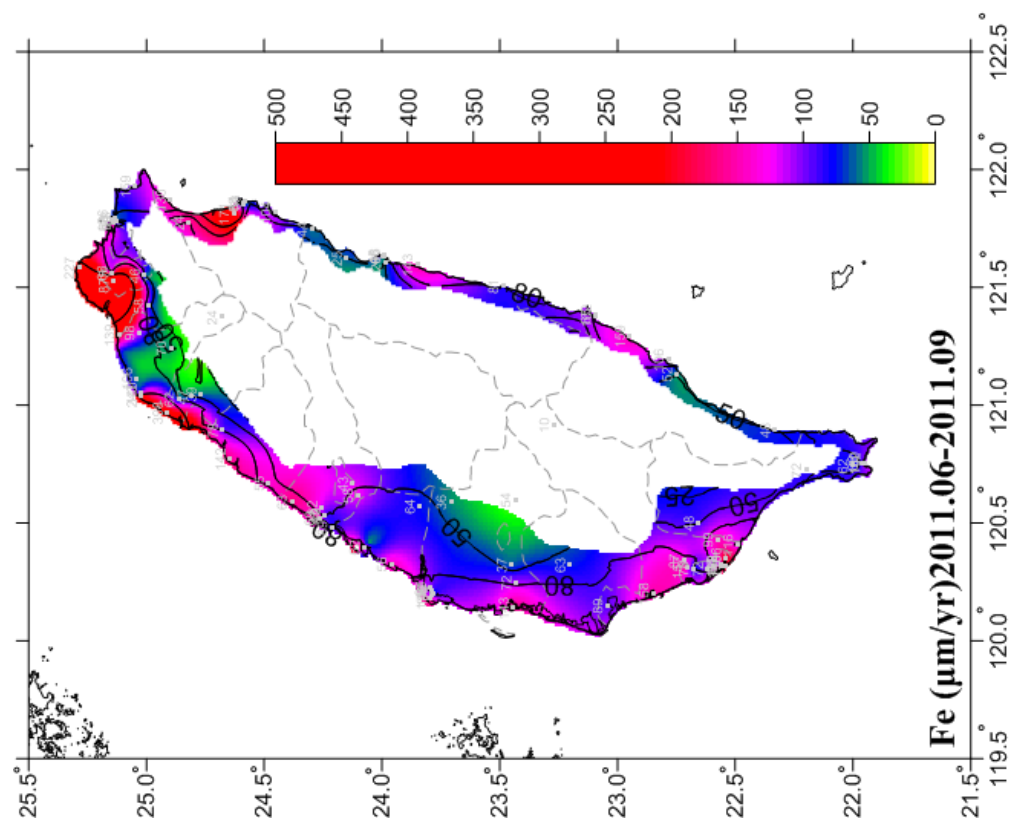


圖 4.20 2011.06-2011.09 碳鋼腐蝕速率($\mu\text{m/yr}$)

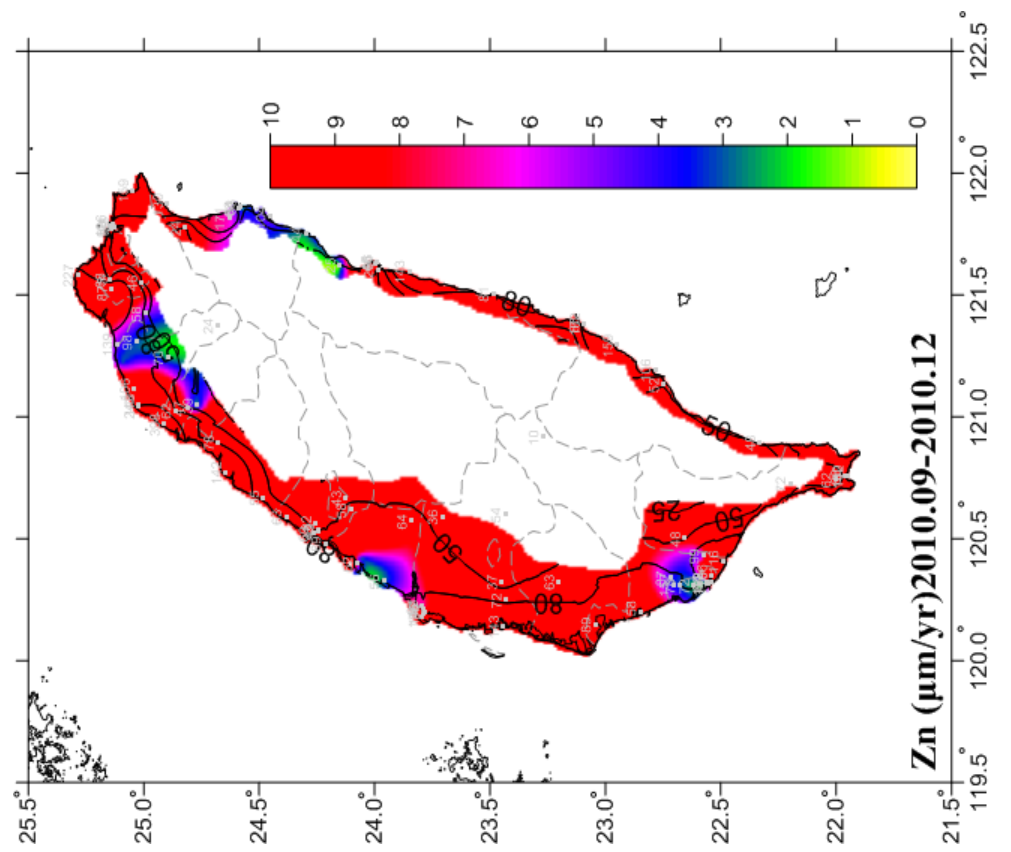


圖 4.21 2010.09-2010.12 鋅腐蝕速率($\mu\text{m/yr}$)

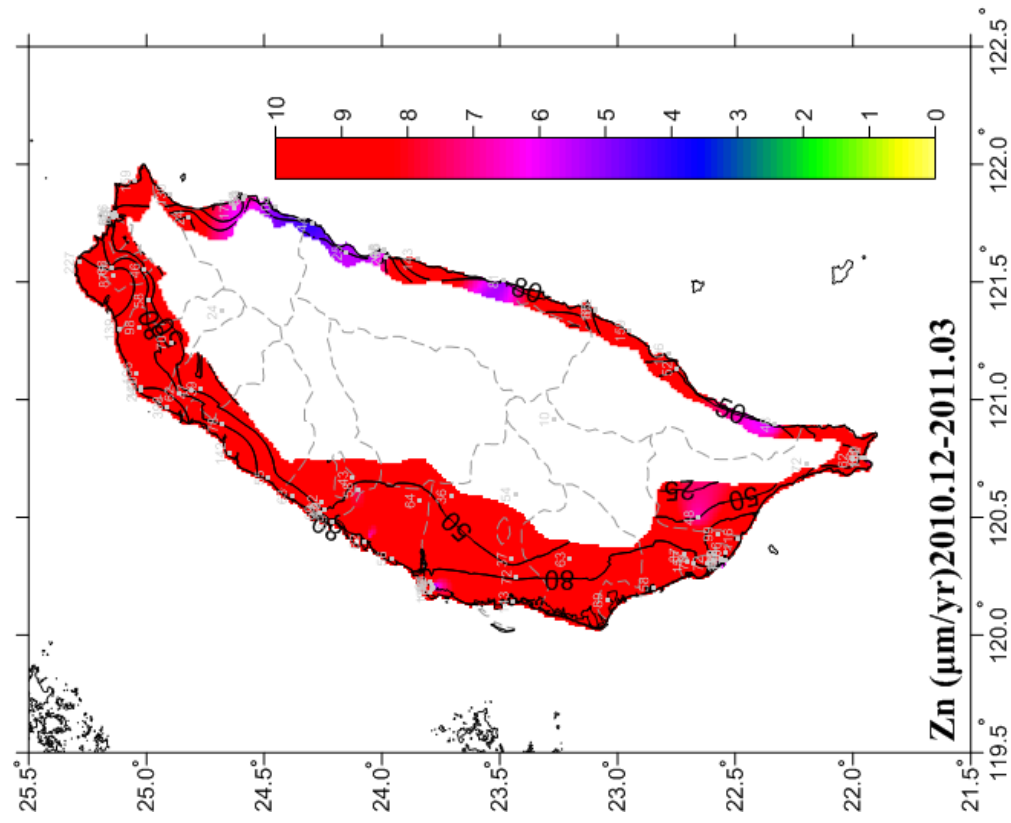


圖 4.22 2010.12-2011.03 鋅腐蝕速率($\mu\text{m/yr}$)

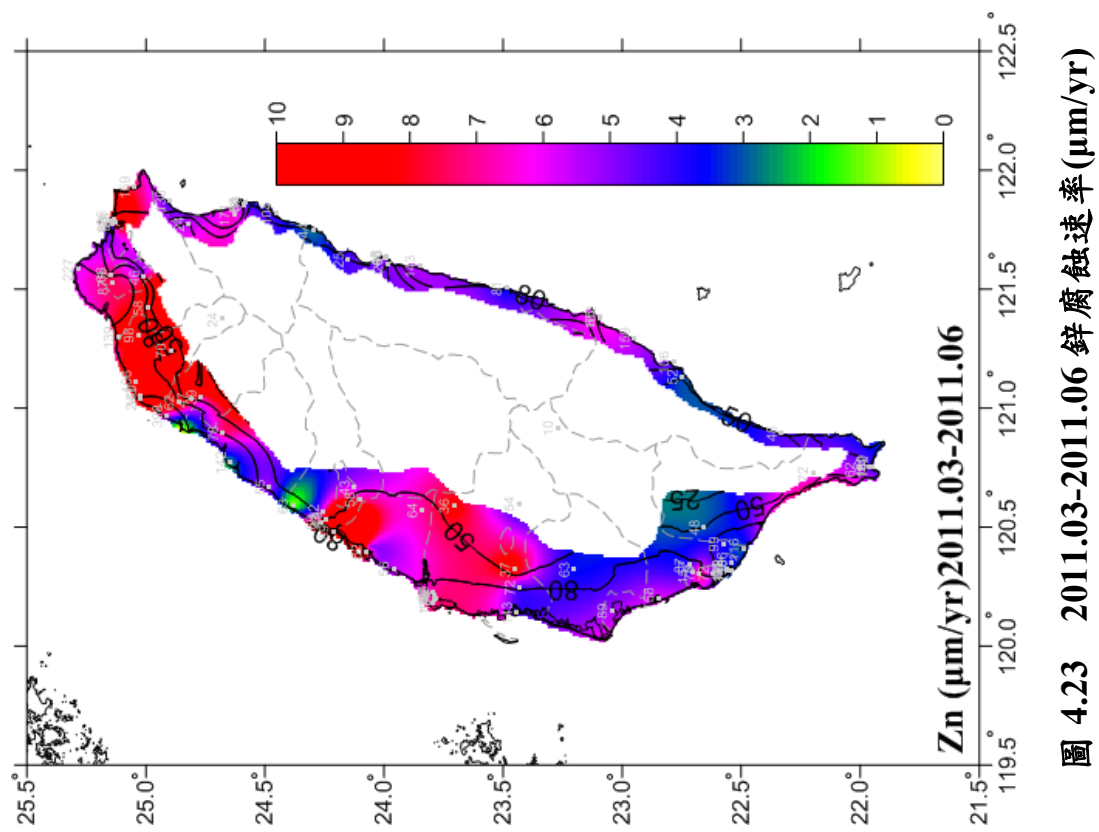


圖 4.23 2011.03-2011.06 鋅腐蝕速率($\mu\text{m/yr}$)

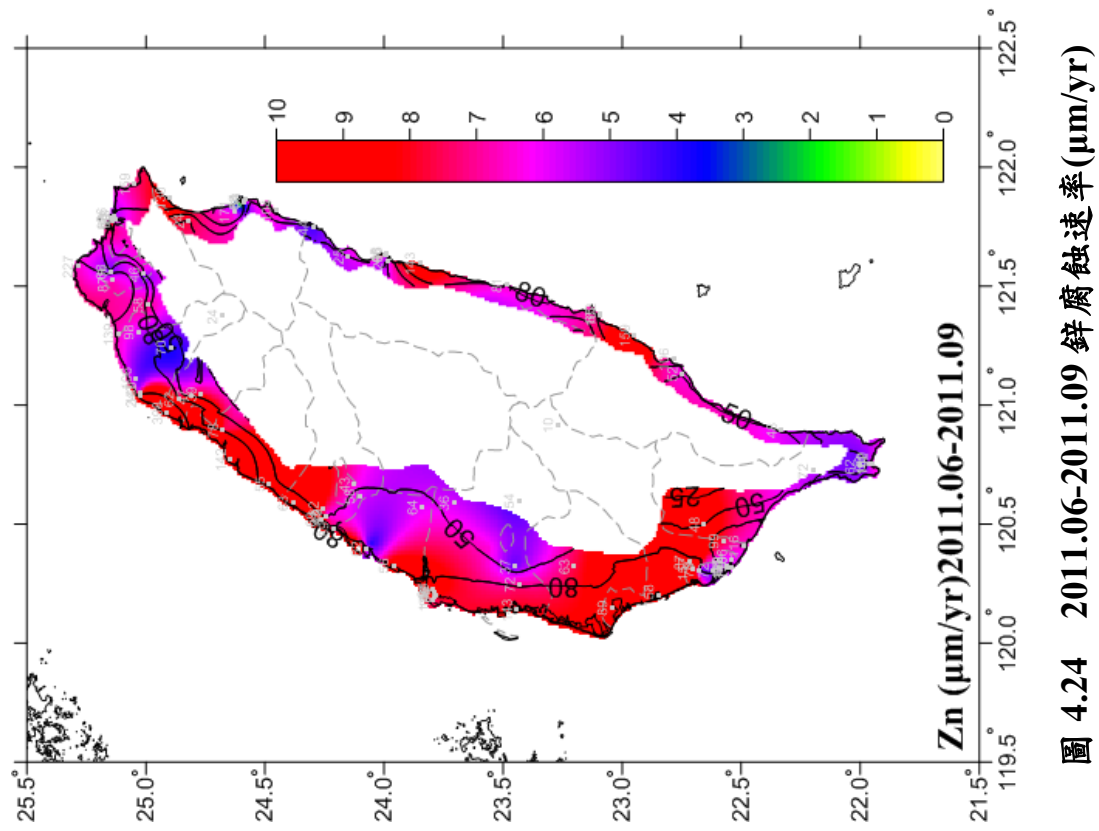


圖 4.24 2011.06-2011.09 鋅腐蝕速率($\mu\text{m/yr}$)

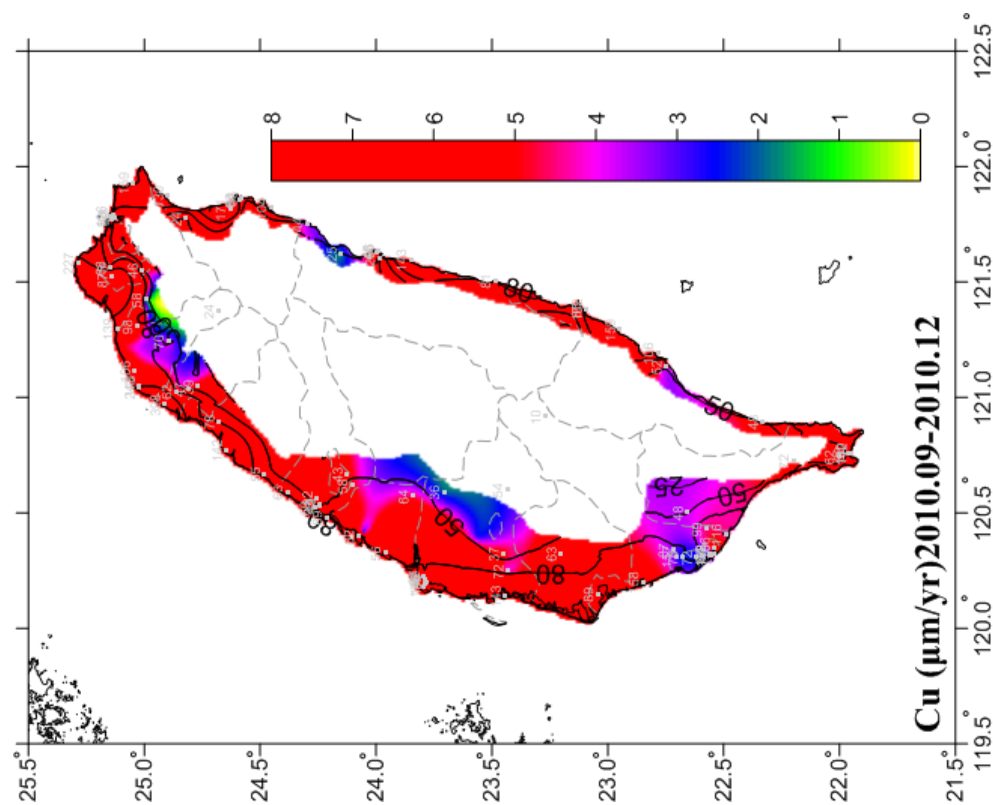


圖 4.25 2010.09-2010.12 銅腐蝕速率($\mu\text{m/yr}$)

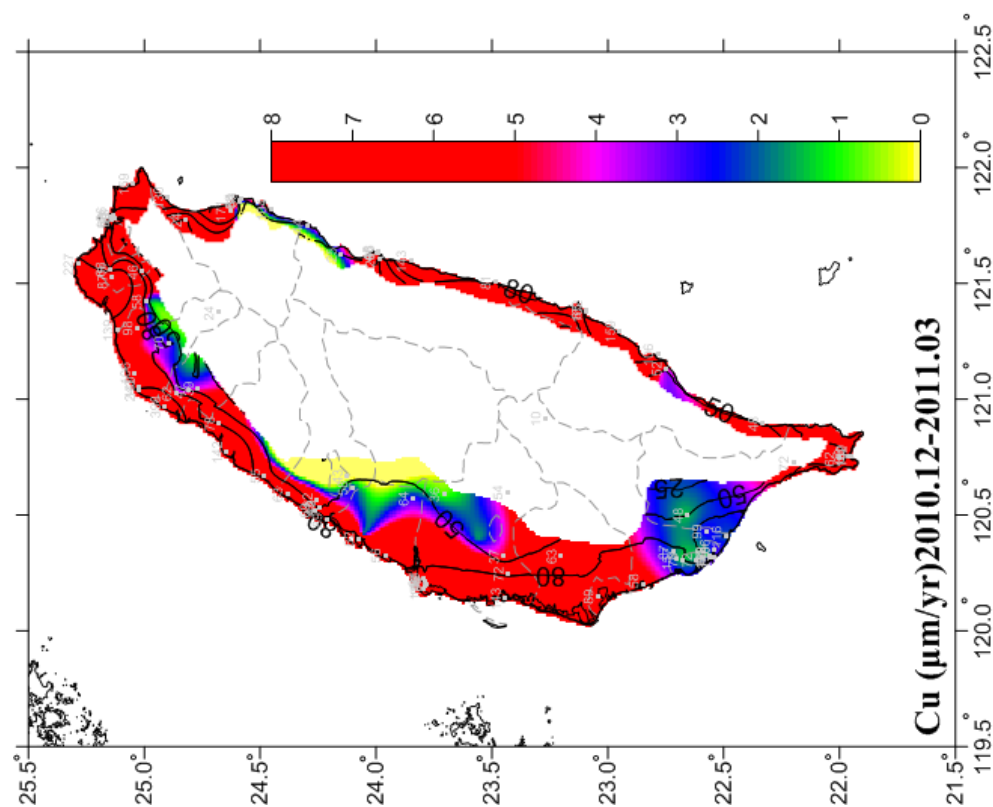


圖 4.26 2010.12-2011.03 銅腐蝕速率($\mu\text{m/yr}$)

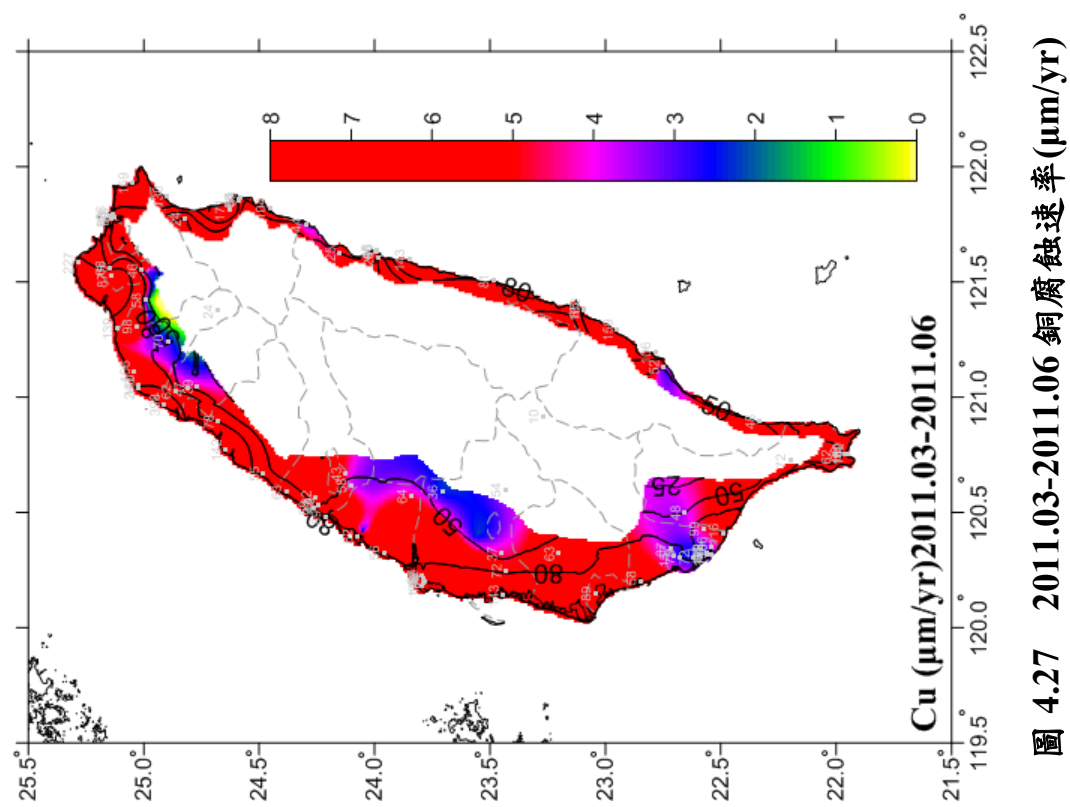


圖 4.27 2011.03-2011.06 銅腐蝕速率($\mu\text{m/yr}$)

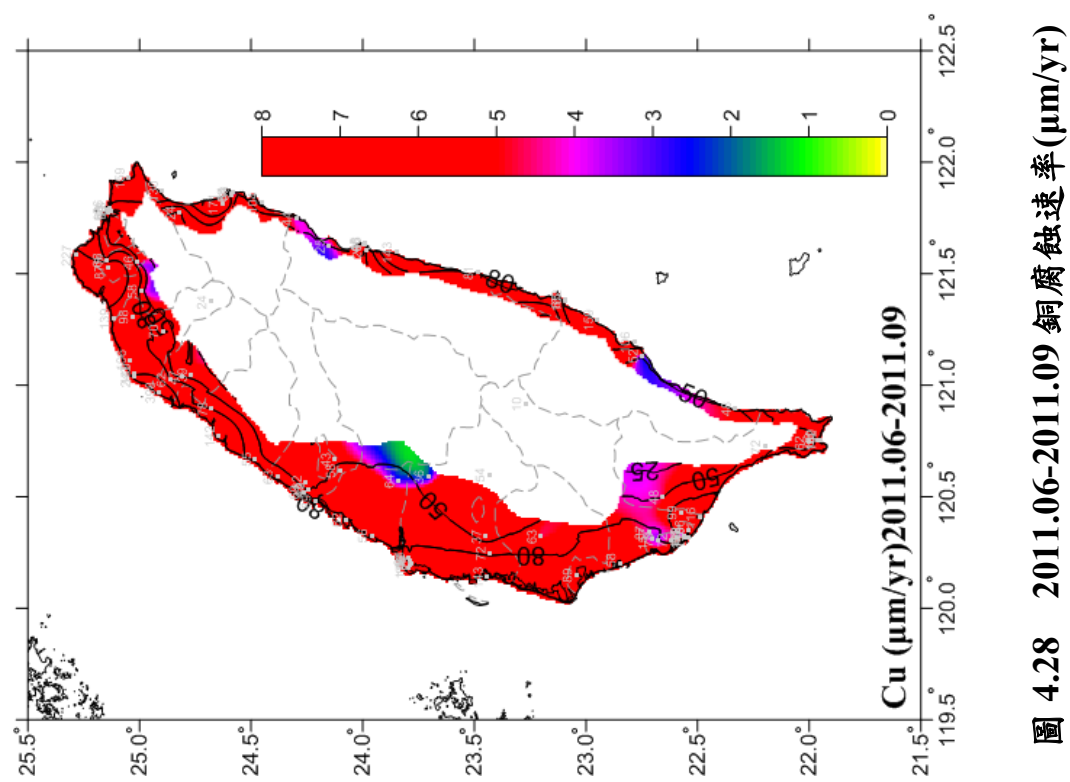


圖 4.28 2011.06-2011.09 銅腐蝕速率($\mu\text{m/yr}$)

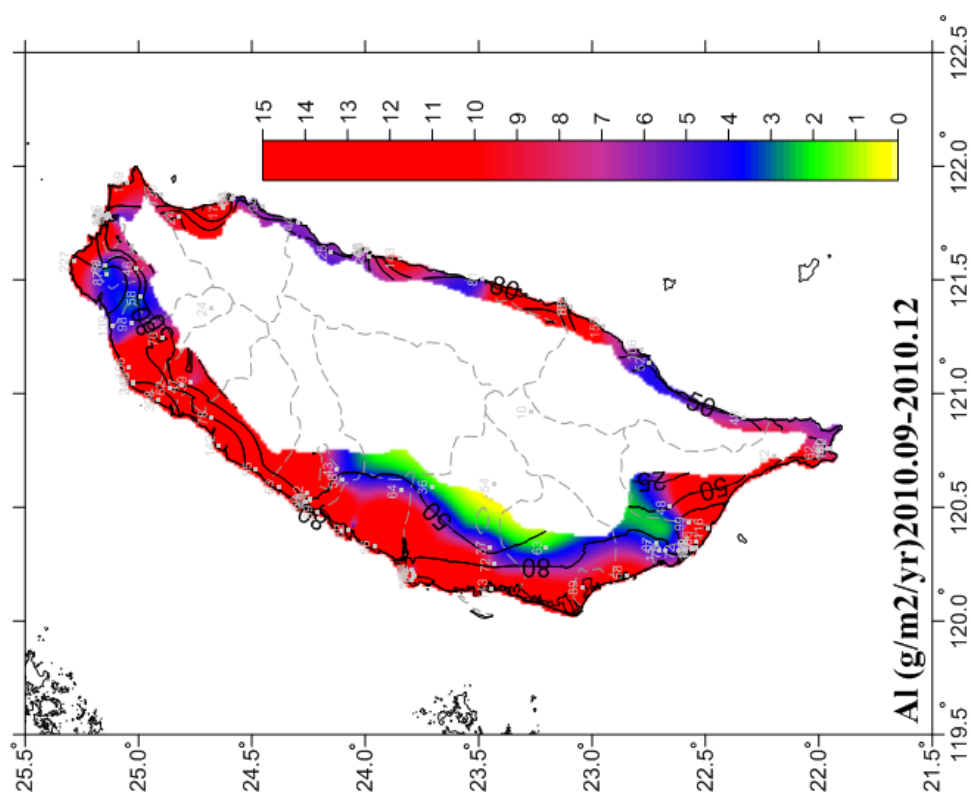


圖 4.29 2010.09-2010.12 鋁腐蝕速率($\text{g/m}^2/\text{yr}$)

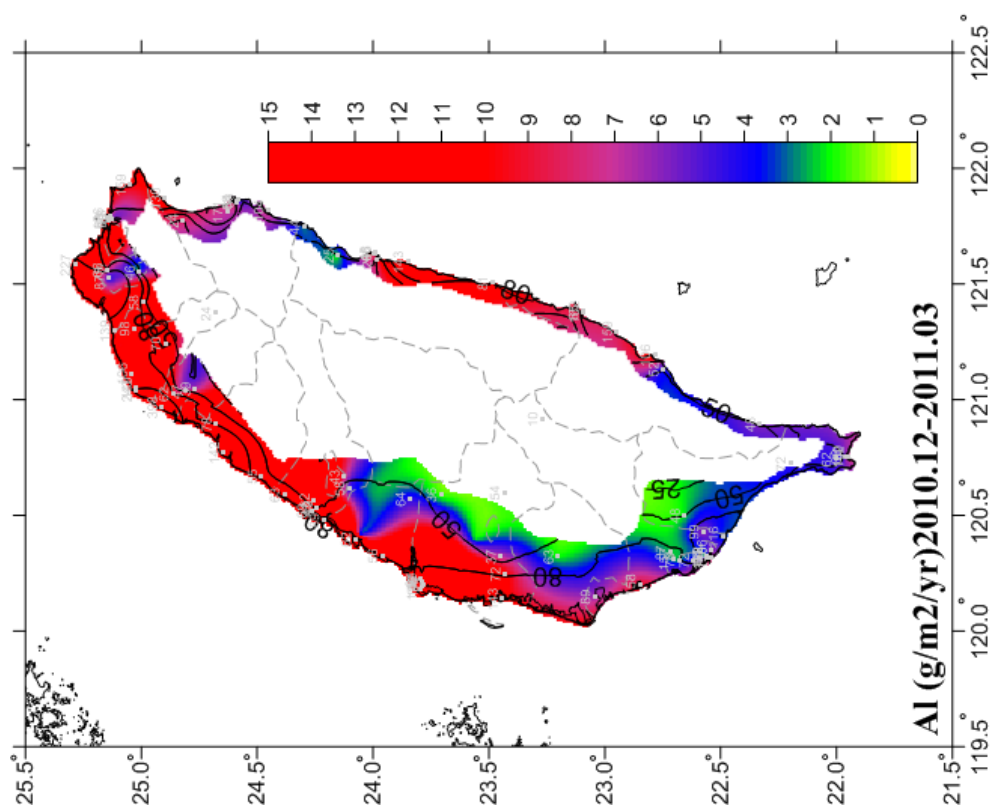


圖 4.30 2010.12-2011.03 鋁腐蝕速率($\text{g/m}^2/\text{yr}$)

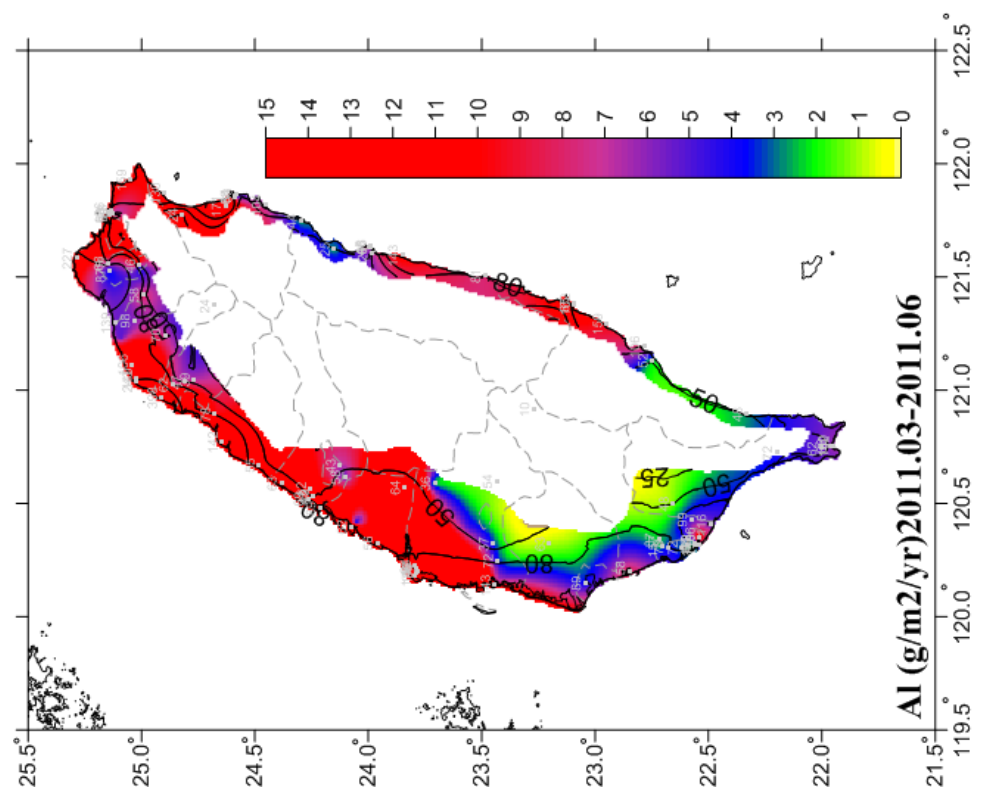


圖 4.31 2011.03-2011.06 鋁腐蝕速率(g/m²/yr)

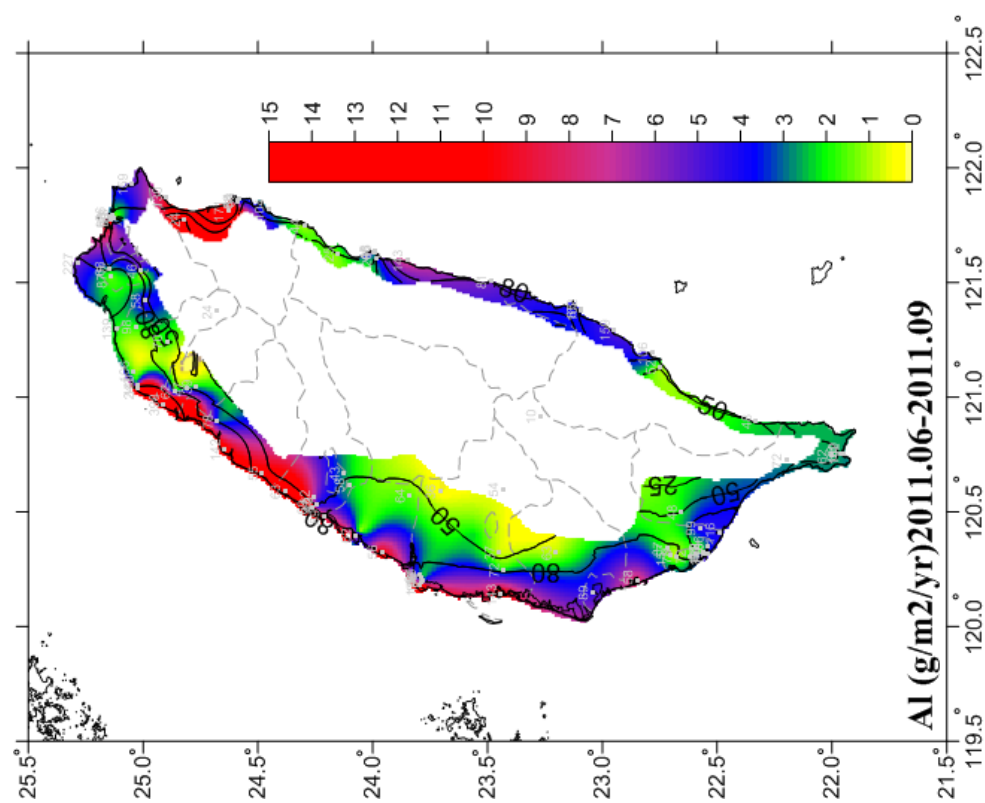


圖 4.32 2011.06-2011.09 鋁腐蝕速率(g/m²/yr)

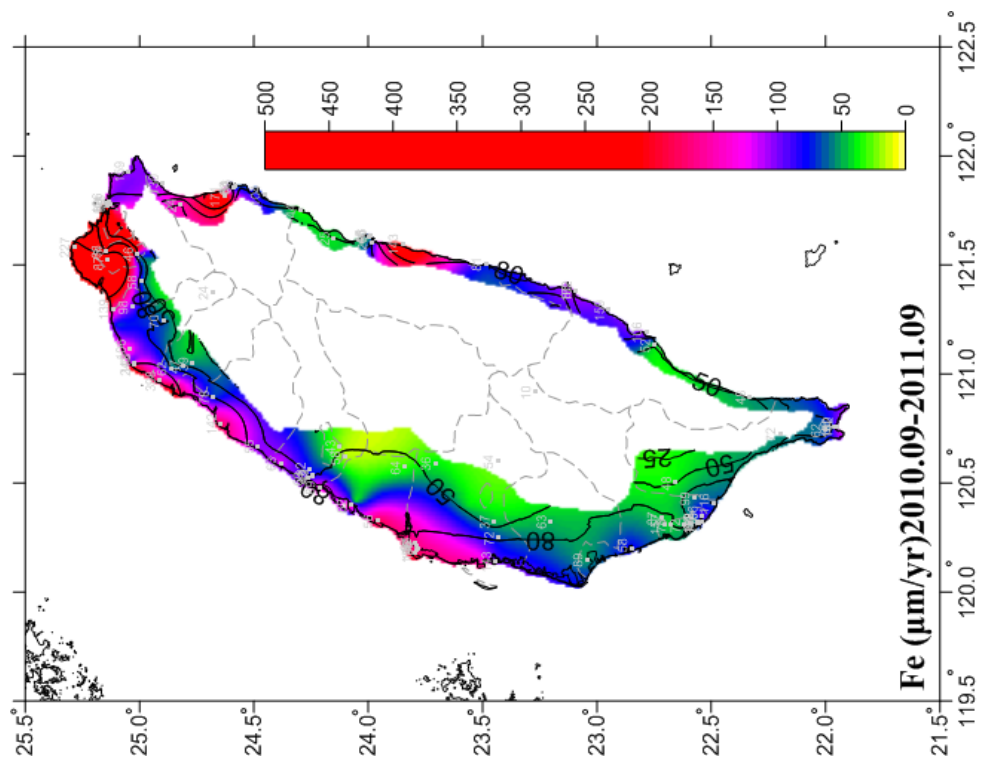


圖 4.33 一年期碳鋼腐蝕速率($\mu\text{m/yr}$)

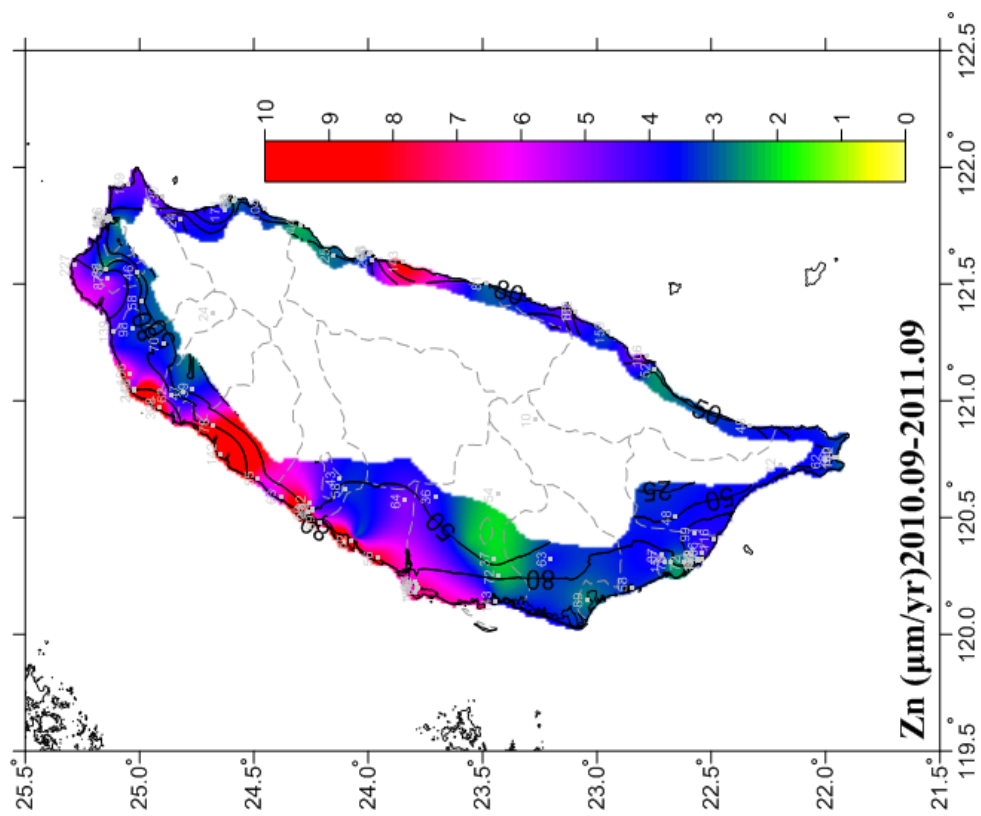


圖 4.34 一年期鋅腐蝕速率($\mu\text{m/yr}$)

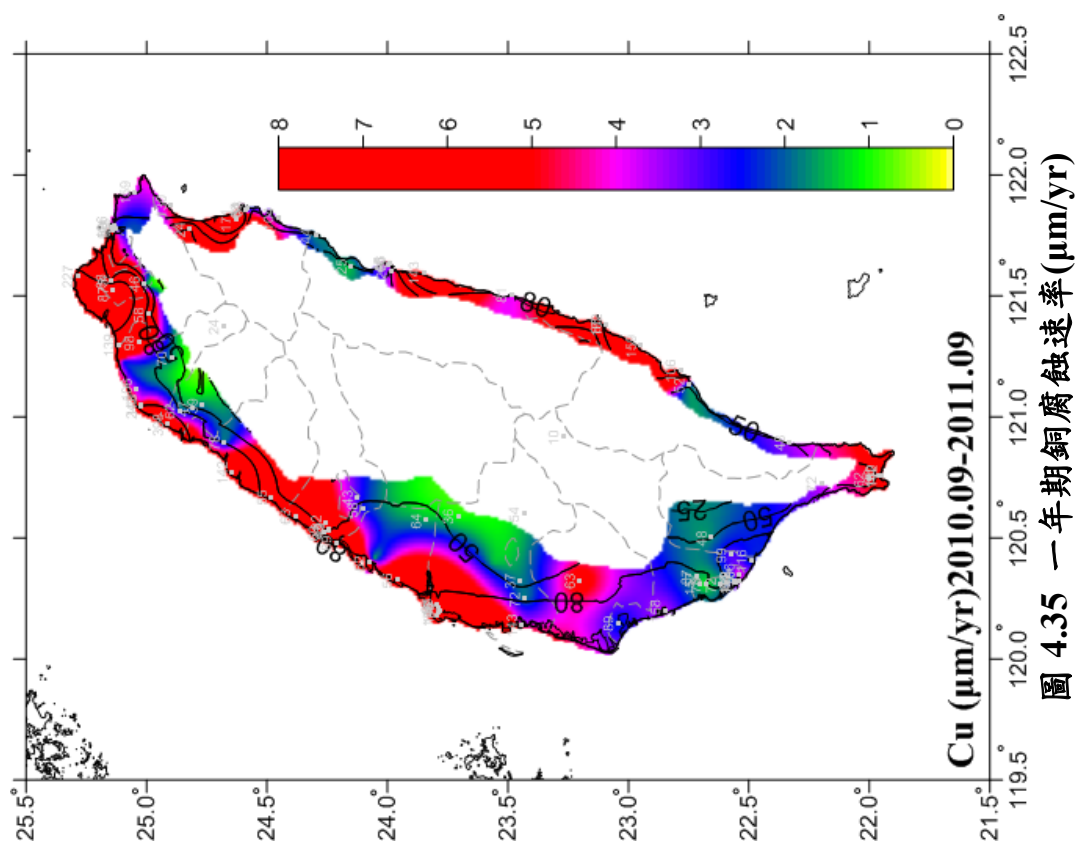


圖 4.35 一年期銅腐蝕速率($\mu\text{m/yr}$)

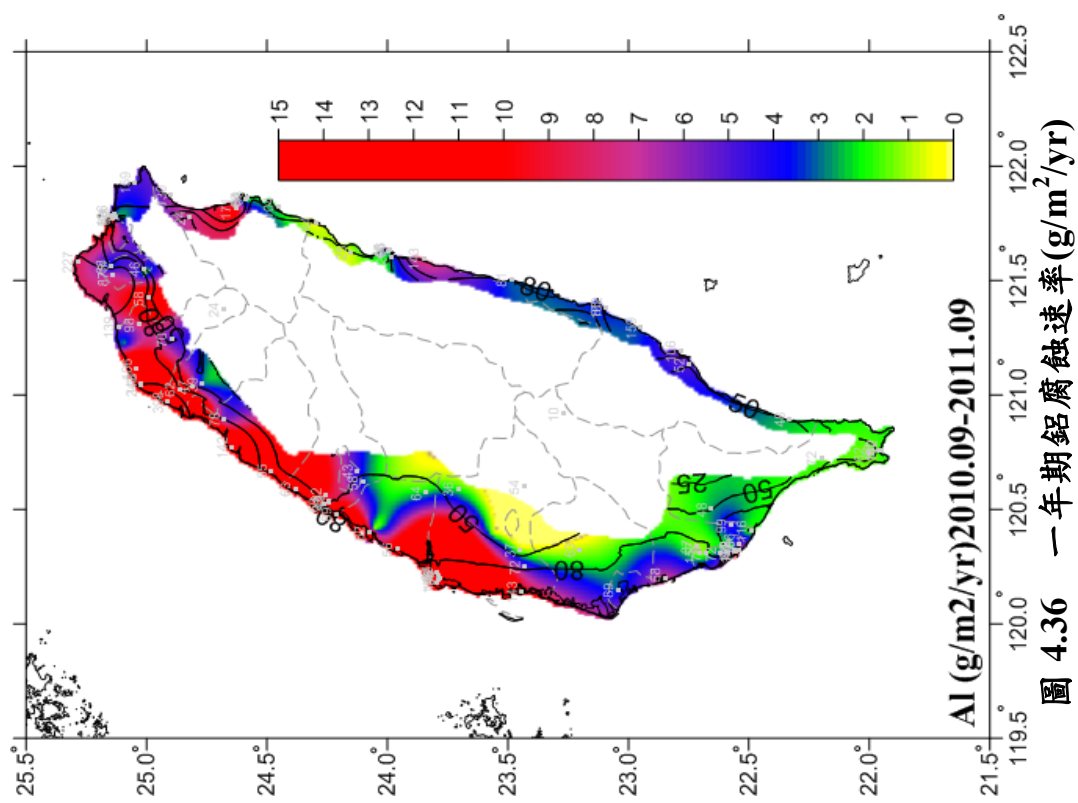
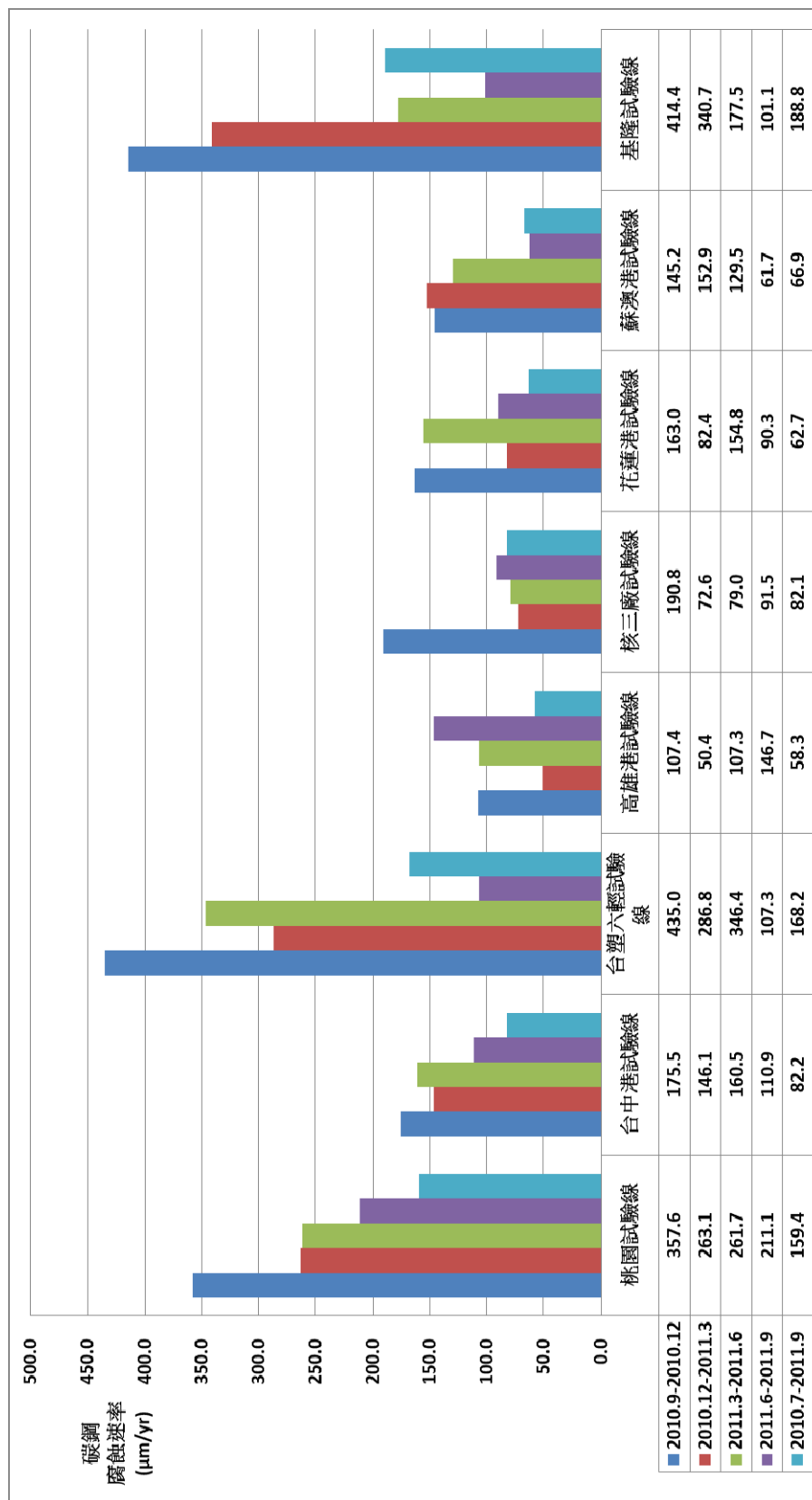
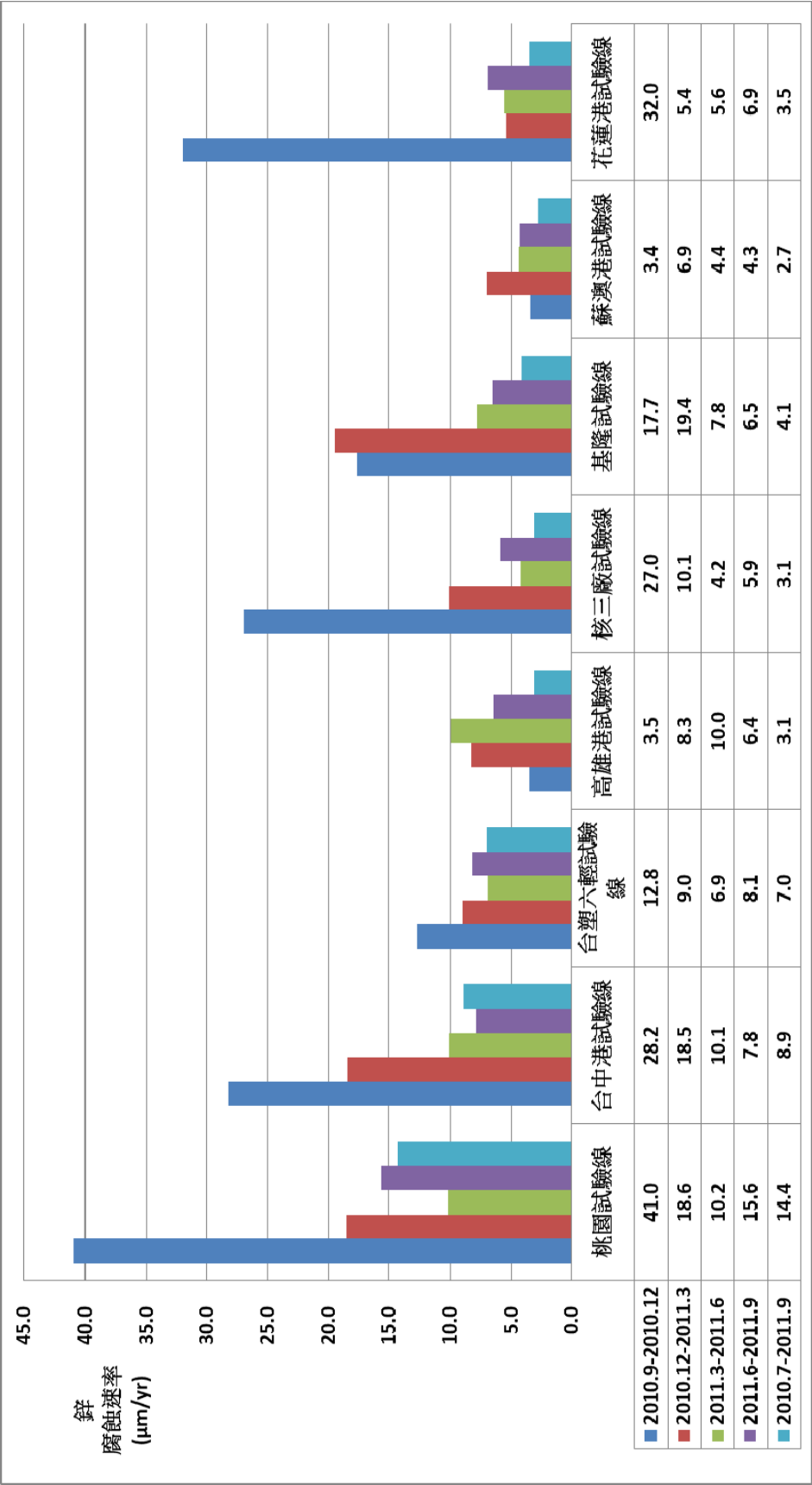


圖 4.36 一年期鋁腐蝕速率($\text{g/m}^2/\text{yr}$)



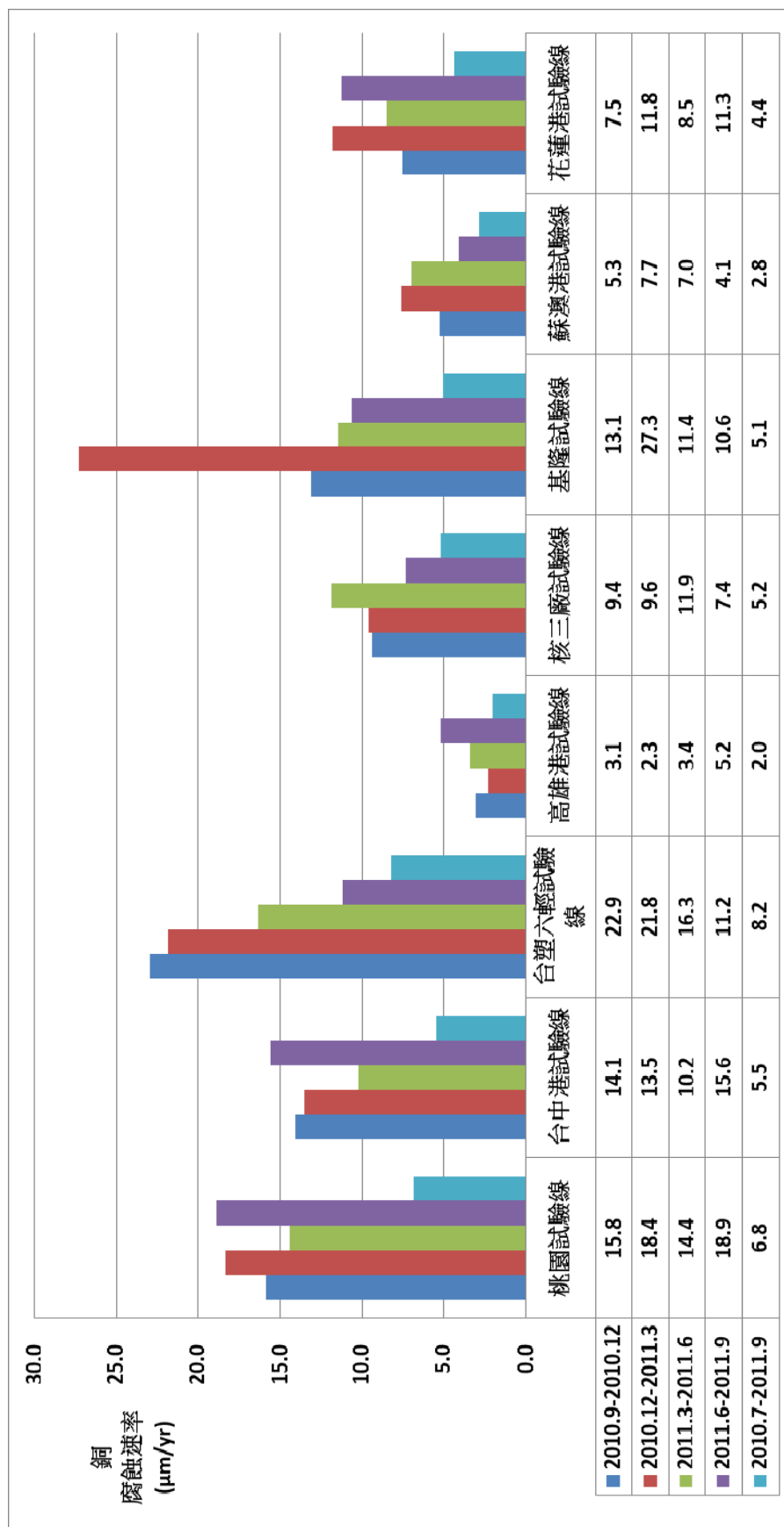
註 1：腐蝕速率為試驗線測站平均值

圖 4.37 直海岸試驗線 碳鋼平均腐蝕速率比較



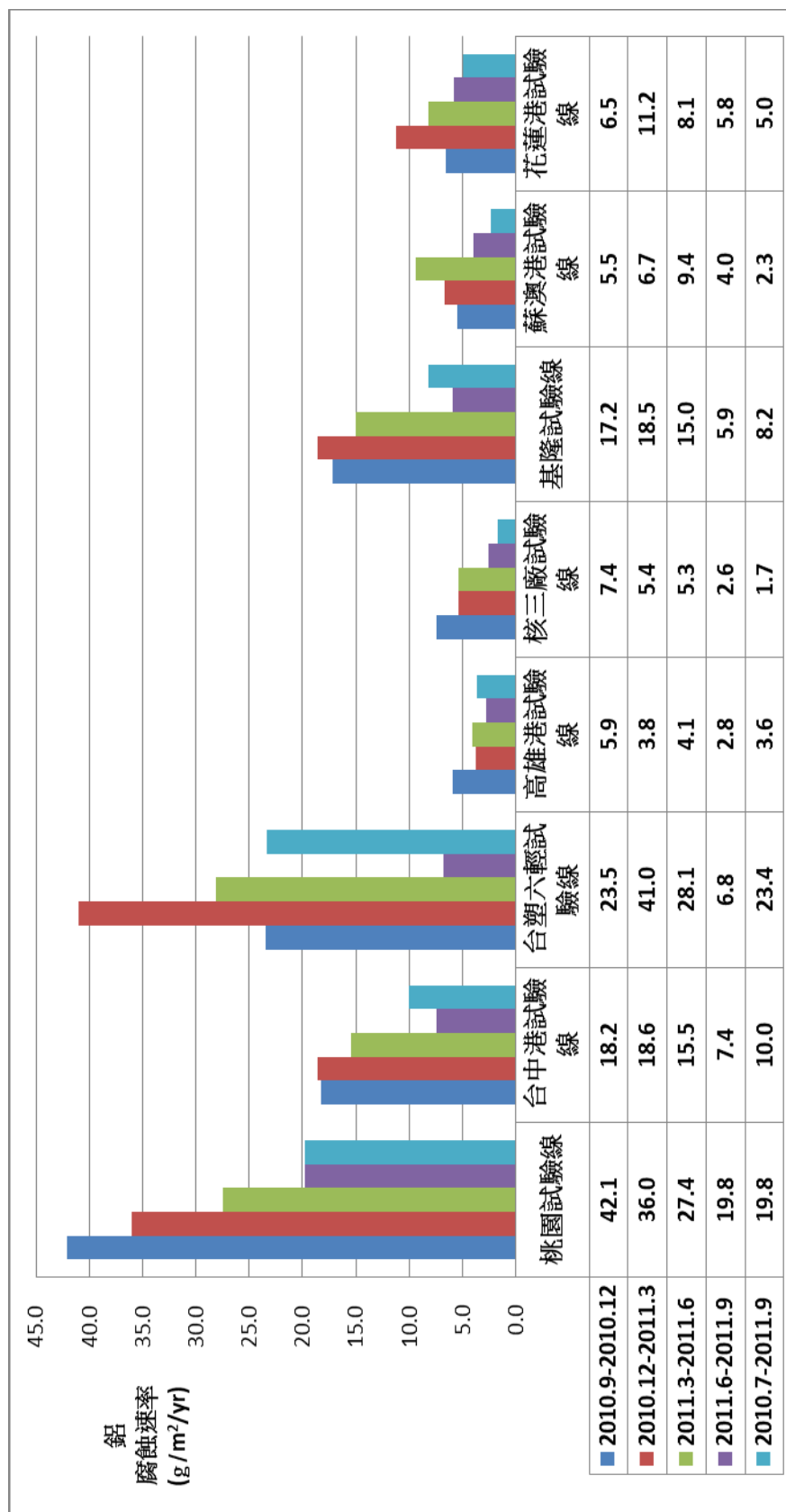
註 1：腐蝕速率為試驗線測站平均值

圖 4.38 垂直海岸試驗線 鋅平均腐蝕速率比較

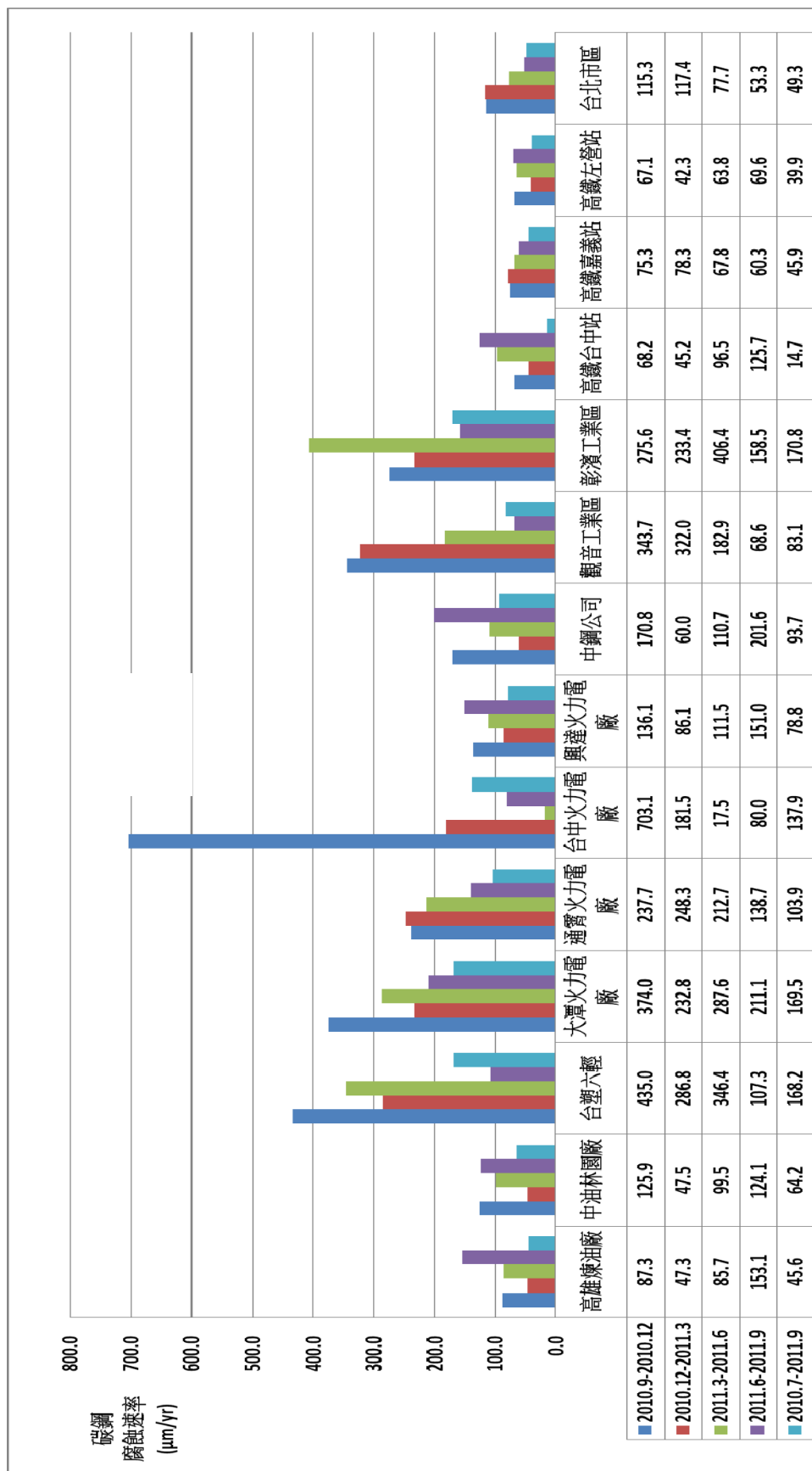


註 1：腐蝕速率為試驗線測站平均值

圖 4.39 垂直海岸試驗線 銅平均腐蝕速率比較



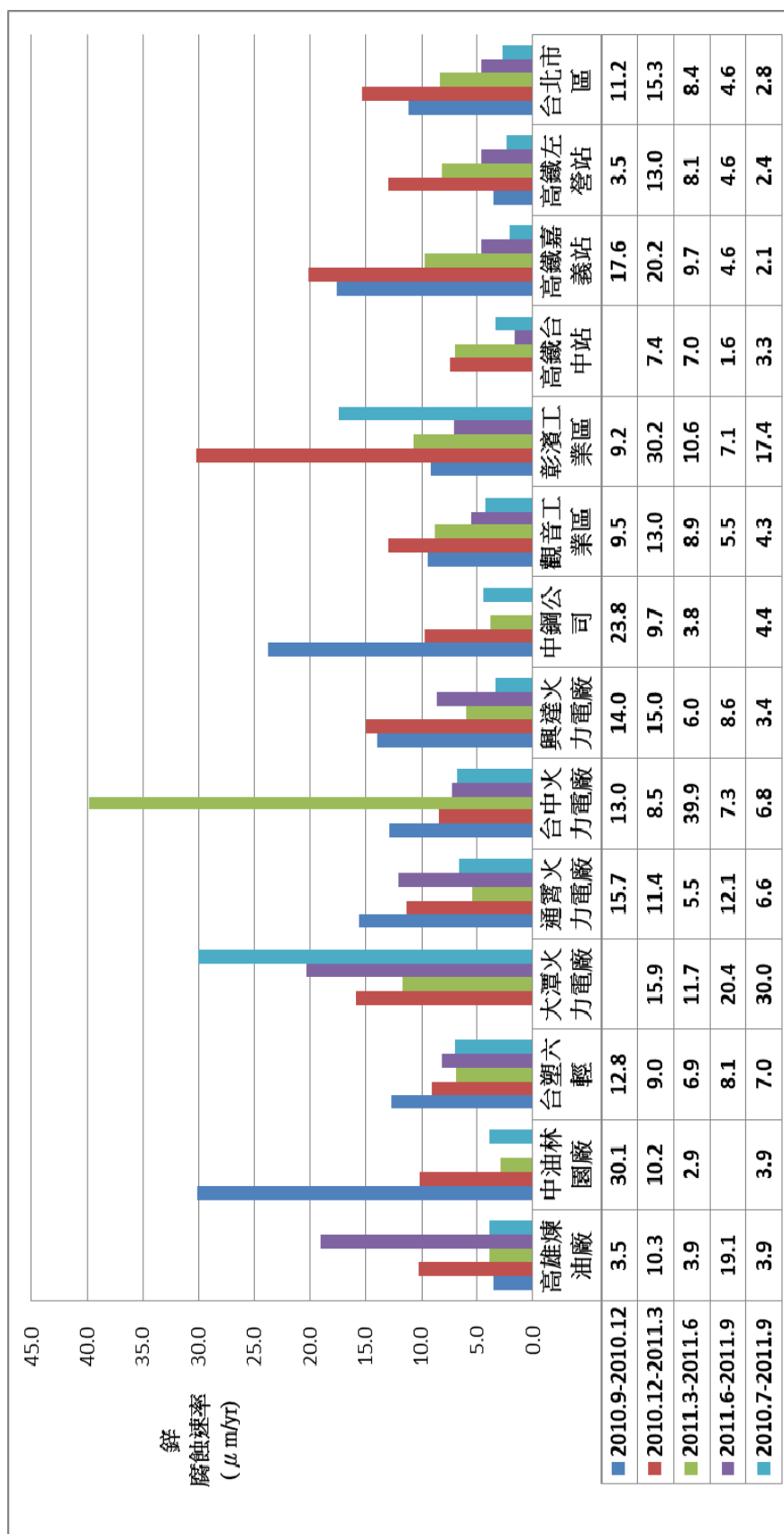
註 1：腐蝕速率為試驗線測站平均值



註 1：台塑六輕、大潭火力電廠腐蝕速率為測站平均值

註 2：空白處為遺失

圖 4.41 特定測站碳鋼腐蝕速率比較



註 1：台塑六輕、大潭火力電廠腐蝕速率為測站平均值

註 2：空白處為遺失

圖 4.42 特定測站 鋅金屬平均腐蝕速率比較

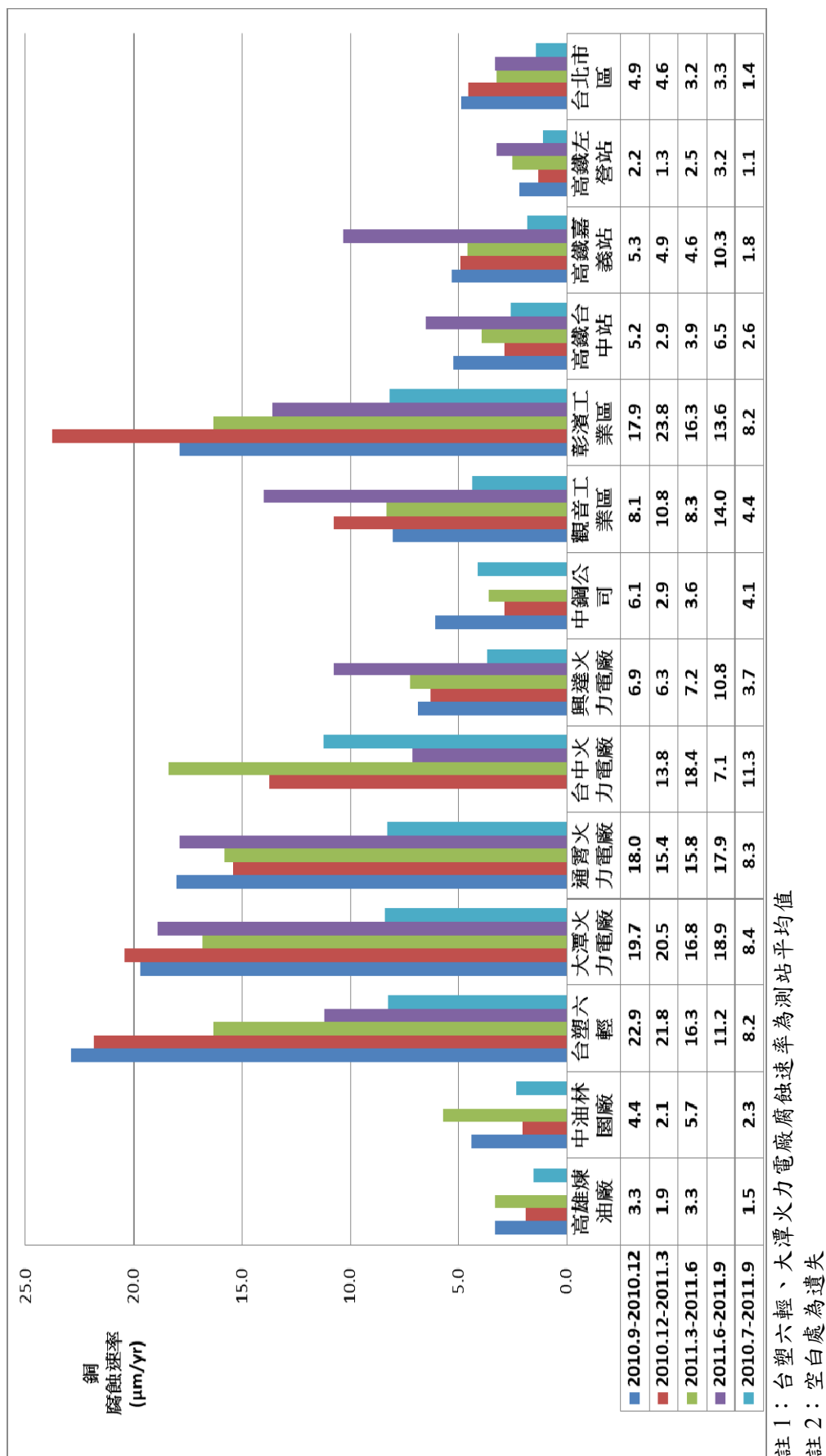
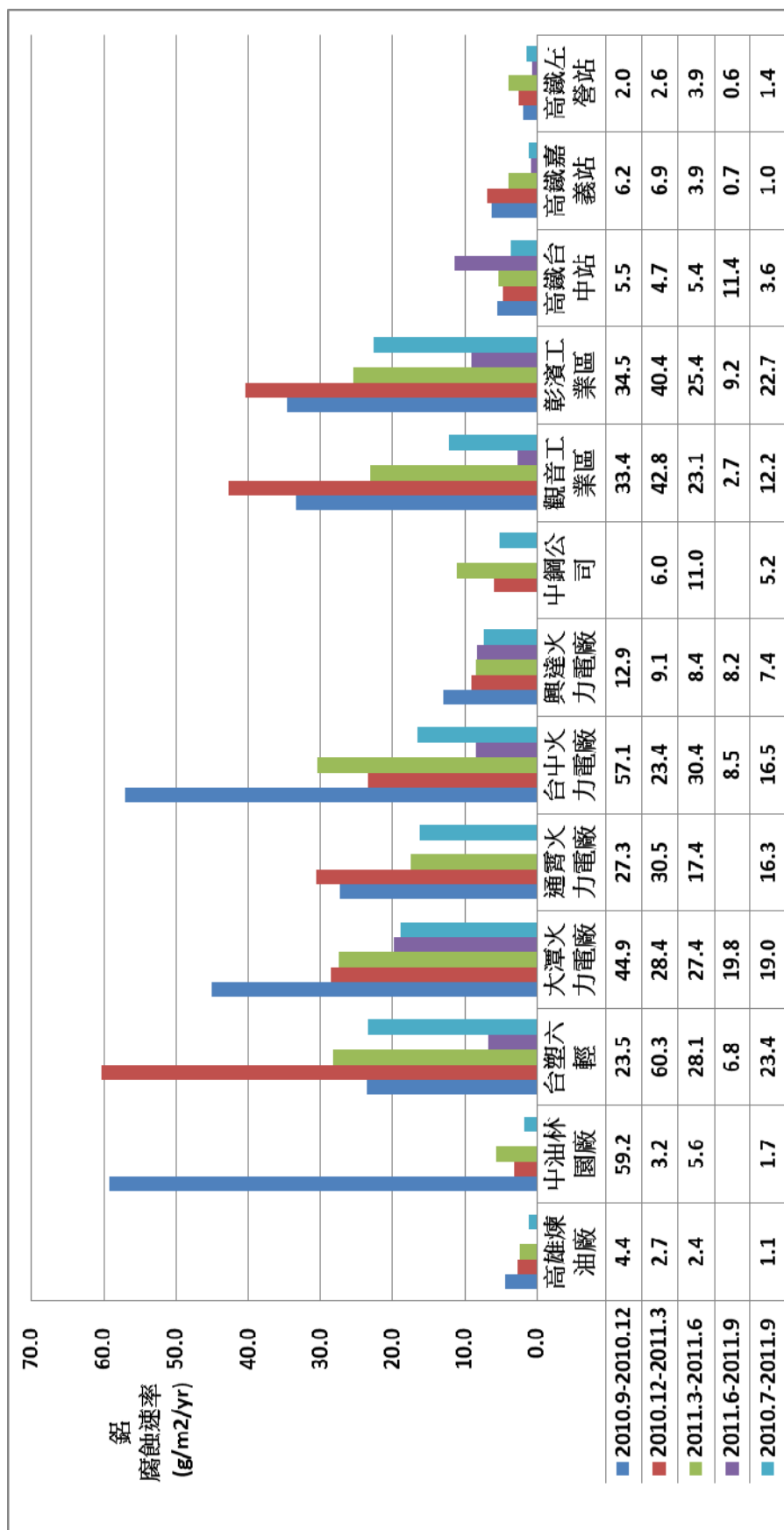


圖 4.43 特定測站 銅金屬平均腐蝕速率比較



註 1：台塑六輕、大潭火力電廠腐蝕速率為測站平均值

註 2：空白處為遺失

圖 4.44 特定測站 鋁金屬平均腐蝕速率比較

4.5.2 各金屬大氣腐蝕環境分類

今彙整 2010.07-2011.09 試片之腐蝕速率進行各金屬的大氣腐蝕分類，結果如表 4-10 所示。表中，C5+表示金屬的腐蝕速率已超過 CNS 13401 規範中所規定之 C5 的腐蝕速率。

(圖 4.45 至圖 4.48)分別為碳鋼、鋅、銅、鋁金屬在 2010.07-2011.09 暴露期間之大氣腐蝕分類等位圖；圖中等位線區間的顏色依表 4-19 中各金屬最初第一年之腐蝕速率來區分，C5 等級以上(C5+)以紅色表示，其值均大於 CNS 13401 (ISO 9223)的最高分類標準 C5 等級 200 $\mu\text{m}/\text{yr}$ 。C5 等級以粉紅色表示，C4 等級以藍色表示，C3 等級以綠色表示，C2 等級以黃色表示，C1 等級則以淡黃色表示。

一般而言，除了在山區的試驗位址如北橫巴陵及阿里山外，碳鋼、鋅、銅、鋁金屬在臺灣的大氣腐蝕環境分類多為 C3 以上，針對碳鋼金屬(圖 4.45)，基隆試驗線、桃園試驗線、新竹漁港、東北角風景管理處、檳仔樹安檢所、龍德工業區、及陽明山硫磺區腐蝕速率均較其他地區高，為 C5+等級，在北橫巴陵及阿里山為 C2 等級相對其他地區低。至於鋅金屬(圖 4.46)以檳仔樹安檢所、臺中港試驗線、彰濱工業區、外埔安檢所、永安安檢所腐蝕速率達 C5+等級，在阿里山及高鐵嘉義站為 C3 等級相對其他地區低。銅的腐蝕速率以東部及西部沿海地區安檢所及基隆試驗線、桃園試驗線、臺中港試驗線及臺塑六輕試驗線與陽明山硫磺區較為嚴重腐蝕速率達 C5+等級(圖 4.47)。而針對鋁金屬(圖 4.48)，鋁的腐蝕速率以麥寮六輕試驗線、桃園大潭試驗線較為嚴重。以西部沿海地區腐蝕速率相對其他地區高。

表 4-10 各試驗地點大氣腐蝕環境分類表-依金屬腐蝕速率分析分類

試驗期間：2010.09-2011.09

項次	試驗地點	碳鋼	鋅	銅	鋁
1	基隆港試驗線 0m	C5	C5	C5	C5
2	基隆港試驗線 100m	C5+	C5	C5+	C5+
3	基隆港試驗線 3km	C5	C4	C4	C4
4	梗枋安檢所	C5	C5	C5	C5
5	龍德工業區	C5+	C4	C5+	C5+
6	蘇澳港試驗線 0m	C4	C4	C5	C3
7	蘇澳港試驗線 100m	C4	C4	C5	C4
8	蘇澳港試驗線 300m	C4	C4	C4	C4
9	南澳安檢所	C4	C4	C5	C4
10	和平工業區	C3	C4	C4	C4
11	太魯閣國家公園管理處	C3	C4	C4	C3
12	美崙工業區	C4	C4	C4	C3
13	花蓮港試驗線 0m	C5	C4	C5+	C5
14	花蓮港試驗線 100m	C4	C4	C5	C4
15	花蓮港試驗線 300m	C3	C4	C5	C4
16	橄仔樹安檢所	C5+	C5+	C5+	C5
17	石梯安檢所	C4	C4	C5	C4
18	新港安檢所(成功)	C5	C5	C5+	C4
19	金樽安檢所(東河)	C5	C4	C5	C4
20	伽蘭安檢所(富岡)	C5	C5	C5+	C5
21	豐樂工業區	C3	C4	C4	-
22	尚武安檢所	-	-	-	-
23	核三廠試驗線 0M	C5	-	C5+	-
24	核三廠試驗線 100M	C4	C4	C5	C3
25	核三廠試驗線 300M	C4	C4	C5	C3
26	核三廠試驗線 1KM	C4	C4	C5	C3
27	屏東工業區	C3	C4	C4	-
28	中油林園廠	C4	C4	C4	C3
29	中鋼公司	C5	C5	C5	C5
30	鳳山工業區	C3	C4	C4	C4
31	大發工業區	C4	C4	C5	C4
32	高雄港試驗線 0m	-	-	-	-
33	高雄港試驗線 100m	C4	C4	C4	C4
34	高雄港試驗線 300m	C4	C4	C5	C5
35	高雄港試驗線 1km	C4	C4	C4	C3

項次	試驗地點	碳鋼	鋅	銅	鋁
36	高雄港試驗線 3km	C3	C4	C4	C3
37	高鐵左營站	C3	C4	C3	C3
38	高雄煉油廠	C3	C4	C4	C3
39	永安工業區	C4	C3	C3	-
40	興達火力電廠	C4	C4	C5	C5
41	安平工業區	C4	C4	C4	C5
42	成大水工所	C3	C4	C4	C4
43	官田工業區	C3	C4	C5+	C3
44	東石安檢所	C5	C4	C5	C5+
45	朴子工業區	C4	C4	C4	C5
46	高鐵嘉義站	C3	C3	C4	C3
47	斗六工業區	C3	-	C3	-
48	台塑六輕試驗線 0m	C5	C5	C5+	C5+
49	台塑六輕試驗線 100m	C5	C5	C5+	C5+
50	台塑六輕試驗線 300m	C5	C5	C5+	C5+
51	台塑六輕試驗線 1km	C5	C5	-	-
52	台塑六輕試驗線 3km	C5	C5	C5+	C5+
53	王功安檢所	C5	C5	C5+	C5+
54	彰濱工業區	C5	C5+	C5+	C5+
55	田中工業區	C3	C5	C4	C4
56	南崗工業區	C3	C4	C4	C3
57	大里工業區	C3	C4	C4	C3
58	高鐵臺中站	C2	C4	C4	C4
59	臺中工業區	C3	C5	C4	C3
60	關聯工業區	C5	C5	C5	C5+
61	臺中火力電廠	C5	C5	C5+	C5+
62	臺中港試驗線 0m	-	C5+	C5	C5+
63	臺中港試驗線 100m	C5	C5	C5	C5
64	臺中港試驗線 1km	C4	C5	C5	C5
65	五甲安檢所	C5	C5	C5+	C5+
66	通霄火力電廠	C5	C5	C5+	C5+
67	外埔安檢所	C5	C5+	C5+	C5+
68	竹南工業區	C4	C3	C4	C5
69	頭份工業區	C4	C5	C4	C5
70	工研院	C4	C4	C4	C4
71	新竹工業區	C4	C4	C4	-

項次	試驗地點	碳鋼	鋅	銅	鋁
72	平鎮工業區	C4	C4	C4	C4
73	桃園試驗線 0m	C5+	C5+	C5+	C5+
74	桃園試驗線 300m	C5	C5	C5	C5+
75	臺北市	C3	C4	C4	C4
76	陽明山國家公園管理處	C5+	C4	C5+	C4
77	陽明山硫磺區	C5+	C5	C5+	C5
78	北橫巴陵	C2	C4	C2	-
79	阿里山	C2	C3	C4	-
80	桃園試驗線 1km	C5	C5	C5	C5+
81	東北角風景管理處	C5+	C4	C5	C5
82	臺北港監測站	C4	C4	C4	C4
83	樹林工業區(服務中心)	C4	C4	C5+	C5+
84	平鎮工業區(服務中心)	C4	C4	C4	C4
85	觀音工業區(服務中心)	C5	C5	C5	C5+
86	永安安檢所	C5	C5+	C5+	C5+
87	新竹漁港	C5+	C5	C5+	C5+

註：- 表示試片遺失

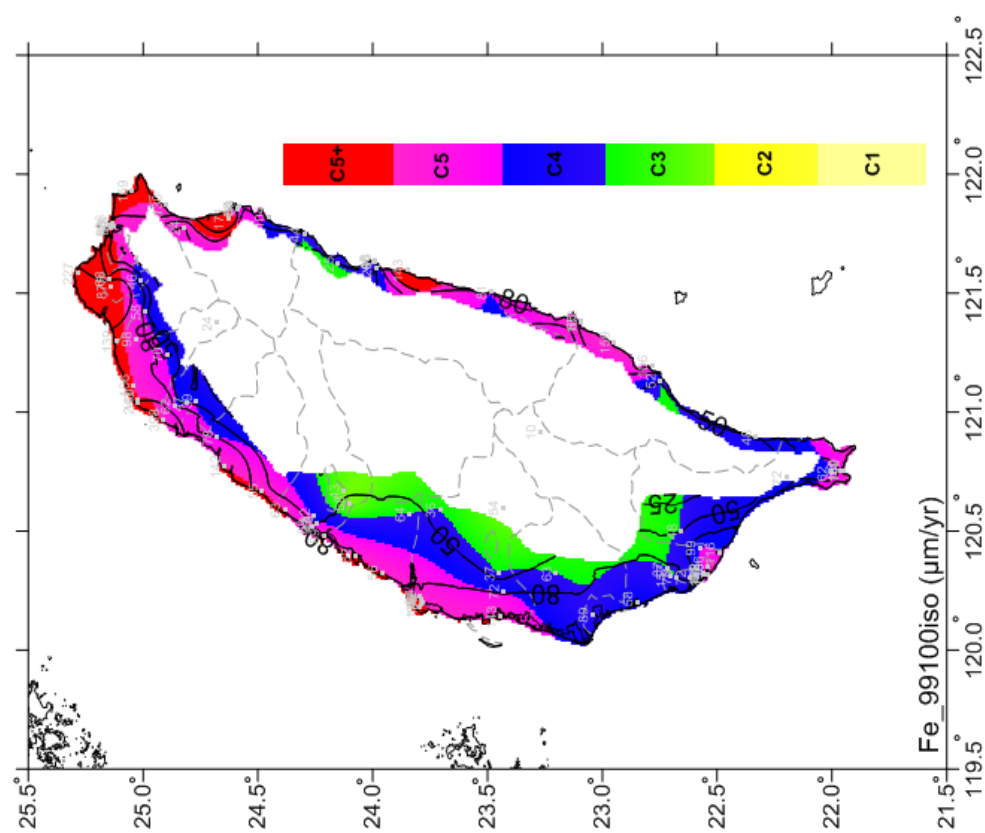


圖 4.45 碳鋼 2010-2011 年腐蝕速率 ISO 分類

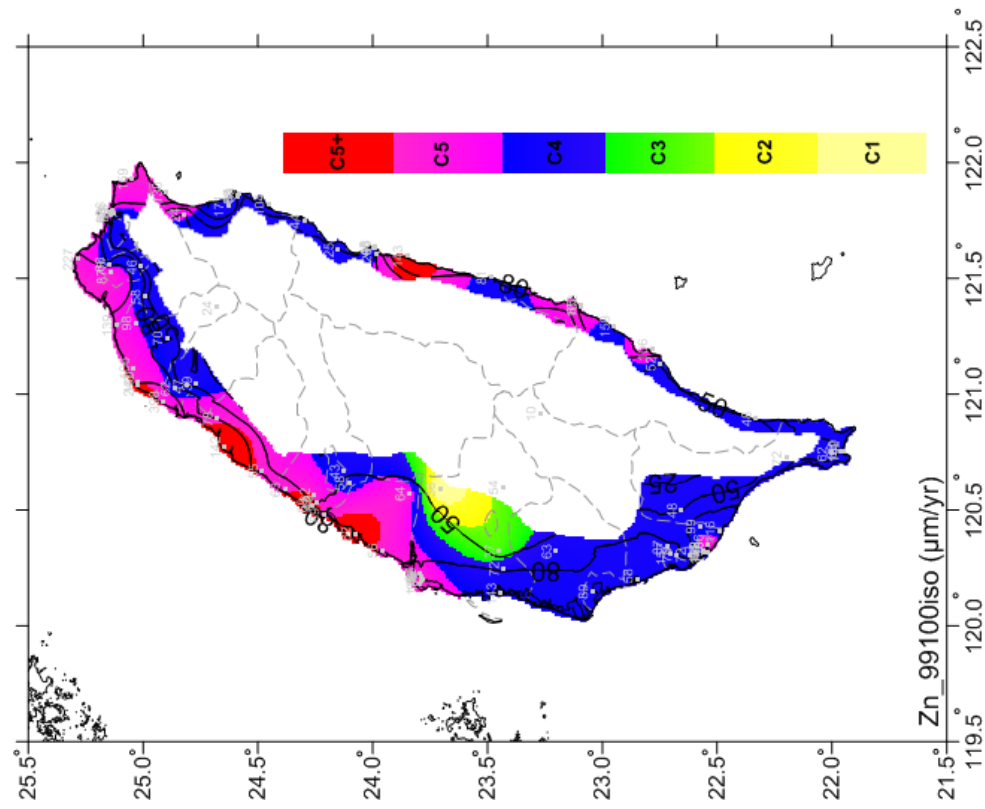


圖 4.46 鋅第 2010-2011 年腐蝕速率 ISO 分類

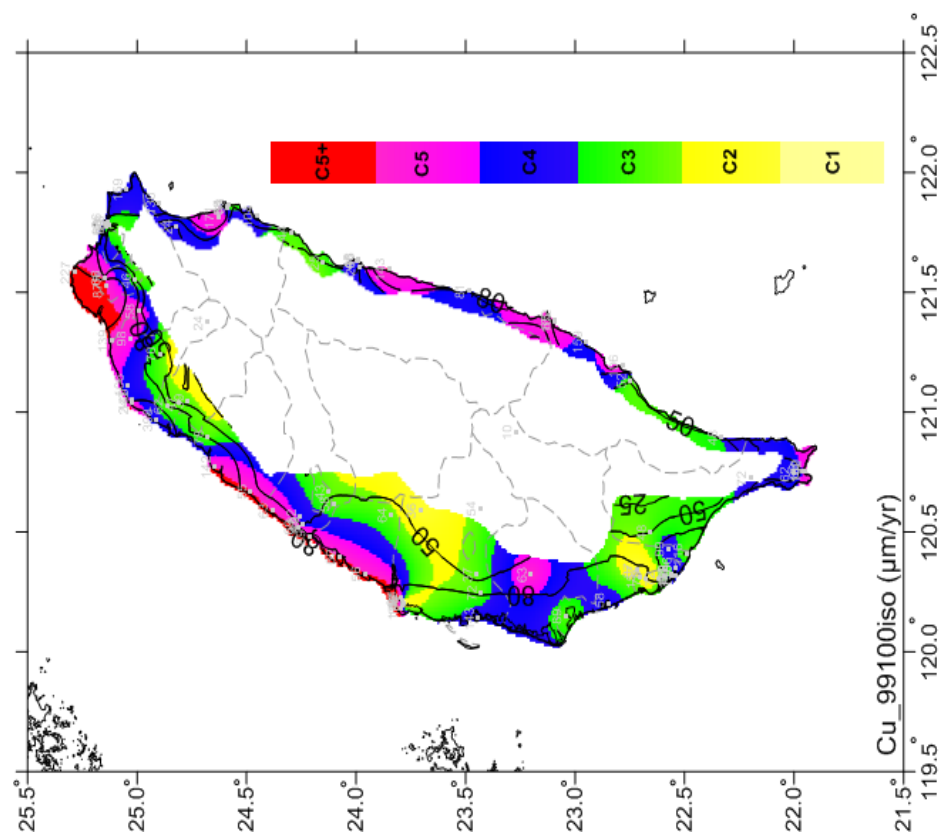


圖 4.47 銅 2010-2011 年腐蝕速率 ISO 分類

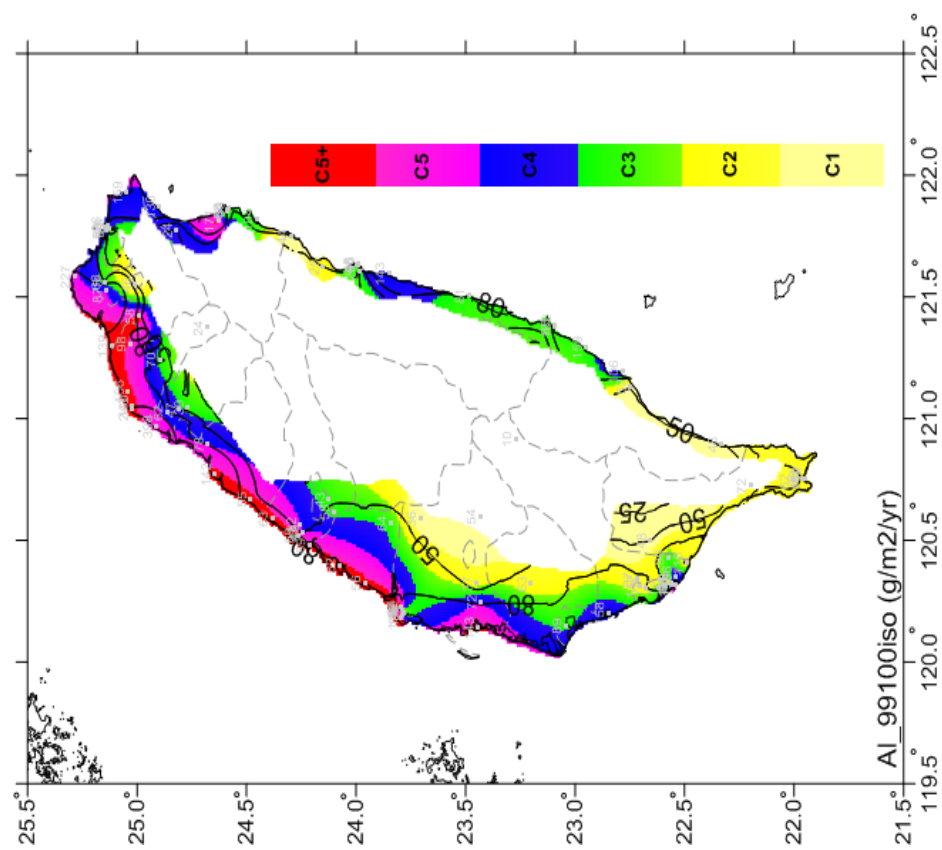


圖 4.48 鋁 2010-2011 年腐蝕速率 ISO 分類

第五章 大氣腐蝕因子資料庫功能維護與擴充

5.1 系統功能規劃

本年度的系統功能規畫將 ACCESS 資料庫改採用 SQL Server，藉由重新建置 SQL Server 資料庫的同時，改變資料的存寫表格再搭配試驗週期的管理，並建立起資料之間的關聯性，讓資料可以靈活運用，使建置趨勢圖上也將更有發展空間。本年度在此資料庫系統中維護並擴充項目說明如下：

1. ACCESS 資料庫改採用 SQL Server：

由於 ACCESS 資料安全性低、使用人數上有限制以及資料庫物件及大小受限，因此改採用延展性及安全性較高的 SQL Server。

2. 建立季度資料維護：建置一個資料表，用於管理所有試驗週期的編號（如 96q3data）、年度、週期、中文名稱及期限（開始年月、結束年月）等資料，可即時且有效率的管理匯入資料的顯示名稱及其時間週期。

3. 全系統資料庫結構重新調整設計：由於以往於建立新季度之數據資料都採用資料表(view_totaldata)新增欄位的方式建立新季度之資料，為了使未來的資料圖表更具彈性，在資料庫方面，調整結構（數據資料欄位規劃：試驗點 ID、試驗類型、季度、數據資料）；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。

4. 新增數據與資料上架：本年度之新增的數據資料加入資料庫。包含本年度各監測點之金屬腐蝕相片，使腐蝕數據更新並完整。

5. Google Map 整合：為了讓使用者在使用本系統中，觀察數據的使用上更加方便，因此將本資料庫系統套疊於目前全球通行之 GoogleMap，讓使用介面朝更便利，直覺化的方向發展。

6. **會員前臺作業建置：**查看專業資訊的專家學者或是相關單位可自行申請會員帳號。會員機制包含加入會員、密碼查詢、系統登入／登出、瀏覽權限判斷、會員資料維護等。
7. **會員管理後臺作業：**管理者可在管理頁面中，查詢所有會員清單，並對所有會員資料作新增、修改、刪除等動作，並可設定會員權限等級及會員狀態（分未啟用、啟用、鎖定等）。另外，凡有兩年以上未登入者，系統將定義為逾期未登入帳號，將其帳號狀態設為鎖定。
8. **圖片資料管理：**前臺顯示的現地試驗照片設為動態頁面，並可依照年度及試驗點關鍵字查詢腐蝕照片資料。資料由管理者在管理頁面設定季度並上傳圖片。
9. **資料匯入：**調整 Excel 匯入功能，將試驗數據依照金屬類別、環境因子等類型匯入資料庫中，並利用正規化檢查數據資料格式。
10. **GoogleMap 連結：**Google 地圖上的試驗點開啟後的檢視，新增試驗相片及新增 2011 的數據資料顯示。

5.2 新增數據與資料上架

本資料庫系統新增數據資料計有：金屬(鋼、鋅、銅、鋁)監測站有 87 個、二氧化硫沉積量監測站 49 個及氯鹽沉積量監測站 60 個。2011 年第一季、第二季、第三季及第四季數據與 2011 年全年期數據資料。整理相關資料分析將其繪製濕度、氯鹽沉積量、二氧化硫沉積量及鋼、鋅、銅、鋁四種金屬大氣腐蝕環境分類等位圖。如圖 5.1~5.6 所示。

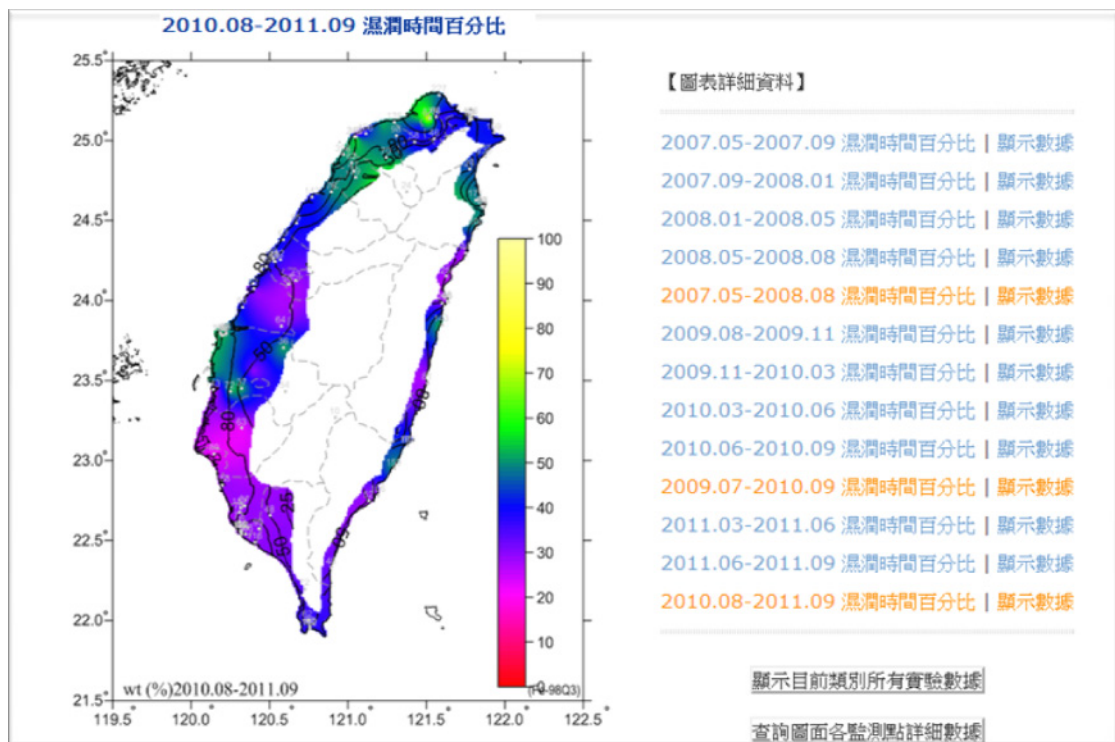


圖 5.1 濕潤時間新增資料顯示

氯離子(Cl)沉積速率

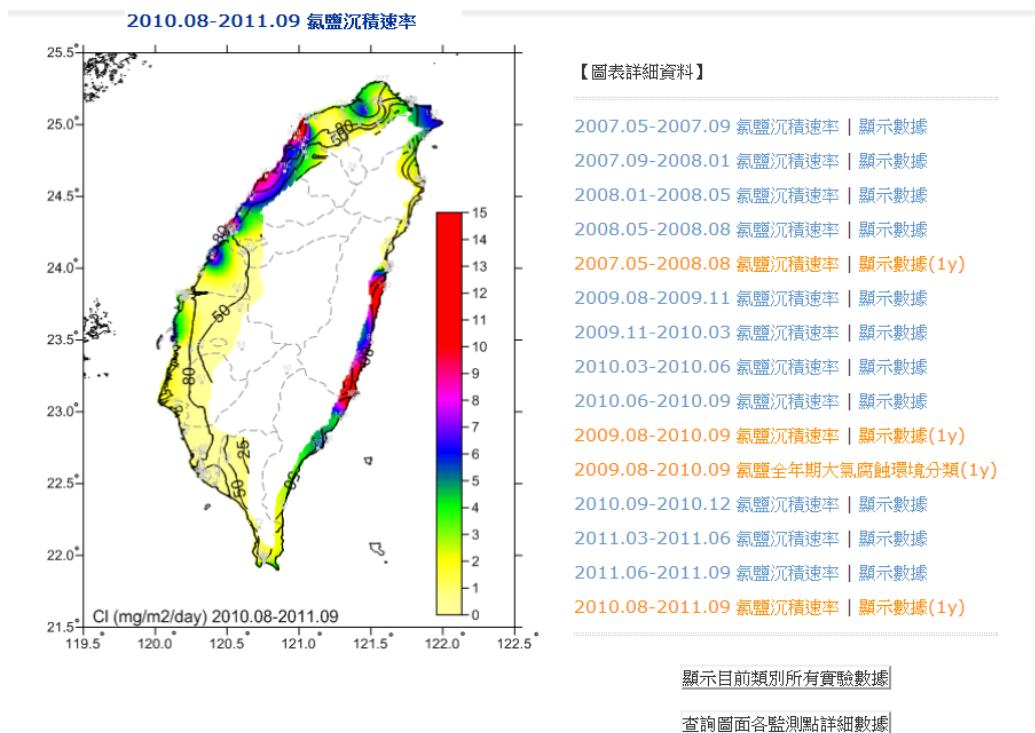


圖 5.2 氯離子新增資料顯示

CL(氣)試驗地點實驗數據											
試驗地點	2007年第三季 (2007.09-2007.12)	2007年第四季 (2007.12-2008.03)	2007~2008年一年期 (2007.09-2008.09)	2007~2008年一年期大氣腐蝕環境分類 (2007.09-2008.09)	2008年第一季 (2008.03-2008.06)	2008年第三季 (2008.09-2008.12)	2009年第三季 (2009.09-2009.12)	2009年第四季 (2009.12-2010.03)	2009~2010年一年期 (2009.09-2010.09)	2009~2010年一年期大氣腐蝕環境分類 (2009.09-2010.09)	2010年第一季 (2010.03-2010.06)
核一廠	8.55	9.46	40.32	S1	11.23	7.69	-	-	-	-	-
龍德工業區	3.73	0.68	4.95	S1	2.08	2.86	0.11	2.37	1.71	S0	5
台北市區	0.48	0.73	1.03	S0	0.93	0.21	2.92	22.89	0.56	S0	1
陽明山國家公園	0.34	0.15	1.79	S0	1.49	0.24	0.06	1.81	0.52	S0	2
北橫巴陵	0.20	0.45	0.13	S0	0.32	1.86	0.57	0.49	0.17	S0	0
阿里山	0.31	0.25	0.23	S0	0.26	4.28	0.04	0.32	0.14	S0	0
南橫天池	0.27	0.20	0.29	S0	0.33	0.13	-	-	-	-	-
桃園試驗線1Km	2.05	6.89	6.11	S1	2.29	1.63	33.76	-	2.91	S0	7
蘇澳港試驗線0m	2.07	1.53	14.80	S1	3.09	4.80	3.65	3.29	0.86	S0	19
蘇澳港試驗線100m	1.43	1.27	20.91	S1	2.38	2.35	3.38	2.76	1.41	S0	6

圖 5.3 氯離子資料顯示(詳細)

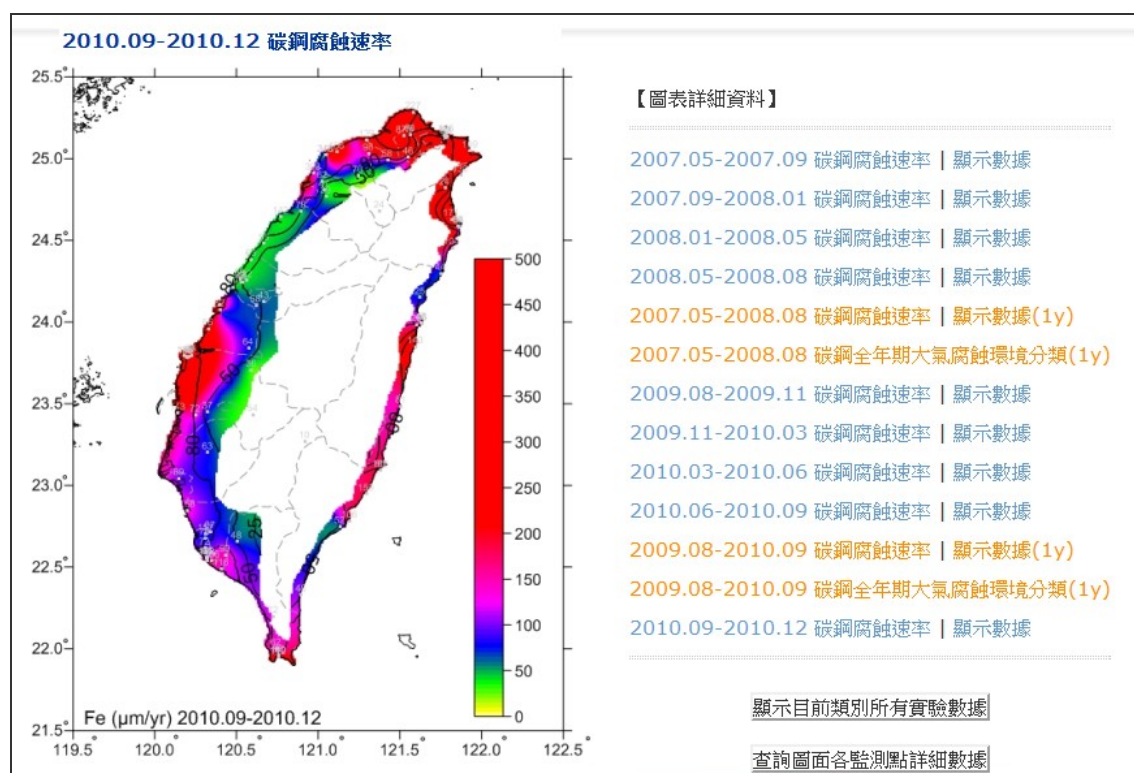


圖 5.4 碳鋼(Fe)新增資料顯示

試驗地點	2007.05-2007.09	2007.09-2008.01	2008.01-2008.05	2008.05-2008.08	2007.05-2008.08	全年大氣腐蝕環境分類	2009年第三季	2009年第四季	2010.03-2010.06	2010.06-2010.09	2010.09-2010.12	2009.08-2010.09	全年大氣腐蝕環境分類
核一廠	226.6	388.1	230.7	350.9	290.9	C5+	-	-	-	-	-	-	-
基隆試驗線 0m	126.3	254.2	218.7	151.3	247.0	C5+	237.032	363.96	176.388	80.707	360.82	159.564	C5
基隆試驗線 100m	-	-	-	-	-	-	417.192	435.132	281.218	79.656	649.046	317.388	C5+
基隆試驗線 300m	68.92	249.4	179.4	100.4	247.2	C5+	-	-	-	-	-	-	-
基隆試驗線 1Km	57.69	173.2	175.9	72.55	112.5	C5	-	-	-	-	-	-	-
基隆試驗線 3Km	58.72	205.7	148.3	69.30	113.4	C5	183.826	228.159	102.978	42.726	233.368	115.634	-
澳底安檢所	158.8	325.5	274.2	210.9	323.6	C5+	-	-	-	-	-	-	-
橫枋安檢所	129.8	212.6	39.26	172.3	155.1	C5	289.133	165.335	202.481	159.931	337.481	130.557	C5
礁溪火車站	24.44	58.24	54.96	63.58	27.28	C3	-	-	-	-	-	-	-

圖 5.5 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。

5.3 建立季度資料維護

根據全系統資料庫結構重新調整設計，本資料庫系統建置季度資料維護，用於管理所有試驗週期(季度)的編號（如 96q3data）、年度、週期、中文名稱及期限（開始年月、結束年月）等資料，可即時且有效率的管理匯入資料的顯示名稱及其時間週期。如圖 5.6~5.8 所示。

季度資料管理

查詢 新增

年 度	不限 ▾	狀 態	不限 ▾	試驗類型	不限 ▾	
功 能	季度代號	使用狀態	年 度	試驗週期	顯示名稱	季度期間
修改 刪除	100101iso	停用中	2011	一年期大氣腐蝕環境分類	2011~2012年一年期大氣腐蝕環境分類	2010.10.01 ~ 2011.10.01
修改 刪除	100101data	停用中	2011	一年期	2011~2012年一年期	2010.10.01 ~ 2011.10.01
修改 刪除	100q4data	停用中	2011	第四季	2011年第四季	2011.10.01 ~ 2011.10.01
修改 刪除	100q3data	使用中	2011	第三季	2011年第三季	2011.10.01 ~ 2011.12.31
修改 刪除	100q2data	使用中	2011	第二季	2011年第二季	2011.07.01 ~ 2011.09.30
修改 刪除	100q1data	使用中	2011	第一季	2011年第一季	2011.03.01 ~ 2011.06.30
修改 刪除	99100iso	使用中	2010	一年期大氣腐蝕環境分類	2010~2011年一年期大氣腐蝕環境分類	2010.09.01 ~ 2011.09.12
修改 刪除	99100data	使用中	2010	一年期	2010~2011年一年期	2010.09.01 ~ 2011.09.01
修改 刪除	99q4data	使用中	2010	第四季	2010年第四季	2010.12.01 ~ 2011.02.28
修改 刪除	99q3data	使用中	2010	第三季	2010年第三季	2010.09.01 ~ 2010.11.30

圖 5.6 季度管理列表

季度資料管理

季度資料管理				
季度編號	96q3data			
使用狀態*	☒ 使用中 ☐ 停用中			
年 度*	2007			
季度週期類型*	第三季			
顯示名稱*	2007年第三季			
季度開始日期*	2007.09.01	..	(ex. 2012.12.18)	
季度結束日期*	2007.12.01	..	(ex. 2012.12.18)	
儲存修改 取消修改				

圖 5.7 季度管理維護

CL(氯)試驗地點實驗數據

試驗地點	2007年第三季(2007.09~2007.12) 數據(mg/m ² /day)
核一廠	8.55
龍德工業區	3.73
台北市區	0.48
陽明山國家公園	0.34
北橫巴陵	0.20
阿里山	0.31
南橫天池	0.27
桃園試驗線1Km	2.05
蘇澳港試驗線0m	2.07
蘇澳港試驗線100m	1.43
蘇澳港試驗線300m	1.21
東北角風景管理處	-
台北港監測站	-
平鎮工業區(服務中心)	-
觀音工業區(服務中心)	-
永安安檢所	-
新竹漁港	-
蘇澳港試驗線1Km	0.46
南澳安檢所	5.76
太魯閣國家公園	0.20

圖 5.8 即時顯示名稱季度名稱及其時間週期

5.4 全系統資料庫結構重新調整設計

由於以往於建立新季度之數據資料都採用資料表(view_totaldata)新增欄位的方式建立新季度之資料，為了使未來的資料圖表更具彈性，在資料庫方面，調整結構（數據資料欄位規劃：試驗點 ID、試驗類型、季度、數據資料）。如圖 5.10 所示。資料匯入配合調整拆解出單一試驗點、單一試驗類型、單一季度、單一數據資料的型態，而非整張大表，在資料顯示或繪製趨勢表更具彈性。

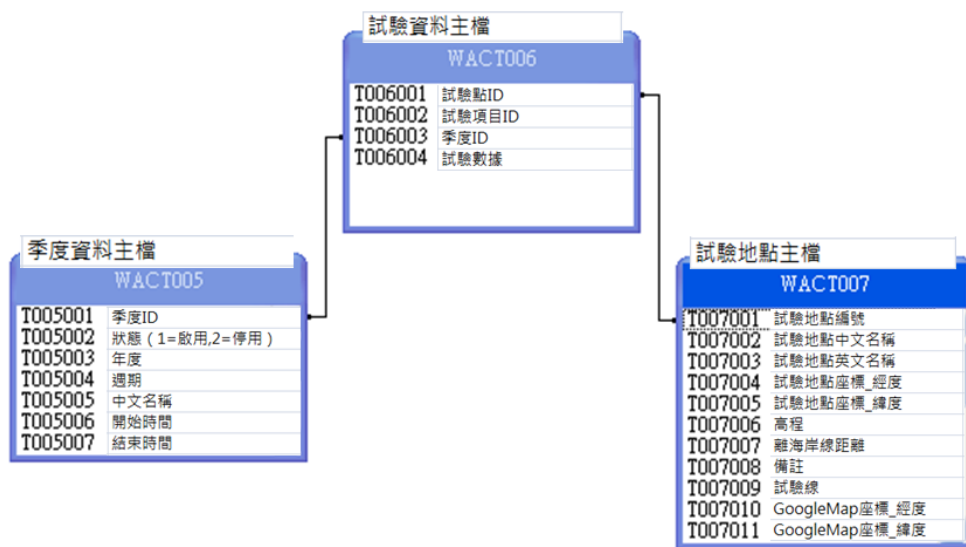


圖 5.9 資料庫資料表欄位規劃

5.5 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。如圖 5.11~5.12 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:
☒ 破銅(Fe)腐蝕速率 ☐ 鋅(Zn)腐蝕速率 ☐ 銅(Cu)腐蝕速率 ☐ 鋁(Al)腐蝕速率

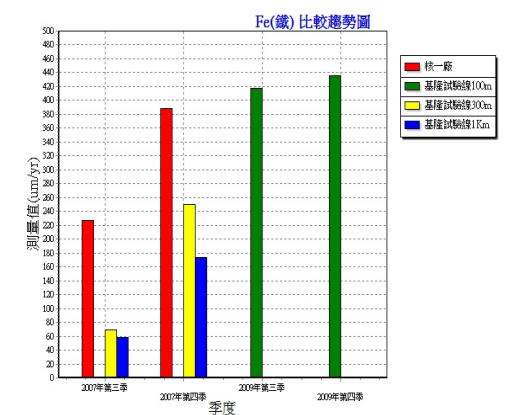
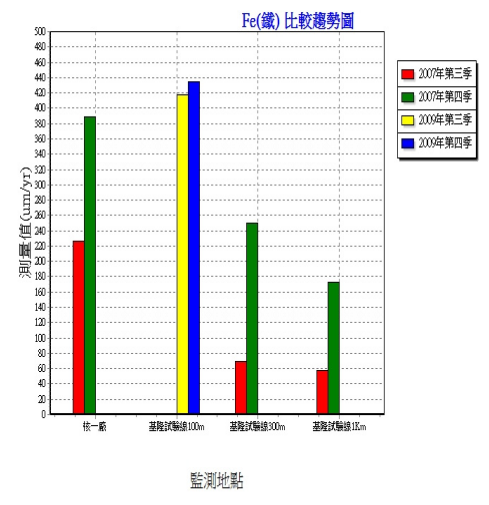
步驟二:請選擇圖形種類與產生方式

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

	待選擇的季度	已選擇的季度(點選任一季度可移除)
季度清單	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 5.10 選擇繪製趨勢圖之季度



Fe(鐵)試驗地點實驗數據

試驗地點	2007年第三季 (μm/yr) (2007.09-2007.12)	2007年第四季 (μm/yr) (2007.12-2008.03)	2009年第三季 (μm/yr) (2009.09-2009.12)	2009年第四季 (μm/yr) (2009.12-2010.03)
核一廠	226.69	388.11	-	-
基隆試驗線 100m	-	-	417.19	435.13
基隆試驗線 300m	68.93	249.48	-	-
基隆試驗線1Km	57.69	173.20	-	-

Fe(鐵)試驗地點實驗數據

試驗地點	核一廠 (μm/yr)	基隆試驗線 100m (μm/yr)	基隆試驗線 300m (μm/yr)	基隆試驗線 1Km (μm/yr)
2007年第三季 (2007.09-2007.12)	226.69	-	68.93	57.69
2007年第四季 (2007.12-2008.03)	388.11	-	249.48	173.20
2009年第三季 (2009.09-2009.12)	-	417.19	-	-
2009年第四季 (2009.12-2010.03)	-	435.13	-	-

圖 5.11 手動繪趨勢圖 vs 手動繪趨勢圖(季度)

第六章 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。

本計畫預期目標包括：1.進行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.將調查結果整理分析且建立大氣腐蝕因子資料庫，4.完成臺灣大氣腐蝕環境分類之工作。

在此目標下，本計畫遂於蒐集氣象資料、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。

6.1 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大潭試驗線、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(2010.07-2010.11)較其他季節偏高以桃園大潭試驗線 0m 處 $242.7\text{mg/m}^2/\text{day}$ 最高。
2. 臺灣本島一年期累積的氯鹽沉積速率，氯鹽沉積速率介於 0.48 至 $151.5\text{mg/m}^2/\text{day}$ (阿里山至桃園試驗線)之間，較高的沉積速率發生在桃園試驗線，所測得的氯鹽沉積速率大於 $90\text{mg/m}^2/\text{day}$ ；其次為台塑六輕試驗線、外埔安檢所、通霄火力發電廠，沉積速率介於 30 與 $70\text{mg/m}^2/\text{day}$ 。在北橫巴陵及阿里山氯鹽沉積速率都低於 $1.0\text{mg/m}^2/\text{day}$ ，氯鹽沉積速率無顯著變化。在高鐵沿線各站方面，一年期累積調查結果分別為：臺中站 $1.27\text{mg/m}^2/\text{day}$ 、嘉義站 $1.76\text{mg/m}^2/\text{day}$ 與左營站 $1.57\text{mg/m}^2/\text{day}$ 。
3. 四次調查的結果分佈情形。在西海岸秋季(2010.09 -2009.12)與冬季

(2009.12 -2011.03)期間，以觀音工業區、通霄火力電廠、臺中火力電廠、彰濱工業區、中鋼公司、興達火力電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。

4. 在一年期，二氧化硫的平均沉積速率，以陽明山硫磺區最高，觀音工業區次之其餘較高沉積速率依序發生在龍德工業區、彰濱工業區、中鋼公司、竹南工業區等，山區的試驗位址二氧化硫沉積速率如北橫巴陵及阿里山較低。
5. 臺灣各地於一年調查 2009.08-2010.09 期間，平均濕潤時間百分比介於陽明山國家公園 73.45%及東石安檢所 21.87%之間，而濕潤時間大於 80%則無任何地區。濕潤時間百分比大於 70%有陽明山國家公園及陽明山硫磺區 75.56%。其次介於 40%至 60%之間較大濕潤時間有台塑六輕試驗線、蘇澳港試驗線、桃園試驗線等地區。而濕潤時間介於 20%附近發生在安平工業區 21.92%、東石安檢所 21.87%及高鐵臺中站 26.94%。
6. 碳鋼金屬在臺灣的大氣腐蝕環境分類多為 C3 以上，沿海地區則為 C5 等級，而在麥寮六輕試驗線、桃園大潭試驗線、基隆試驗線、龍德工業區、臺塑六輕試驗線、桃園試驗線、陽明山硫磺區腐蝕環境可達到 C5+等級。在一年期碳鋼的腐蝕暴露試驗，腐蝕速率介於 $14.69 \mu\text{m/yr}$ 臺中高鐵站到 $584.92 \mu\text{m/yr}$ 陽明山硫磺區之間。
7. 鋅金屬以桃園大潭試驗線、臺中港試驗線、基隆試驗線、核三廠試驗線腐蝕速率較大，腐蝕環境可達到 C5+等級。在一年期鋅金屬的腐蝕暴露試驗，腐蝕速率介於 $0.81 \mu\text{m/yr}$ 永安工業區至 $29.99 \mu\text{m/yr}$ 桃園試驗線之間。
8. 銅的腐蝕速率以東部及西部沿海地區安檢所及基隆試驗線、桃園試驗線、臺中港試驗線及臺塑六輕試驗線與陽明山硫磺區較為嚴重腐蝕速率達 C5+等級。在一年期銅金屬的腐蝕暴露試驗，腐蝕速率介於 $0.52 \mu\text{m/yr}$ 北橫巴陵至 $64.75 \mu\text{m/yr}$ 陽明山硫磺區之間。

9. 鋁金屬的腐蝕速率以麥寮六輕試驗線、桃園大潭試驗線較為嚴重，以西部沿海地區腐蝕速率相對其他地區高。在一年期鋁金屬的腐蝕暴露試驗，腐蝕速率介於 $0.38 \text{ g/m}^2/\text{yr}$ 臺北市至 $44.49 \text{ g/m}^2/\text{yr}$ 台塑六輕試驗線之間。
10. 在平行海岸線方面，以高鐵沿線為例，碳鋼為 C2 ~C3 等級，鋅、銅、鋁為 C3~C4 等級。

6.2 研究成果之效益

1. 學術效益，發表國內研討會、期刊、年報 3 篇：

(1) 2012 年第八屆海峽兩岸材料腐蝕與防護研討會，發表論文「臺灣大氣腐蝕因子調查與腐蝕環境分類之探討」。

(2) 2012 年工業材料雜誌，投稿期刊「臺灣大氣腐蝕環境分類資訊系統」。

(3) 2012 年發行交通部運輸研究所專刊，出版年報「臺灣大氣腐蝕劣化因子調查資料年報(2009-2010)」。

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。

6.3 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、台灣科技大學、經濟部工業局、台灣高鐵、台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。

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
成功大學 陳東陽教授	1.本研究為調查臺灣地區大氣腐蝕因子及腐蝕環境分類.本年度為四年期計畫之第二年研究項目包括(1)文獻整理(2)金屬及合金之大氣腐蝕性污染測定方法 (3)標準試片製作與腐蝕速率量測(4)資料庫建立(5)大氣腐蝕環境分類。給予高度肯定 2.臺灣為海島國家，大氣腐蝕因子調查及分類，為一獨特之重要大氣環境資訊測得之資料相當具重要價值，如何將測得數值轉換成具參考之應用資訊及資訊細緻化為一須投注之課題，本人對此研究之價值給予高度肯定，參考文獻可再加強。	謝謝委員指教。 謝謝委員指教。將於未來研究參酌
中央大學 李釗教授	1.建議嘗試整合不同單位相關試驗結果。 2.圖 4.6 4-17 西部地區自北至南的氯鹽沉積速率有相對差異建議探討其原因。 3.研究試驗分析工作量大，本人對此研究之價值給予高度肯定。	謝謝委員指教。將於未來研究參酌 謝謝委員指教，將於未來研究參酌。 謝謝委員指教
清雲科技大學 許書王教授	1.案內所述沉積率高低是否有門檻值可供參考，可否將持	遵照辦理。

審查委員	審查意見	處理情形
	續監測之結果提供環保單位參考。 2.擷取資料的時間點是否會影響分類的結果?例如連假後的資料? 3.試驗線的高度對於所擷取的資料值有影響? 4.依結果觀之,有工業區的地方相對值較高,有鑒於國內新設立之工業區與日漸增多,以及工業區內工廠之消長,此對於本研究成果可能有影響,建議未來除參考本成果外應再對新規設之案件進行區域性調查,報告的展現應同時附上調查當時的現況。 5.引用參考文獻部份建議應予註記。 6.對於調查及分類過程,建議所方未來能做成依標準程序,內容至少包括設點位置選擇、試片製作、數量、調查頻率、資料分析供作卓參。	遵照辦理。將於未來研究參酌 謝謝委員指教,將於未來研究參酌 謝謝委員指教,將於未來研究參酌 謝謝委員指教 謝謝委員指教,將於未來研究參酌
賴聖耀研究員 (已退休)	1.本研究對於大氣腐蝕的調查範圍,非常廣闊,佈滿國內各重要區域,共有 87 個試驗點;調查成果,對於國內的各大工業區、與公共工程的安全維護,皆有極大的貢獻。本委員給予高度的肯定。	謝謝委員指教。

審查委員	審查意見	處理情形
	2.本研究為 101 年度之研究計畫，而調查分析卻用 100 年之資料，相差有一年之久，請於研究報告書的適當位置，加以說明，為何會不一致？以避免審查委員的誤解。 3.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，非常值得持續的調查研究。並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。	遵照辦理。 謝謝委員指教，將於未來研究參酌

附錄二

期末報告簡報資料

101年度自辦計畫期末審查

大氣腐蝕因子調查及 腐蝕環境分類之研究 (2/4)

陳桂清 柯正龍
曾文傑 胡啟文

1



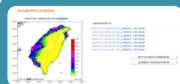
1. 前言



2. 研究流程



3. 大氣腐蝕因子調查及腐蝕環境分類



4. 臺灣大氣腐蝕環境分類資訊系統

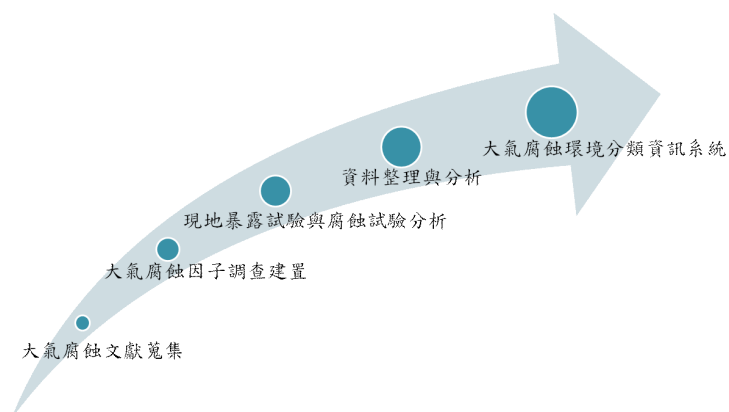
臺灣為一海島，地處熱帶/亞熱帶，高溫、高溼與高鹽份的環境，加上空氣污染，腐蝕環境嚴重。歷年來公共工程常引用國外數據進行防蝕設計，結果常有未達設計年限就已銹蝕損壞。因此防蝕本土化及區域性大氣腐蝕因子調查，對金屬與R.C結構物耐久性設計的影響，更有其重要性



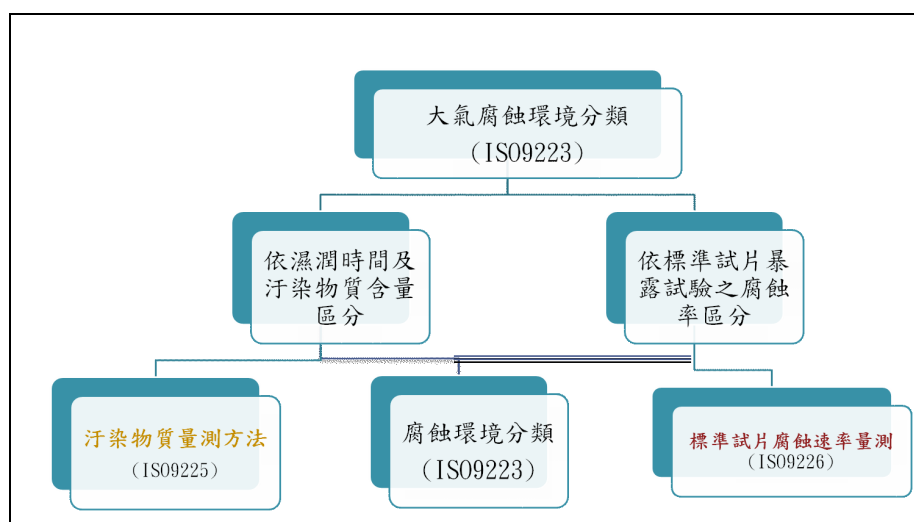
3

➤腐蝕因子資料庫能提供鐵路、公路、港灣及相關單位等金屬材料選用之依據，以達到符合各地區腐蝕環境，確保各公共工程如橋梁、碼頭等重大建設構造物，提昇長期防腐與增長構物壽齡，降低社會成本及提高經濟效益。

4



5



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

氣鹽沉積速率 (mg/m ² /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

SO ₂ 沉積速率 (mg/m ² /day)	SO ₂ 濃度 (μg/m ³)	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

7

碳鋼															
濕潤 氣鹽 二氧化硫	t ₁			t ₂			t ₃			t ₄			t 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	4 or 5	4	4	5	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

□ 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

8

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

註：γ_{corr}表腐蝕速率，為金屬最初第一年之腐蝕速率 CNS 13401 (ISO 9223)

9

試驗範圍：臺灣全島

取樣頻率：每三個月及每一年

腐蝕因子調查項目：氯鹽與 SO_2 沉積量、相對濕度

曝露試驗項目：(螺旋狀)鐵、鋅、銅、鋁之腐蝕速率



10

氯鹽沉積量

氯鹽沉積量 59試驗點

垂直海岸線：29個

平行海岸線：23個

都會區：1個

參考對照：3個

高鐵沿線：3個



佈放：49個試驗點

工業區：29個

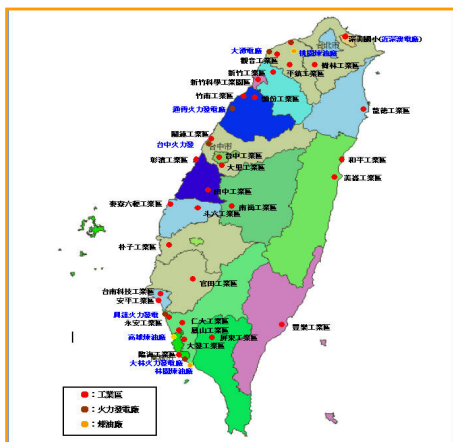
石化與火力電廠：8個

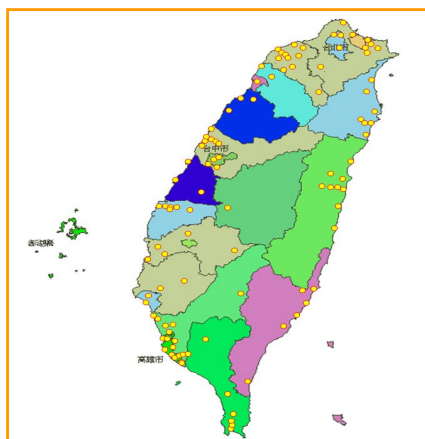
高鐵沿線：3個

硫磺溫泉區：1個

都會地區：3個

參考對照：5個





87個試驗點

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

氯鹽後製作業



1. 燒杯內加入純水



2. 裝水至100ml



3. 取出氯鹽試樣



4. 將綿布取下放入裝
純水之燒杯中



5. 玻璃攪拌均勻之



6. 浸泡等待約10分鐘



7. 抽取浸泡後之試樣



8. 以濾紙過濾試樣液體
裝入標準瓶中



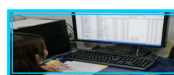
9. 濾紙每次使用後皆須
以純水清洗乾淨



10. 過濾後之試樣標準瓶



11. 氯鹽試樣放入冰箱保存



12. 將標準瓶key in IC

14



1. 將試樣包分類放置



2. 取出二氧化硫試樣



3. 配置碳酸鈉溶液
(1000ml水+50g碳酸鈉)



4. 將二氧化硫平板放入錐形瓶中



5. 加入碳酸鈉溶液20ml



6. 將殘餘之二氧化硫刮起



7. 倒入錐形瓶中



8. 瓶口用鋁箔紙密封



9. 放入低溫震盪機中2小
時加熱100°C



10. 標記位置



11. 震盪完後加入30ml純水稀釋



12. 倒出二氧化硫溶
液



13. 以濾紙過濾試樣液裝入標準瓶中14. 每次使用後皆須以純水清洗
乾淨

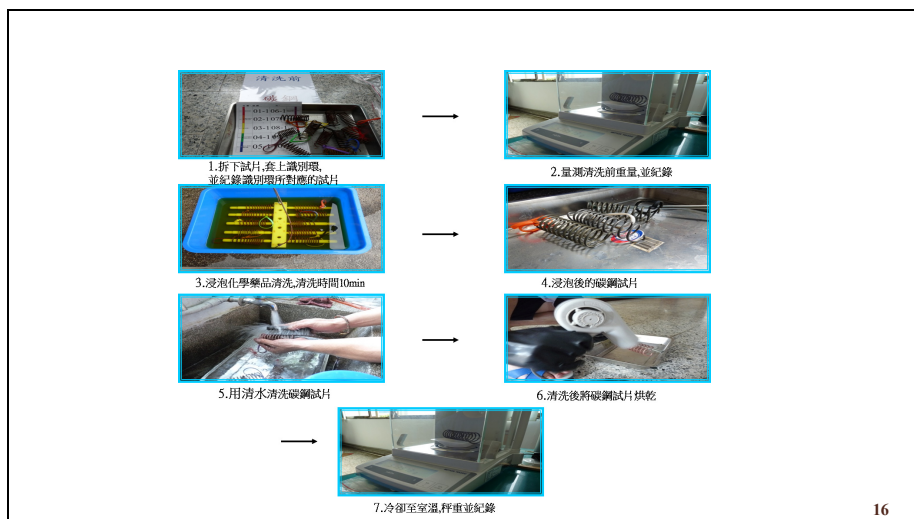


14. 每次使用後皆須以純水清洗
乾淨



15. 將標準瓶key in IC

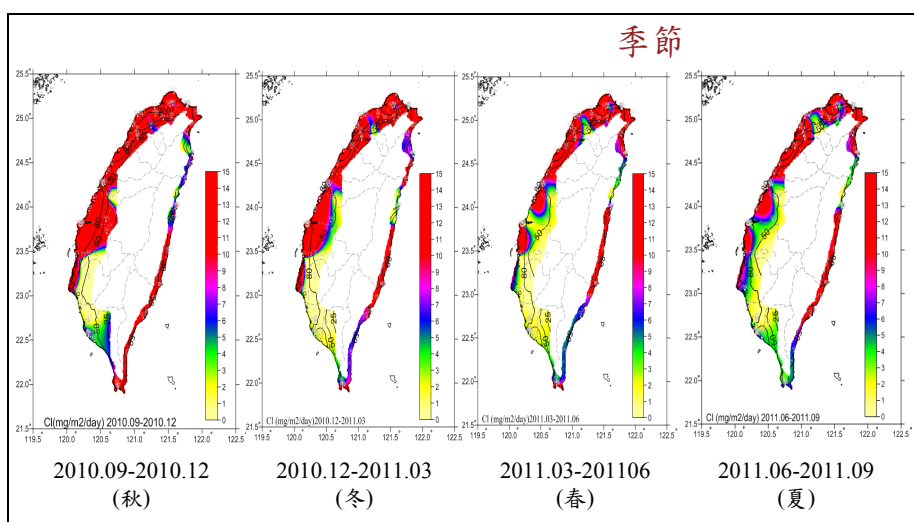
15

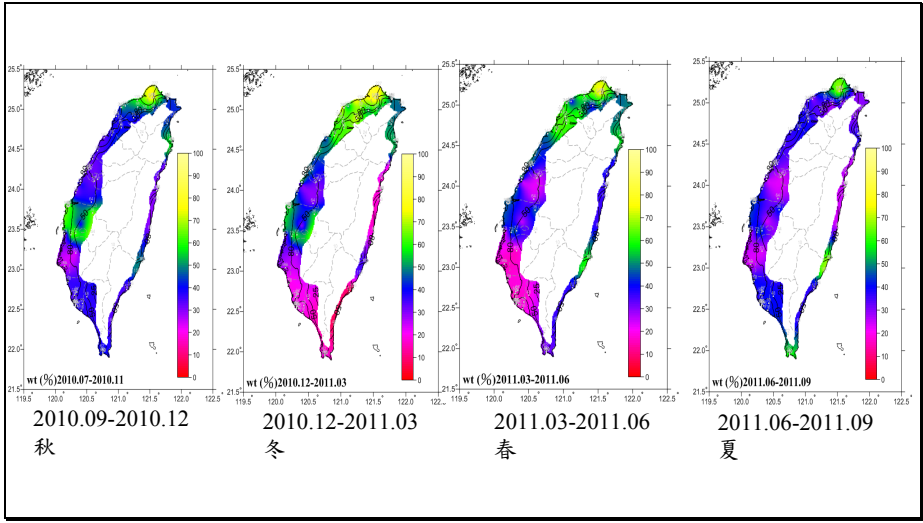
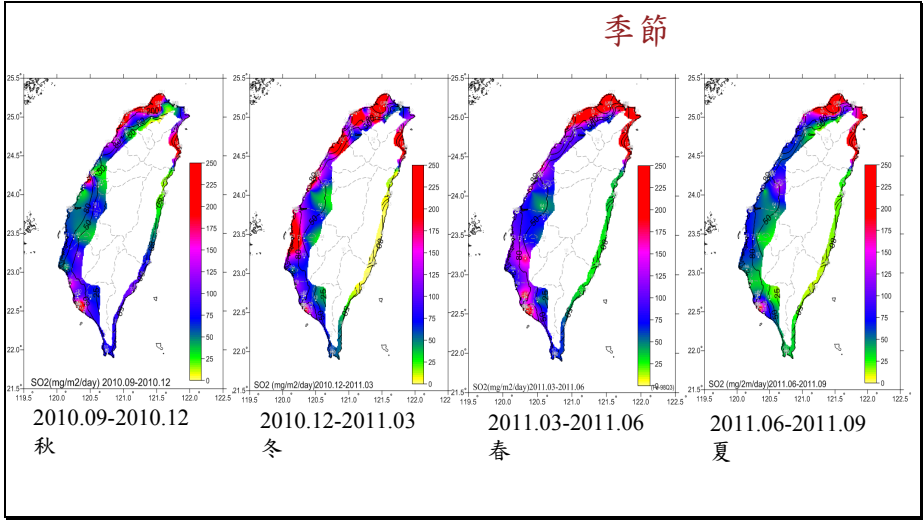
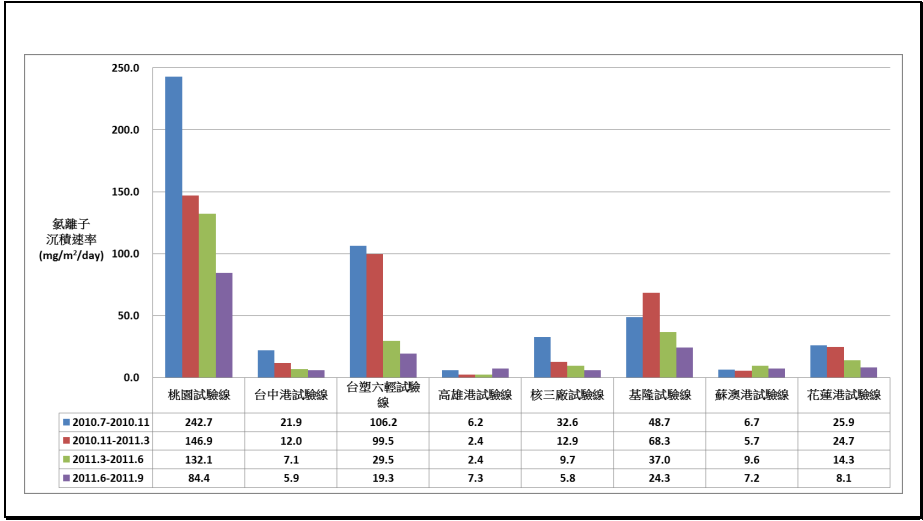


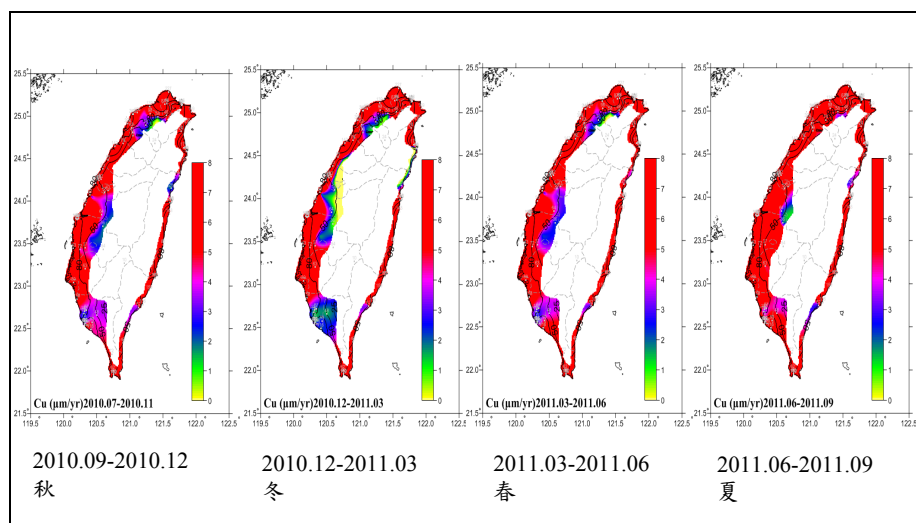
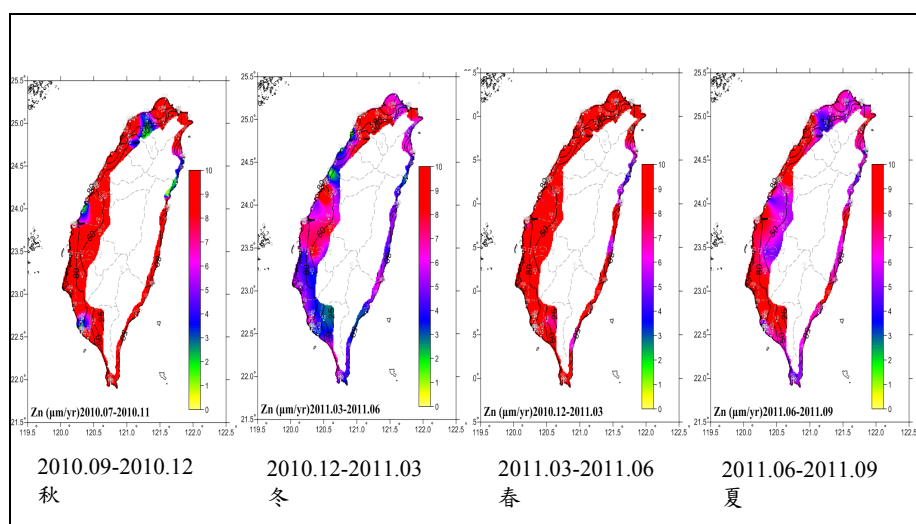
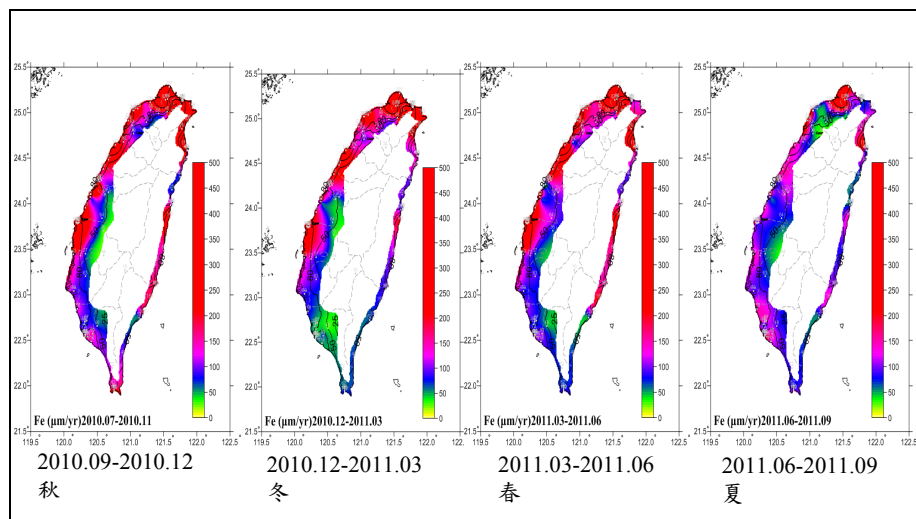
16

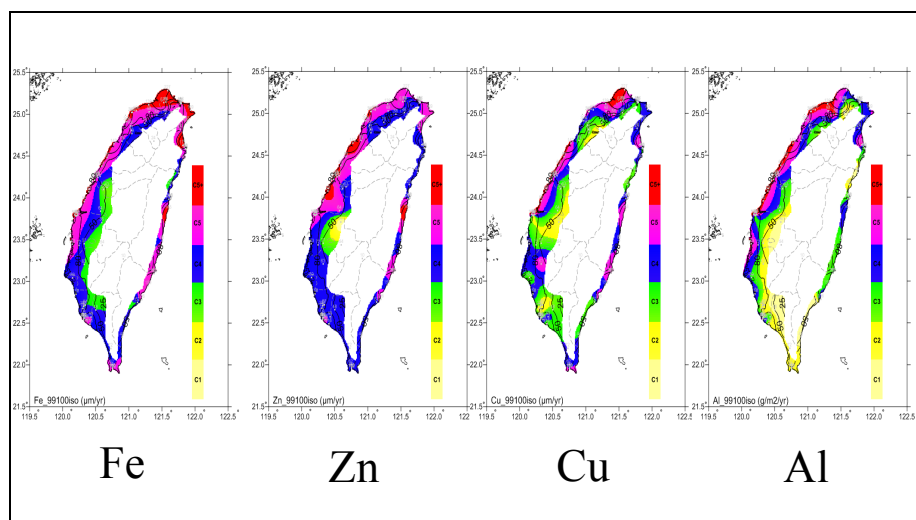
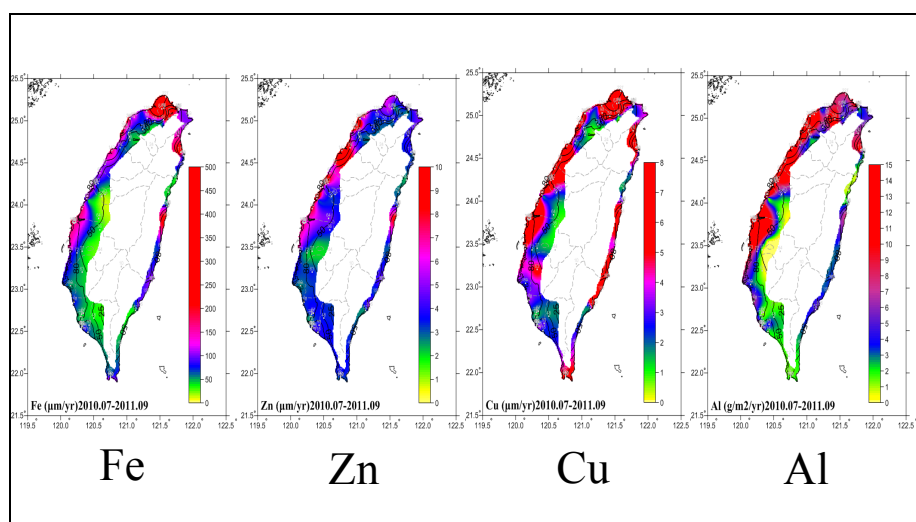
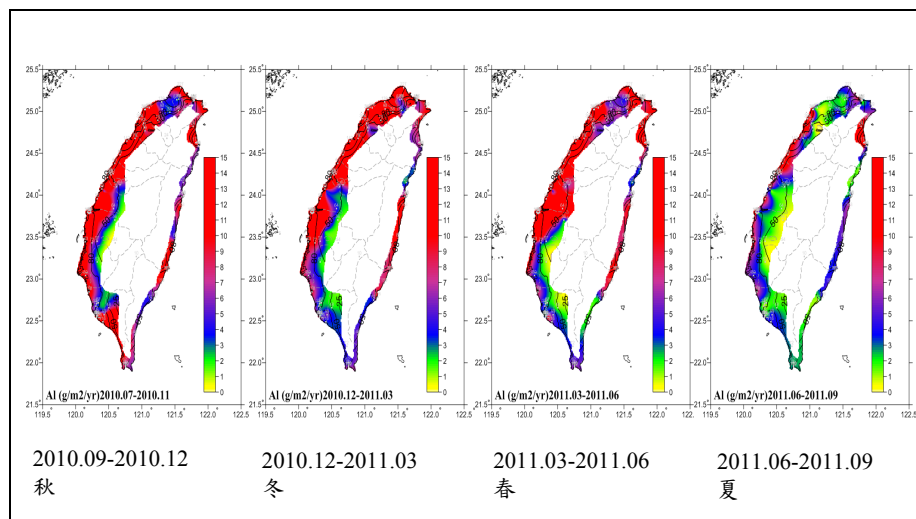


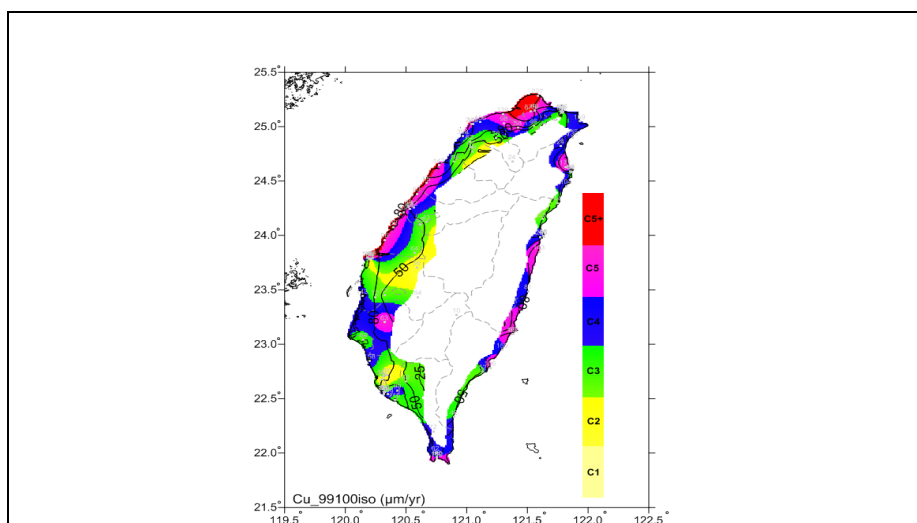
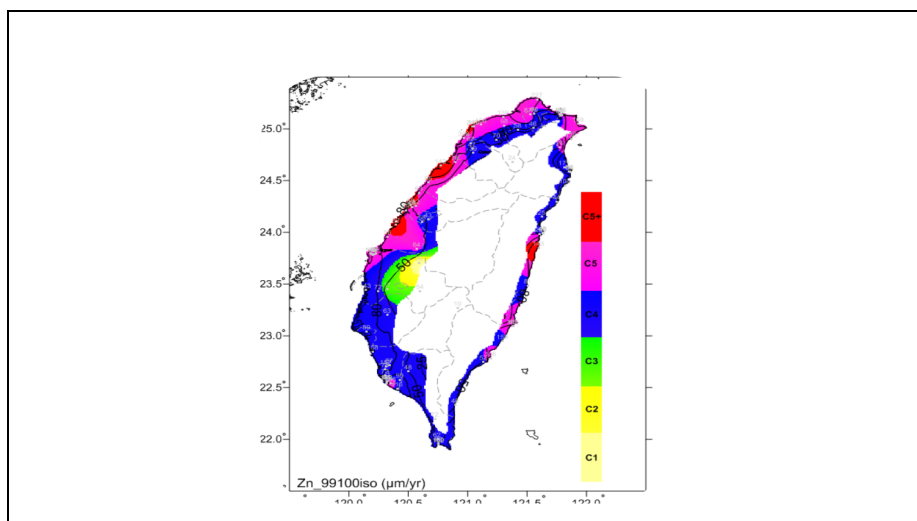
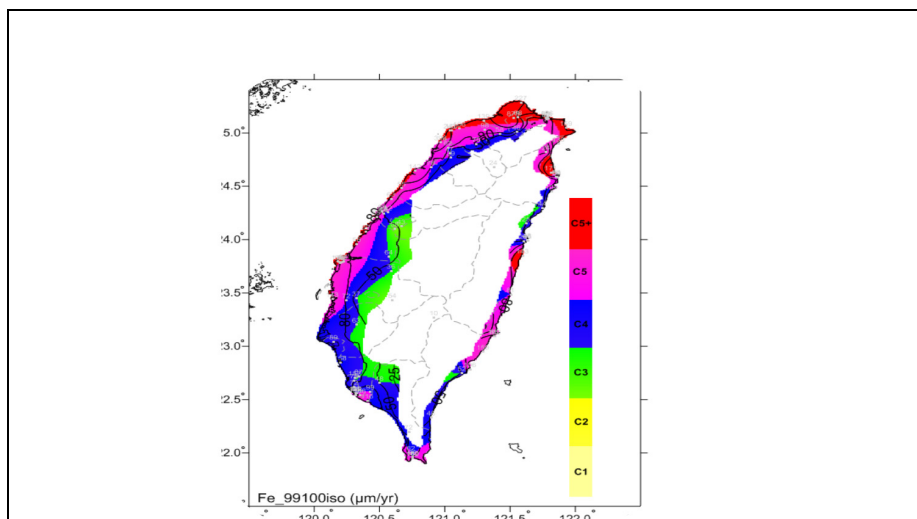
17

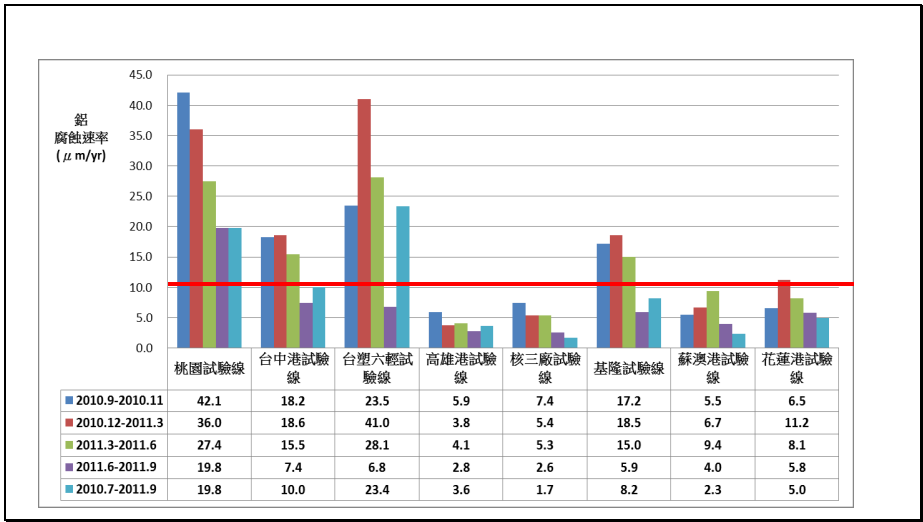
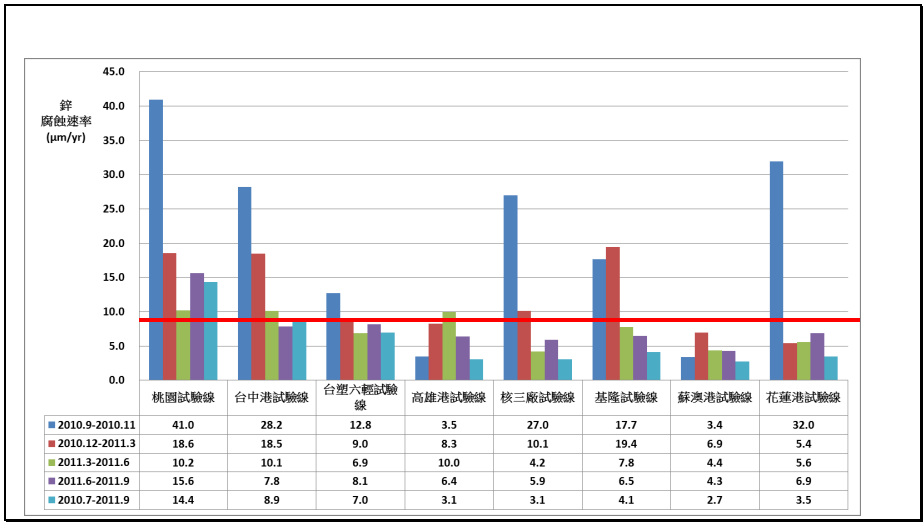
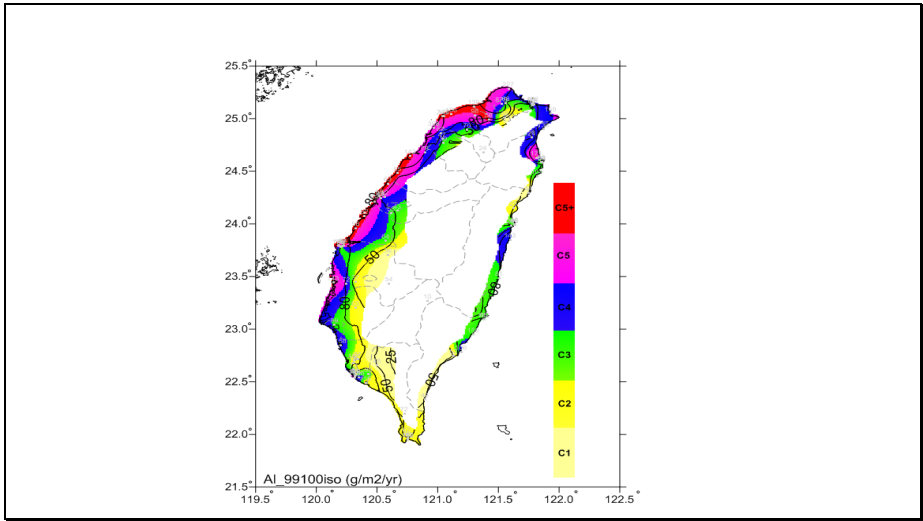


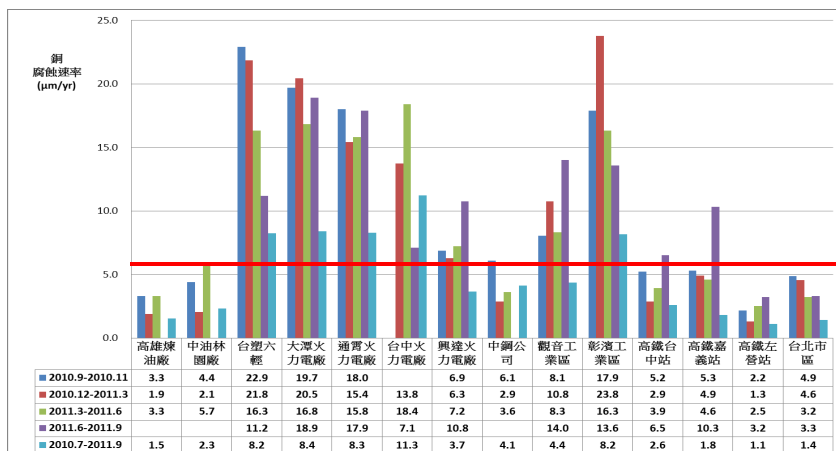
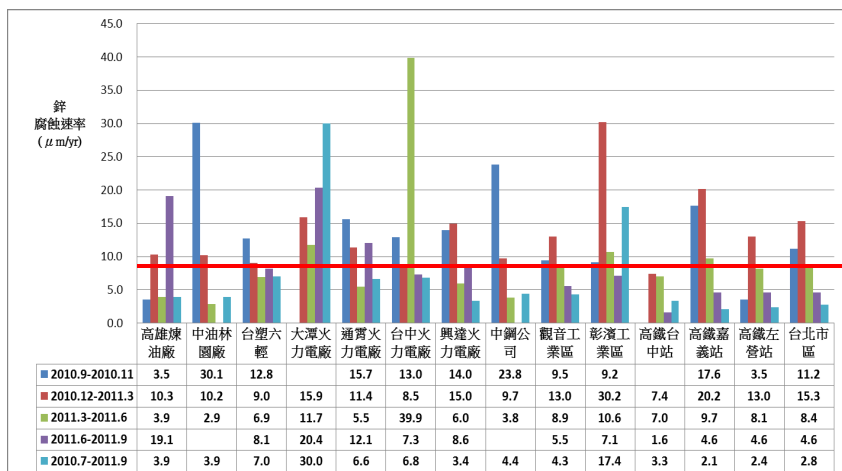
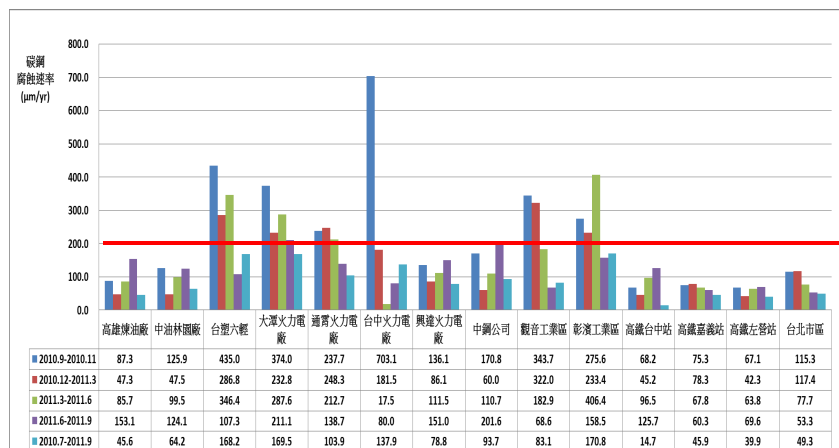


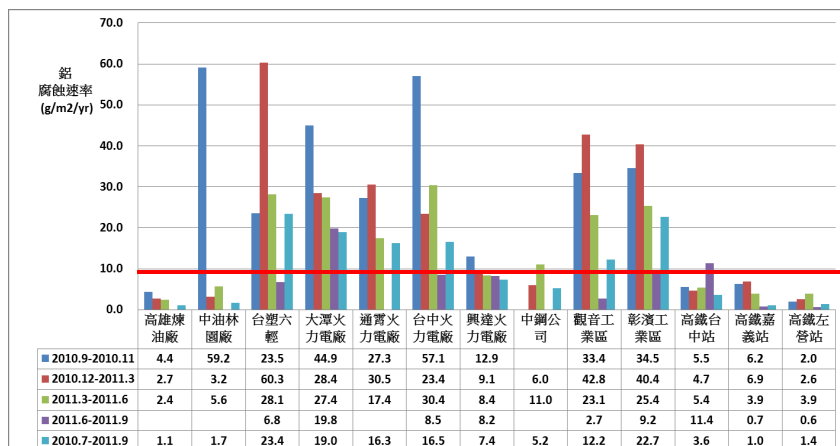












氣鹽沉積速率

- 氣鹽沉積速率調查發現，垂直海岸試驗線之平均氣鹽沉積速率以桃園大潭試驗線、基隆試驗線、臺塑六輕試驗線的氣鹽沉積速率較高。
- 在季節性之差異上以秋季(2010.07-2010.11)較其他季節偏高以桃園大潭試驗線0m處242.7mg/m²/day最高。
- 東部海岸以夏季(2010.06-2010.09)較為嚴重，由梗枋安檢所至尚武安檢所氣鹽沉積速率介於5～65mg/m²/day之間

38

- 西海岸秋季與冬季，以觀音工業區、通霄火力電廠、彰濱工業區、中鋼公司、興達火力電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。
- 在一年期，二氧化硫的平均沉積速率，以陽明山硫磺區最高，觀音工業區次之其餘較高沉積速率依序龍德工業區、彰濱工業區、中鋼公司、竹南工業區等。

39

- 臺灣各地於一年調查，平均濕潤時間百分比介於陽明山國家公園73.45%及東石安檢所21.87%之間

- 濕潤時間百分比大於70%有陽明山國家公園及陽明山硫磺區75.56%。其次介於40%至60%之間較大濕潤時間有台塑六輕試驗線、蘇澳港試驗線、桃園試驗線等地區。而濕潤時間介於20%附近發生在安平工業區21.92%、東石安檢所21.87%及高鐵臺中站26.94%。

40

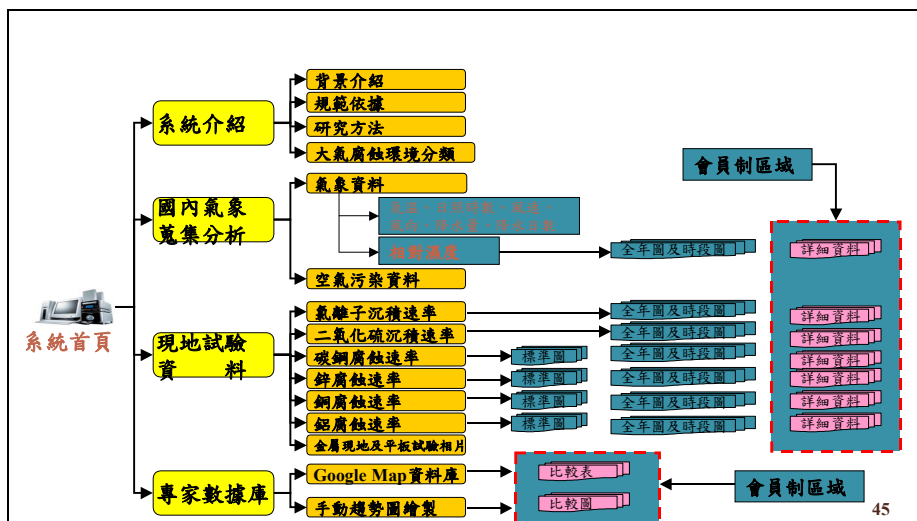
- 碳鋼在臺灣的大氣腐蝕環境分類多為C3以上，沿海地區則為C5等級，在麥寮六輕試驗線、桃園大潭試驗線、基隆試驗線、龍德工業區、臺塑六輕試驗線、桃園試驗線、陽明山硫磺區腐蝕環境可達到C5+等級。
- 在一年期碳鋼的腐蝕暴露試驗，腐蝕速率介於14.69 $\mu\text{m/yr}$ 臺中高鐵站到584.92 $\mu\text{m/yr}$ 陽明山硫磺區之間。

- 鋅金屬以桃園大潭試驗線、臺中港試驗線、基隆試驗線、核三廠試驗線腐蝕速率較大，腐蝕環境可達到C5+等級。在一年期鋅金屬的腐蝕暴露試驗，腐蝕速率介於0.81 $\mu\text{m/yr}$ 永安工業區至29.99 $\mu\text{m/yr}$ 桃園試驗線之間。
- 銅的腐蝕速率以東部及西部沿海地區安檢所及基隆試驗線、桃園試驗線、臺中港試驗線及臺塑六輕試驗線與陽明山硫磺區較為嚴重腐蝕速率達C5+等級。在一年期銅金屬的腐蝕暴露試驗，腐蝕速率介於0.52 $\mu\text{m/yr}$ 北橫巴陵至64.75 $\mu\text{m/yr}$ 陽明山硫磺區之間。

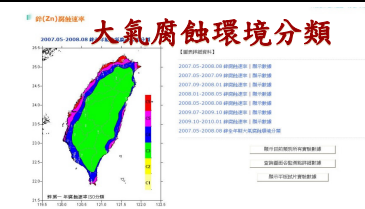
- 鋁金屬的腐蝕速率以麥寮六輕試驗線、桃園大潭試驗線較為嚴重，以西部沿海地區腐蝕速率相對其他地區高。在一年期鋁金屬的腐蝕暴露試驗，腐蝕速率介於0.38 g/m²/yr 臺北市至44.49 g/m²/yr 台塑六輕試驗線之間。
- 在平行海岸線方面，以高鐵沿線為例，碳鋼為C2 ~C3等級，鋅、銅、鋁為C3~C4等級。



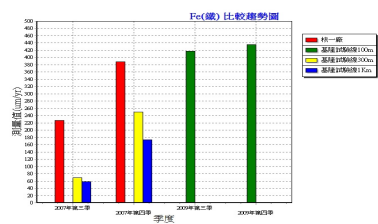
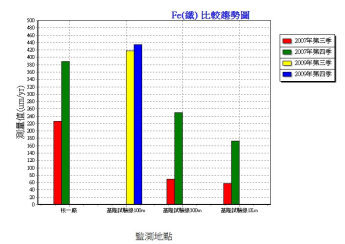
44



45



46



試驗地點	2007年第三季 (μm/yr) (2007.09-2007.12)	2007年第四季 (μm/yr) (2007.12-2008.03)	2009年第三季 (μm/yr) (2009.09-2009.12)	2009年第四季 (μm/yr) (2009.12-2010.03)
統一營	226.69	388.11	-	-
基隆試驗線 100m	-	-	417.19	435.13
基隆試驗線 300m	68.93	249.48	-	-
基隆試驗線1Km	57.69	173.20	-	-

試験地点	概一帯 (μm/yr)	基岩試験100m (μm/yr)	基岩試験300m (μm/yr)	基岩試験1Km (μm/yr)
2007年第3季 (2007.09-2007.12)	226.69	-	68.93	57.69
2007年第3季 (2007.12-2008.03)	388.11	-	249.48	173.20
2009年第3季 (2009.09-2009.12)	-	417.19	-	-
2009年第4季 (2009.12-2010.03)	-	435.13	-	-

47

簡報結束
敬請指教