

洋流發電水下海生物附著分析

洪蕙娟¹ 潘煌鏗²

¹高雄應用科技大學土木工程系 碩士研究生

²高雄應用科技大學土木工程系 教授

摘要

洋流能與太陽能、風能等再生能源發電方式相比，其能源來源穩定許多，可加以開發利用。為擷取北太平洋最大的海流--黑潮之海洋能，需要興建黑潮發電設施及設備，但發展海流發電的相關設備和載具需要置放在海面下，造成設備和載具之海生物附著是重要的影響因素之一，如果海生物附著嚴重會使設備的重量增加、損壞以致無法動作，進而影響發電能力。本文利用實驗的方法，選取 12 塊不同材料的試片，置放在高雄興達漁港，經過一年期間檢視不同階段的生物附著與板材變化，並量測海水性質、海生物的酸鹼性、種類、數量及影響材質的狀況與附著於試片表面深淺情形，觀察試片上的海生物生長及附著，找出容易生長的海生物，做為運用於發電設備及載具設計時防止海生物附著的參考。

關鍵字: 黑潮發電、海生物附著、鋼材銹蝕、海洋

Anti-Marine Algae for the Power Generation of Ocean Current

Hui-Chuan Hung¹ Huang Hsing Pan²

¹Department of Civil Engineering, Kaohsiung University of Applied Sciences, Kaohsiung, Taiwan

²Department of Civil Engineering, Kaohsiung University of Applied Sciences, Kaohsiung, Taiwan

ABSTRACT

Among renewable energy, ocean current comparing with solar and wind provides a stable source of energy. To exploit the ocean current energy of Kuroshio in the north Pacific current, facilities and equipments for power generation are needed. Owing to the equipments and vehicles of Kuroshio power generation are placed in the sea, the adhesion of marine growth becomes an important factor. Serious adhesions of marine creature make the power generation equipments weight, damage and disfunction. In this study, twelve specimens of the metal were selected and placed in Hsingda fishing harbor, Kaohsiung. During one year's observation, we examine and inspect the adhered conditions of marine creature on the samples. Besides, we also measured the properties of seawater, and sea creatures containing pH values, species, quantity, and conditions attached to the specimen surface. According to the comparisons of marine life growth on the surface specimens, the materials to prevent marine growth stuck on equipments and vehicles are designed for power generation in Kuroshio.

Keywords: the Kuroshio power generation, marine growth attached to steel corrosion, marine

一、前言

我國由於自產能源不足，能源進口依存度高達 98% 以上，為達能源自主與安全的目標，並兼顧環境、經濟與永續經營的目的，提高再生能源於能源供應的佔有比率，已成為目前重要的能源政策。也因黑潮洋流有很大的潛力能夠提供潔淨的非石化電力，並利用黑潮發出的電力可以直接輸送至用戶端，進而減少我國經濟發展對進口能源。目前已有專家學者針對台灣的四種海洋能優缺點進行比較，並分析出有關海流發電部分黑潮流經台灣東部海域，海流速度穩定及流量大，能提供海流發電契機[1-4]。

海流和潮流能源有可能成為未來做為補充核能、火力等能源的「新能源」，許多先進國家都在從事海流和潮流能源的研究。較著名的洋流發電機組及設備開發案包括英國的海洋渦輪公司(Marine Current Turbines Ltd., MCT)的 SeaGen 系列產品[5]，及愛爾蘭 OPENHydro 公司的 OCT (Open Center Turbine) 裝置，皆已進入營運階段。

黑潮洋流發電需藉由發電機載具將動能轉換成電能，而發電機載具與舵片長期置放在海洋中，一年四季大都處於高溫、高溼度和高鹽份的環境狀態，使得舵片之鋼板鏽蝕成為嚴重且普遍存在的問題，更因舵片上的海生物附著，導致舵片容易鏽蝕，造成發電機載具因海生物的附著使自重的增加易沉於海中，使鋼板強度發生變化、壽命減低、環境污染、能源耗損、及喪失美觀等現象[6-10]。這些問題的發生，不僅造成經濟的損失，更會導致安全問題的產生，進而影響到發電機載具與舵片的使用壽命與發電能力。故如何能有效防止發電機載具中的舵片之鏽蝕及如何做好平時維護，即成為重要的課題。[11-13]

二、試驗計劃

2.1 試驗架構與流程

本研究目的鑒於發電機載具因成本昂貴，無法將實際的載具至於海中深入了解受海生物污染程度。故希望能藉此研究，在高雄興達港海域環境下，針對 3 間防污塗料公司的塗料進行 8 種的配比，塗抹在 12 塊不同材料的試片上，經過一年期間檢視不同階段的生物附著與板材變化，並量測海水性質，觀察及記錄海生物在試片上的生長及附著的情況，比較出適合的海洋防污塗料，做為運用於發電設備及載具設計時防止海生物附著參考。

本研究項目主要有(1)塗料成份分析與(2)海生物附

著程度之比較。最後利用上述試驗結果，比較塗料防止海生物孳生程度，進而選用較好的防污塗料做為防止海生物附著的參考依據。

本試驗的試驗地點在高雄市興達港內進行，試驗前所測得的港內水深為 5~6.5 米，加上港內受漲退潮所影響之水深不及 0.5 米，岸邊腹地寬廣，因此選定港內東南側之位置做為試驗場址，如圖 1 所示。

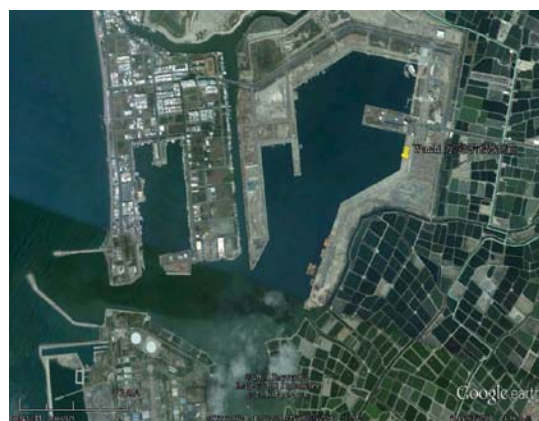


圖 1. 防污試片投放興達港區內之位置圖

本研究之試驗流程圖，如圖 2 所示。

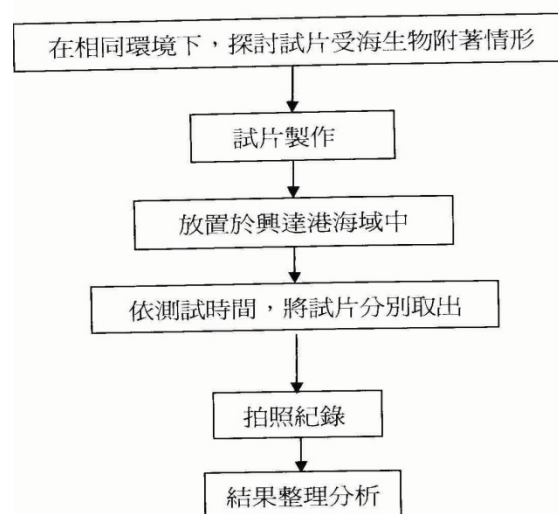


圖 2. 研究流程圖

2.2 試驗材料與設備

2.2.1 試驗材料:

防污塗料有 Rainbow Paints(永記)的 SP-99 塗料、International Paints (環球) 的 Intersmooth 7465HS 與 SeaHawk(歐仕特) 的 Tuff Stuff 1284+Biocop 1205 等三種。金屬試片有 AL6061、SS400 和 S50C 材質，都符合 JIS 之規範。試片裁切為 300mmx300mm 的正方形試片，

如圖 3 所示。

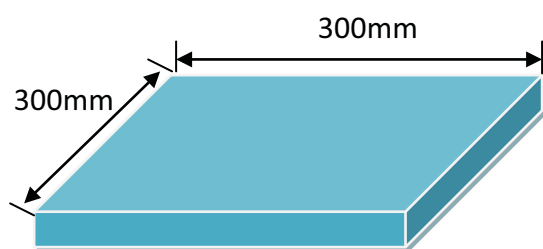


圖 3. 試片尺寸示意圖

2.2.2 試驗設備

鋸床，如圖 4 所示，是一種金屬切削工具機，以鋸(條鋸、圓盤鋸或帶鋸等)為刀具，割斷材料(圓料，方料，管料和型材等)或割出溝槽的工具機。



圖 4. 鋸床

噴砂機，如圖 5 所示，是以壓縮空氣高速帶動研磨砂材，噴擊金屬及非金屬表面，使之形成霧面或侵蝕面之處理機器，其用途運用廣泛，可為各種材質，不同目的之加工不需高度熟練技巧，操作容易，加工費低，提昇產品之高附加價值。



圖 5. 噴砂機

噴漆機，如圖 6 所示，高效率，高品質，省人力，可上下且自動旋轉 360 度噴漆，無死角，最省漆，效率為人工 3~7 倍。



圖 6. 噴漆機

膜厚測定儀，如圖 7 所示，用於量測試片塗膜之厚度。



圖 7. 膜厚測定儀

2.3 試片的製作與編碼

每片板材裁切為 300mm×300mm 的正方形試片，再進行噴砂除鏽的處理程序，塗上第一道 Intertuf 262 Epoxy anticorrosive 厚度為 125 μ m 及第二道 Intergard 263 Epoxy tie coat 厚度為 100 μ m 的底漆後，再將試片依比較類別的不同分為 A、B、C 組分別塗上不同的防污塗料，每道漆塗抹後都需用膜厚測定儀量測漆膜的厚度，以確保每片試片的統一性。最後將試片固定於角鋼上，放置於興達港的海域當中進行試驗。試片製作流程圖，如圖 8 所示。

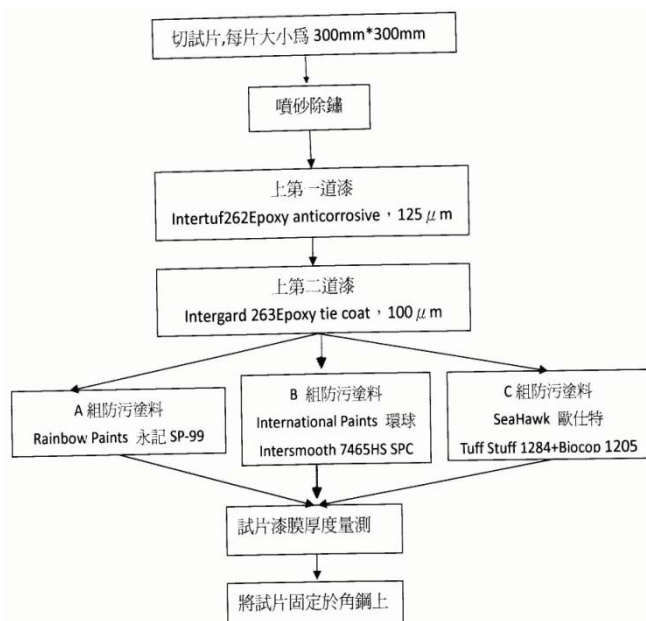


圖 8. 試片製作流程

為了方便實驗過程，對實驗試片進行觀察記錄及日後數據之整理分析，故對各階段之實驗試片依設計之試驗項目及分類進行統一的編號整理。

試片編號 A 為 A 組是相同的 Rainbow Paints 永記 SP-99 塗料，但採不同配比與不同板材；B 為 B 組是相同的 International Paints 環球 Intersmooth 7465HS SPC 塗料與不同板材；C 為 C 組是相同塗料 SeaHawk 歐仕特 Tuff Stuff 1284，但採不同配比與相同板材之比較。試片的塗料、編號、板材及組別之間的關係，如表 1 所示。

表 1、各種試片的塗料、編號、板材及組別之間的關係

組別	編號	板材	塗料
A	A-4-1	AL6061	Rainbow Paints 永記
	A-5-1	SS400	SP-99 (1601)
	A-4-2	AL6061	Rainbow Paints 永記
	A-5-2	SS400	SP-99 (1589)
	A-4-3	AL6061	Rainbow Paints 永記
	A-5-3	SS400	SP-99 (2498)
	A-4-4	AL6061	Rainbow Paints 永記
	A-5-4	SS400	SP-99 (2504)
B	B-1-3	SS0C	International Paints 環球 Intersmooth 7465HS SPC
	B-2-1	SS400	International Paints 環球 Intersmooth 7465HS SPC
C	C-3-3	AL6061	SeaHawk 歐仕特 Tuff Stuff 1284+Biocop 1205
	C-3-4	AL6061	SeaHawk 歐仕特 Tuff Stuff 1284+ Cukote3445

三、試驗結果與分析

塗料成份分析，如表 2 所示。

表 2. 塗料成份分析

A 組防污塗料 Rainbow Paints 永記 SP-99	B 組防污塗料 International Paints 環球 Intersmooth 7465HS SPC	C 組防污塗料 SeaHawk 歐仕特 Tuff Stuff 1284+Biocop 1205
壓克力樹脂 (acrylic resin) <30	N-butyl alcohol <10	環氧樹脂(epoxy resin) <25
聚尿(diuron) <10	異丙基醇 (Isopropyl alcohol) <10	
氧化亞銅 (cuprous oxide) <50	鋅粉(Zinc powder) <60	氧化亞銅(cuprous oxide) <75

二甲苯 (xylene) <15	矽有機樹脂 (Silicone resin) <35	
------------------	----------------------------	--

1. 海生物附着程度

表 2 的 A 組為相同塗料不同配比[Rainbow Paints 永記 SP-99 (1601、1589、2498、2504)]與不同板材 [SS400、AL6061] 之比較，如圖 9~圖 16 所示。

圖 9 是永記 SP-99 (1601) 板材 AL6061，編號 A-4-1，測試前日期 Dec.17-2010，試片表面無污染。第四週出現小型藤壺附着，數量可觀。經過十週後，試片出現零星藤壺及海草附着。經過十五週之後，試片僅有零星藤壺附着。

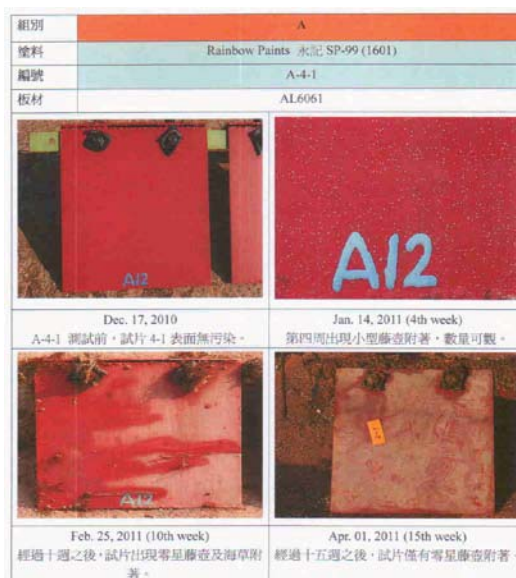


圖 9. 永記 SP-99 (1601) 板材 AL6061

圖 10 是永記 SP-99 (2498) 板材 AL6061，編號 A-4-3，測試前日期 Dec.17-2010，試片表面無污染。經過四週之後，試片未出現明顯生物附着現象。經過十週後，試片未出現明顯生物附着現象。經過十五週之後，試片出現白色沉積物。



圖 10. 永記 SP-99 (2498) 板材 AL6061

圖 11 是永記 SP-99 (2498) 板材 SS400, 編號 A-5-3, 測試前日期 Dec.17-2010, 試片表面無污染。經過四週後, 試片未出現明顯生物附著現象。經過十週之後, 試片未出現明顯生物附著現象。經過十五週之後, 試片未出現明顯生物附著, 但試片表面出現漆面凸起及剝落的現象。凸起處有液體滲出, 疑塗裝過程中試片遭污染所致。



圖 11. 永記 SP-99 (2498) 板材 SS400

圖 12 是永記 SP-99 (2504) 板材 SS400, 編號 A-5-4, 測試前日期 Dec.17-2010, 測試前, 試片表面無污染。經過四週, 試片未出現明顯生物附著現象。經過十週後, 試片未出現明顯生物附著現象。經過十五週之後, 試片未出現明顯生物附著, 但試片表面塗料出現剝落現象。

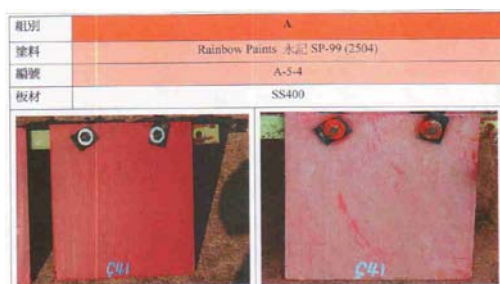


圖 12. 永記 SP-99 (2504) 板材 SS400

圖 13 是永記 SP-99 (1601) 板材 SS400, 編號 A-5-1, 測試前, 試片表面無污染。經過四週之後, 試片出現小型藤壺附著, 數量可觀。經過十週之後, 試片未出現大型藤壺附著。經過十五週之後, 試片僅有零星的藤壺附著。經過十九週之後, 試片未出現大型藤壺附著。經過四十週之後, 試片仍未出現大量藤壺附著。經過五十五週之後, 試片出現管蟲及紅藻附著。

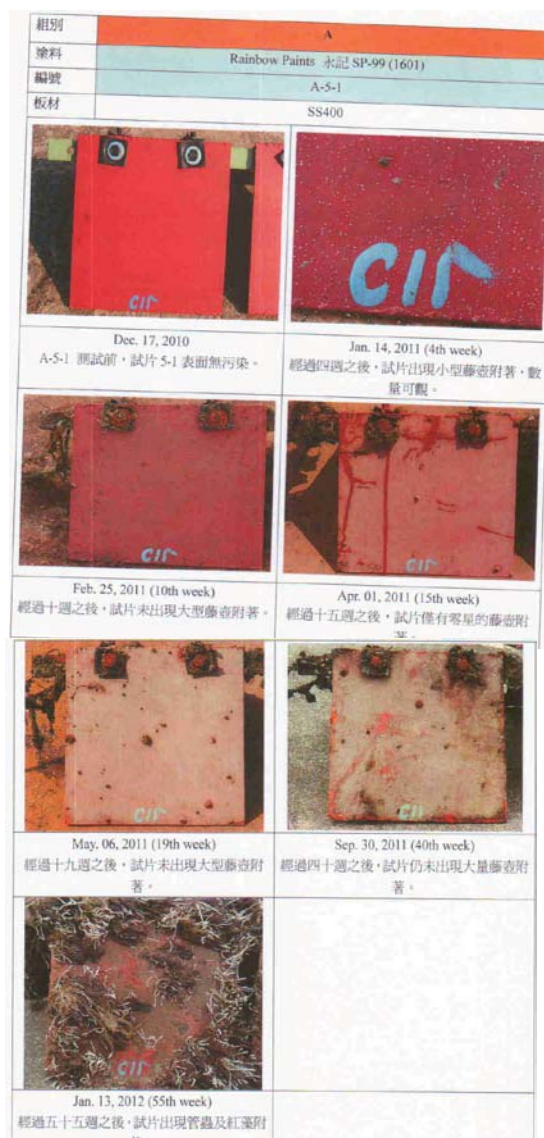


圖 13. 永記 SP-99 (1601) 板材 SS400

圖 14 是永記 SP-99 (1589) 板材 AL6061, 編號 A-4-2, 測試前, 試片表面無污染。經過四週之後, 試片出現白色沉澱物附著, 數量可觀。經過十週之後, 試片未出現嚴重海生物附著現象。經過十五週之後, 試片出現少數的藤壺附著。經過十九週之後, 試片未出現嚴重海生物附著現象。經過四十週之後, 試片未出現嚴重海生物附著現象。經過五十五週之後, 試片出現嚴重海生物附著現象。

圖 14. 永記 SP-99 (1589) 板材 AL6061

圖 15 是永記 SP-99 (1589) 板材 SS400, 編號 A-5-2, 測試前, 試片表面無污染。經過四週之後, 試片出現小型藤壺附著, 數量可觀。經過十週之後, 試片未出現大型藤壺附著。經過十五週之後, 試片未出現大量藤壺附著。經過十九週之後, 試片出現少量藤壺附著。經過四十週之後, 試片出現少量藤壺附著。經過五十五週之後, 試片出現管蟲及紅藻附著。



圖 15. 永記 SP-99 (1589) 板材 SS400

圖 16 是永記 SP-99 (2504) 板材 AL6061, 編號 A-4-4, 測試前, 試片表面無污染。經過四週之後, 試片未出現明顯生物附著現象。經過十週之後, 試片未出現明顯生物附著現象, 但有少量白色沉積物。經過十五週之後, 試片未出現明顯生物附著, 但試片表面塗料出現剝落現象。經過十九週之後, 試片未出現明顯生物附著現象, 但有少量白色沉積物。經過四十週之後, 試片未出現明顯生物附著現象。經過五十五週之後, 試片邊緣出現管蟲及紅藻附著之現象。

組別	A	
塗料	Rainbow Paints 永記 SP-99 (2504)	
編號	A-4-4	
板材	AL6061	
		
Dec. 17, 2010 A-4-4 測試前, 試片 4-4 表面無污染。	Jan. 14, 2011 (4th week) 經過四週之後, 試片未出現明顯生物附著現象。	
		
May. 06, 2011 (19th week) 經過十九週之後, 試片未出現明顯生物附著現象, 但有少量白色沉積物。	Sep. 30, 2011 (40th week) 經過四十週之後, 試片未出現明顯生物附著現象。	
		
Jan. 13, 2012 (55th week) 經過五十五週之後, 試片邊緣出現管蟲及紅		

圖 16. 永記 SP-99 (2504) 板材 AL6061

表 2 的 B 組為相同塗料 [International Paints 環球 Intersmooth 7465HS SPC] 與不同板材 [SS400、S50C] 之比較, 如圖 17~圖 18 所示。

圖 17 是環球 Intersmooth 7465HS SPC 板材 SS400, 編號 B-2-1, 測試前日期 Sep.11-2010, 測試前, 試片表面光滑。經過四週之後, 試片仍未出現海生物附著的現象, 但固定用的角鋼已出現藤壺的群落。經過八週之後, 試片仍未出現海生物附著的現象。經過十七週之後, 試片仍未出現海生物附著的現象。

圖 18 是環球 Intersmooth 7465HS SPC 板材 S50C, 編號 B-1-3 測試前, 試片除沾染些許污泥外, 表面光滑。經過四週之後, 試片仍未出現海生物附著的現象。經過八週之後, 試片仍未出現海生物附著的現象, 但固定用的角鋼已佈滿藤壺。經過十七週之後, 試片仍未出現海生物附著的現象。經過二十八週之後, 試片 1-3 仍未出現海生物附著的現象, 但角鋼上已有紅藻及綠貽貝出現。經過四十三週之後, 試片仍未出現海生物附著的現象, 但角鋼上已有管蟲、藤壺、海藻及綠貽貝出現。經過四十三週之後, 試片仍未出現海生物附著的現象, 但角鋼上以管蟲之污染為主。經過六十週之後, 試片仍未出現海生物附著的現象, 但角鋼上在此季節的污染仍以管蟲為主。經過六十八週之後, 試片仍未出現明顯的海生物污染情形, 但角鋼上在此季節的污染以管蟲及紅藻為主



組別	A	
塗料	International Paints 環球 Intersmooth 7465HS SPC	
編號	B-2-1	
板材	SS400	
		
Sep. 11, 2010 B-2-1 測試前, 試片表面光滑。	Oct. 09, 2010 (4th week) 經過四週之後, 試片仍未出現海生物附著的現象, 但固定用的角鋼已出現藤壺的群落。	
		
Nov. 12, 2010 (8th week) 經過八週之後, 試片仍未出現海生物附著的現象。	Jan. 14, 2011 (17th week) 經過十七週之後, 試片仍未出現海生物附著的現象。	

圖 17. 環球 Intersmooth 7465HS SPC 板材 SS400

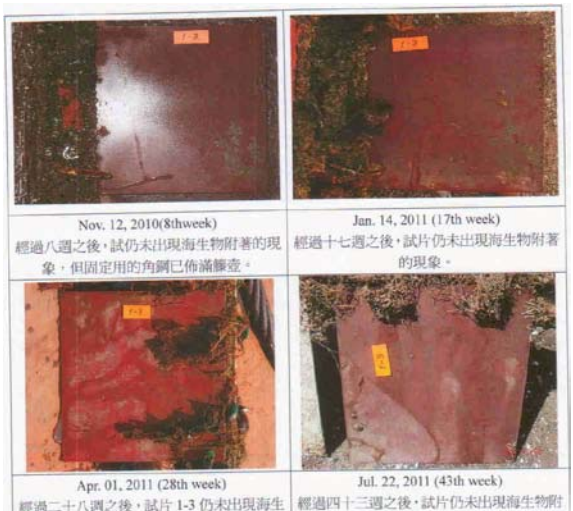
表 2 的 C 組為相同塗料不同配比 [SeaHawk 歐仕特 Tuff Stuff 1284+ (Cukote3445·Biocop 1205)] 與相同板材 [AL6061] 比較, 如圖 19~圖 20 所示。

圖 19 是歐仕特 Tuff Stuff 1284+ Biocop 1205 板材, 編號 C-3-3, 測試前日期 Sep.11-2010, 測試前, 試片表面光滑。經過四週之後, 試片未出現生物附著的現象, 但固定用的角鋼已出現銹蝕。經過八週之後, 試片未出現生物附著的現象, 但固定用的角鋼已出現嚴重的生物污染。經過十七週之後, 試片出現零星生物附著的現象, 但固定用的角鋼已出現嚴重的生物污染。

圖 20 是歐仕特 Tuff Stuff 1284+ Cukote3445 板材 AL6061, 編號 C-3-4, 測試前, 試片表面光滑。經過四週之後, 試片未出現生物附著的現象, 但固定用的角鋼已出現銹蝕。經過八週之後, 試片未出現生物附著的現象, 但固定用的角鋼已出現嚴重的生物污染。經過十七週之後, 試片出現零星生物附著的現象, 固定用的角鋼出現嚴重的生物污染。



圖 18. 環球 Intersmooth 7465HS SPC 板材 S50C



組別	C	
塗料	SeaHawk 歐仕特 Tuff Stuff 1284+Biocop 1205	
編號	C-3-3	
板材	AL6061	



圖 19. 歐仕特 Tuff Stuff 1284+ Biocop 1205 板材 AL6061

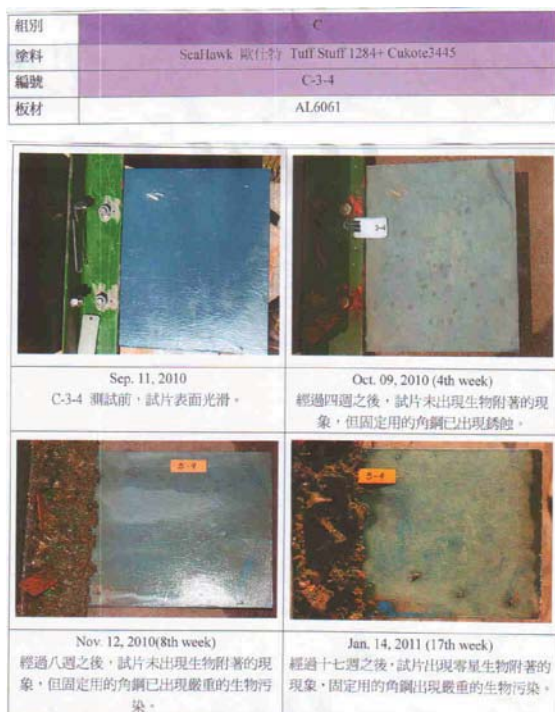


圖 20. 歐仕特 Tuff Stuff 1284+ Cukote3445 板材 AL6061

2. 同塗料不同板材比較

圖 21 是同塗料不同板材比較，A-4-1 與 A-5-1 經過 15 週的試驗比對之下，發現此塗料 [Rainbow Paints 永記 SP-99 (1601)] 對於防止海生物的附着情形相同，都有附着少數的藤壺及管蟲，且看不出板材的性質會影響到海生物的附着情形。圖 22 是 A-4-2 與 A-5-2 經過 55 週的試驗比對，發現此塗料 [Rainbow Paints 永記 SP-99 (1589)] 對於防止海生物的附着有相同的情形，都是附着少數的藤壺及管蟲，但 A-4-2 試片上有少數的白色沉澱物及塗料有些許的剝落，並且看不出板材的性質會影響到海生物的附着情形。

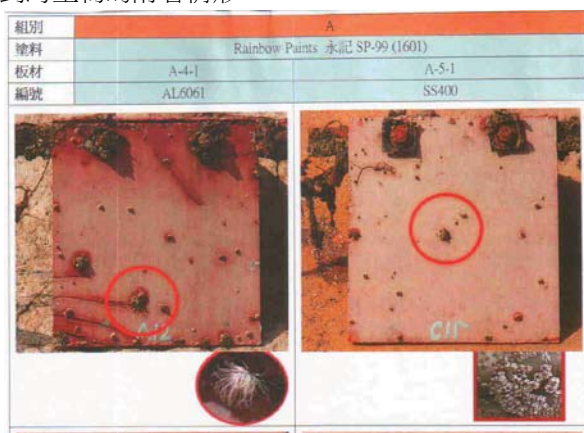


圖 21. 同塗料 A-4-1 與 A-5-1

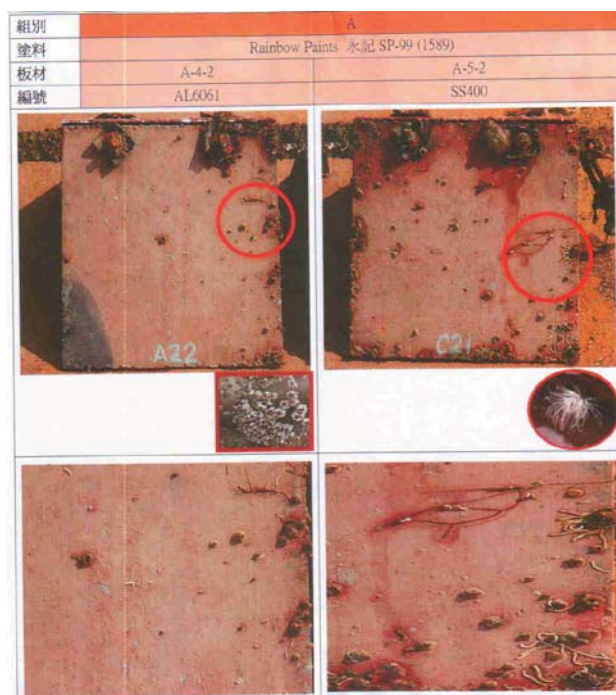


圖 22. 同塗料 A-4-2 與 A-5-2

圖 23 是 A-4-3 與 A-5-3 經過 15 週的試驗比對，發現此塗料 [Rainbow Paints 永記 SP-99 (2498)] 無海生物的附着，但 A-4-3 有白色的沉澱物附着於試片上，A-5-3 表面出現漆面凸起及剝落的現象，且有液體滲出疑似塗裝過程中試片遭污染所致。

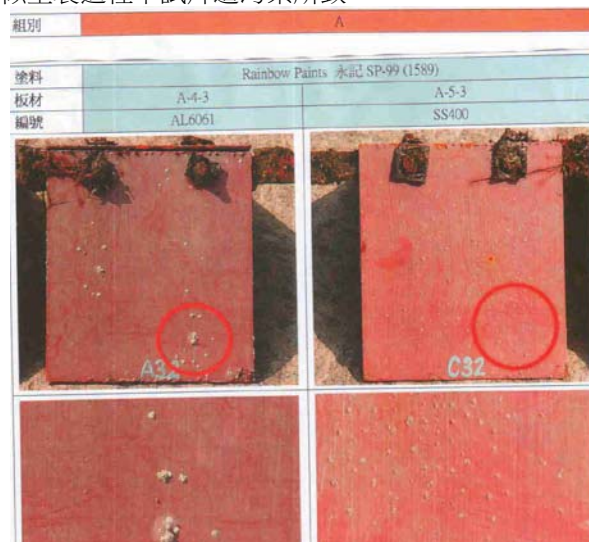


圖 23. 同塗料 A-4-3 與 A-5-3

圖 24 是 A-4-4 與 A-5-4 經過 15 週的試驗比對，發現此塗料〔Rainbow Paints 永記 SP-99 (2504)〕對於防止海生物的附著有相同的情形，都無附著海生物，但 A-4-4 試片有些許的白色沉澱物的附著，並且表面塗料出現剝落現象。



圖 24. 同塗料 A-4-4 與 A-5-4

圖 25 是 B-1-3 與 B-2-1 經過 17 週的試驗比對之下，發現此塗料〔International Paints 環球 Intersmooth 7465HS SPC〕都無嚴重的海生物附著情形，連少數的藤壺都無附著於試片上，且也沒有白色沉澱物的產生。

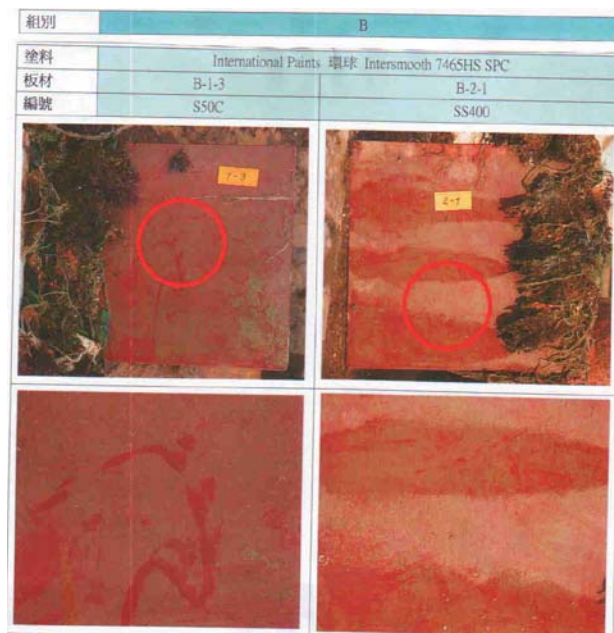


圖 25. 同塗料 B-1-3 與 B-2-1

3. 同板材不同塗料比較

圖 26 是 C-3-3 與 C-3-4 經過 17 週的試驗比對之下，發現此塗料〔Tuff Stuff 1284+ (Cukote3445、Biocop 1205)〕藤壺、海藻、管蟲、河殼菜蛤、海鞘都附著於試片上，海生物的附著情形相當嚴重。



圖 26. 不同塗料 C-3-3 與 C-3-4

四、結論與建議

經過試驗週期、塗料與板材採相互交叉比較後發現，塗料〔Rainbow Paints 永記 SP-99 (1601、1589)〕對於防止海生物的附著情形相同，都有附著少數的藤壺及管蟲，且看不出板材的性質會影響到海生物的附著情形。但塗料〔Rainbow Paints 永記 SP-99 (2498、2504)〕無海生物的附著，但 A-4-3、A-4-4 有白色的沉澱物附著於試片上，A-5-3 表面出現漆面凸起及剝落的現象，且有液體滲出疑似塗裝過程中試片遭污染所致。

塗料〔International Paints 環球 Intersmooth 7465HS SPC〕都無嚴重的海生物附著情形，連少數的藤壺都無附著於試片上，且也沒有白色沉澱物的產生。

塗料〔歐仕特 Tuff Stuff 1284+ (Cukote3445、Biocop 1205)〕藤壺、海藻、管蟲、河殼菜蛤、海鞘都附著於

試片上，海生物的附著情形相當嚴重。

試驗結果如表 3 試驗後附著情況比較表所示，建議使用效果最佳的環球塗料 [International Paints Intersmooth 7465HS SPC]。

表 3. 試驗後附著情況比較表

塗料種類	永記 SP-99 1601、1589	永記 SP-99 2498、2504	環球 Intersmooth 7465HS SPC	歐仕特 Tuff Stuff 1284 Cukote3445 Biocop 1205
海生物 附著情形	有 附著少數的 藤壺及管蟲	無 試片遭污染	無	有 藤壺、海藻、 管蟲、河殼菜 蛤、海鞘都有 嚴重附著
板材性質	不會影響 海生物附著 情形		不會影響 海生物附著 情形	不會影響 海生物附著 情形

[10] Fink, F. W. and Boyd, W. K., 冶金工業部鋼鐵研究院，包鋼冶金研究所譯，「海洋環境中金屬的腐蝕」，科學出版社，北京，1976。 <http://www.wiki.cn/wiki>。

[11]吳錫圭、蔡奇立、林旭宏，「入侵台灣的河殼菜蛤」，2003 <http://tw.myblog.yahoo.com/enjoytonylife-betterandbetter/article?mid=17930&prev=18356&next=15853&page=1&sc=1>

[12] Johns, W. E., Lee, T. N., Zhang, D., Zantopp, R., Liu, C.-T. and Yang, Y., "The Kuroshio East of Taiwan: Moored Transport Observations from the WOCE PCM-1 Array", Journal of Physical Oceanography, Vol. 31, pp. 1031-1053, 2001。

[13] Chen, F., "Kuroshio power plant development plan", Renewable and Sustainable Energy Reviews 14, pp. 2655-2668, 2010.

參考文獻

- [1]李承宇，「海洋能發電」，「黑潮發電台灣能源救世主」，聯合報，2009。
- [2]徐谷，劉倬騰，劉家瑄，許明光，「台灣東部黑潮發電之芻議(Power Generation from Kuroshio East of Taiwan)」，台電工程月刊, Taiwan Power Company Engineering Monthly Digest Vol. 624, No. 3, pp. 81-89。
- [3]Zhang, Y., Cui, B. B. and Qiu, Y. C., " Tidal Stream Power Generation--A New Approach to Tidal Energy", Energy Technology, Vol. 30, pp.223-227, 2000。
- [4]唐佩君，「黑潮洋流發電的利基」，大紀元記者報導，2007。
- [5]賴正義，「我國海洋溫差發展方向之探討」，科技發展政策報導，第 70-75 頁，2008。
- [6]鮮祺振，「大氣腐蝕測試技術」，中華民國 75 年大氣腐蝕研討會論文集，1986。
- [7]吳忠民、李忠益、陳文源，「熱浸鍍鋅鋼材塗裝之耐久性研究」，87 年度防蝕學會論文集，1998。
- [8]蕭立台，「不同強度的鋼材對焊焊接後的強度特性研究」，國立成功大學機械工程研究所碩士論文，1981。
- [9]陳育群，「輕型鋼施工現場防銹處理耐久性之初探」，國立成功大學建築研究所碩士論文，第 9~30 頁，2003。