

洋流發電防止水下海生物附著塗料比較

Anti-Marine Algae and Coatings for the Power Generation of Ocean Current

洪蕙娟¹ 潘煌錕²

¹ 高雄應用科技大學土木工程系 碩士生

² 高雄應用科技大學土木工程系 教授

摘要

日本東北部外海於北太平洋最大的海流--黑潮 (Kuroshio) 流經台灣東部，黑潮洋流有大量海流動能之海流可利用來發電，並有很大的潛力能夠提供潔淨的非石化電力，利用黑潮發出的電力可以輸送至用戶端，進而減少我國經濟發展對進口能源。黑潮洋流與太陽能、風能等再生能源發電方式相比，其能源來源穩定許多，應可加以開發利用。為使北太平洋最大的海流--黑潮之海洋能可以擷取使用，必須興建黑潮發電之設施及設備。但發展海流發電相關設備和載具時，因設備和載具將來會置放在海下，故面對海生物之附著是一個重要的影響因素，如果附著嚴重會使設備重量增加、損壞以致無法動作，進而影響發電能力。有鑒於此本文利用實驗的方法，選取3間公司8種塗料配比，塗抹在12塊不同材料的試片上，將試片置放在高雄興達漁港的實驗場中進行觀察與研究，經過一年期間檢視不同階段的海生物附著與板材變化。試驗顯示，附著在塗料試片上的海生物以「藤壺」與「管蟲」數量最多且生長最快速；板材的性質不會影響海生物的附著；防止海生物附著以『B組』塗料〔Intersmooth 7465HS SPC〕的效果最佳。

關鍵字: 防污塗料，黑潮發電，海生物附著，鋼材銹蝕

Abstract

One of north Pacific current, Kuroshio Current, flows through the eastern part of Taiwan. Kuroshio Current can be used to generate electricity, and has a great potential to provide a clean non-fossil power. Kuroshio ocean current similar to solar energy and wind energy should be exploited and utilized. Ocean current power generation equipment and vehicles are placed in the sea, so that the adhesions of marine growth on the equipments induce the weight increase, thereby affecting the power generation capacity. In this paper, the experiments are conducted by selecting eight coatings produced by three companies and 12 different specimens. Specimens have placed in Kaohsiung the Xingda fishing port for 12 months. Results show that the rapid growths of sea creatures attached to the coating specimen are barnacles and tube worms. The material properties of the specimen did not affect the

attachment of sea creatures. The coating with B Group paint [Intersmooth 7465HS SPC] is the best for preventing sea creatures.

Keywords : Antifouling coatings, Kuroshio power generation, marine growth, steel corrosion.

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。[11-15]

二、試驗計劃

2.1 試驗架構與流程

本研究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汙染程度。故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，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。

考量海洋相似度的地理環境因素，最後選定於高雄興達漁港的港灣內600公尺的範圍進行試片施放地，試驗前所測得的港內水深為5~6.5公尺，加上港內受漲退潮所影響之水深不及0.5公尺，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。試驗流程圖如圖2所示，在相同環境下探討試片受海生物附著情形。依3家塗料廠牌與板材進行試片製作，

完成後將其放置於興達港的海域中進行試驗，並依觀測的週期，將試片分別取出拍照與記錄海生物附著的狀況，最後將試驗結果整理並分析出。



圖 1. 防污試片投放興達港區內之位置圖

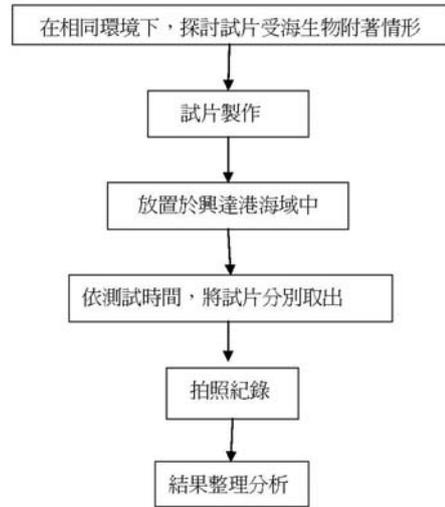


圖 2. 試驗流程圖

2.2 試驗試片的製作與編碼

每片板材裁切為 300mm*300mm*3mm 的正方形試片，進行噴砂除鏽的處理程序後，塗上第一道 Intertuf 262 Epoxy anticorrosive 厚度為 125μm 及第二道 Intergard 263 Epoxy tie coat 厚度為 100μm 的底漆後，再將試片依比較類別分為 A、B、C 組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 3 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	R.P.廠牌 SP-99 (1601)
	A-5-1	SS400	
	A-4-2	Al6061	R.P.廠牌 SP-99 (1589)
	A-5-2	SS400	
	A-4-3	Al6061	R.P.廠牌 SP-99 (2498)
	A-5-3	SS400	
	A-4-4	Al6061	R.P.廠牌 SP-99 (2504)
	A-5-4	SS400	
B	B-1-3	S50C	I.P.廠牌 Intersmooth 7465HS SPC
	B-2-1	SS400	I.P.廠牌 Intersmooth 7465HS SPC
C	C-3-3	Al6061	S.H.廠牌 Tuff Stuff 1284+Biocop 1205
	C-3-4	Al6061	S.H.廠牌 Tuff Stuff 1284+ Cukote3445

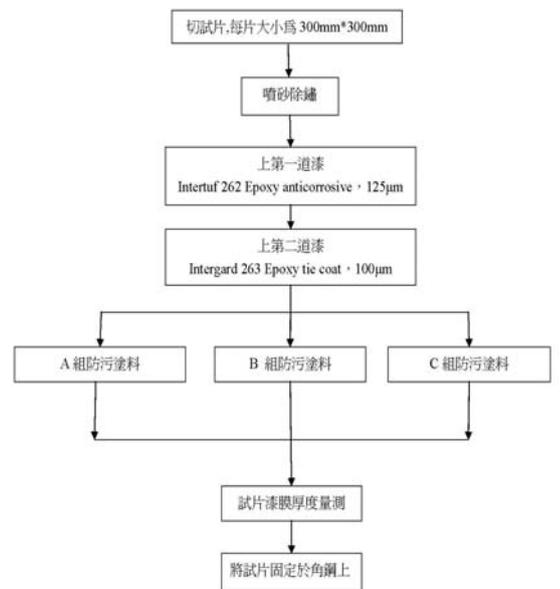


圖 3、試片製作流程圖

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，如表 1 所示。試片編號 A 組是以 R.P.公司的塗料分成 4 種不同配比 SP-99 (1601、1589、2498、2504)與 2 種不同板材(A16061、SS400)來進行試驗。試片編號 B 組是以 I.P.公司的塗料 Intersmooth 7465HS SPC 與 2 種不同板材(S50C、SS400)進行試驗。試片編號 C 組是以 S.H.公司的塗料分成 2 種不同配比 Tuff Stuff 1284+Biocop 1205& Tuff Stuff 1284+ Cukote3445 與 A16061 相同板材之比較。

三、試驗結果與分析

3.1 塗料

觀察海生物附着情況後的結果如表 2~表 3 所示：

- 1、塗料〔R.P.廠牌 SP-99 (1601、1589)〕有相同的海生物附着，有少數的藤壺及管蟲附着，。
- 2、塗料〔I.P.廠牌 Intersmooth 7465HS SPC〕沒有嚴重的海生物附着情形且沒有白色沉澱物的產生。
- 3、塗料〔S.H.廠牌 Tuff Stuff 1284+ (Cukote3445、Biocop 1205)〕的試片都有藤壺、海藻、管蟲、河殼菜蛤、海鞘附着，海生物附着情形相當嚴重。
- 4、在塗料試片上的海生物以「藤壺」與「管蟲」附着最快速且數量最多。

表 2、R.P.廠牌結果

週期 海生物 種類 試片編號	第 1 週	第 4 週	第 10 週	第 15 週	第 19 週	第 30 週	第 40 週	第 47 週	第 55 週	
A-4-1 (A12)	無	藤壺	藤壺 紅藻	藤壺	藤壺 管蟲	藤壺	藤壺 管蟲			
A-5-1 (C11)	無	藤壺	藤壺	藤壺	藤壺	藤壺	藤壺 管蟲	藤壺 管蟲	管蟲 紅藻 海鞘	
A-4-2 (A22)	無	無	無	藤壺	藤壺 管蟲	藤壺	藤壺 管蟲	藤壺 管蟲	管蟲 紅藻 海鞘	
A-5-2 (C21)	無	藤壺	藤壺	藤壺	藤壺 管蟲	藤壺	藤壺 管蟲	藤壺 管蟲	藤壺 管蟲 紅藻 海鞘	
A-4-3 (A32)	無	無 (出現白色沉積物，疑試片進行塗裝時遭受污染)								
A-5-3 (C32)	無	無	無	無 (出現表面漆凸起剝落，疑試片進行塗裝時遭受污染)						
A-4-4 (A42)	無	無	無	無	管蟲 紅藻	藤壺	管蟲 紅藻	管蟲 紅藻	管蟲 紅藻	
A-5-4 (C41)	無	無	無	無 (出現表面漆凸起剝落，疑試片進行塗裝時遭受污染)						

表 3、I.P.廠牌 & S.H.廠牌結果

週期 海生物 種類 試片編號	第 1 週	第 4 週	第 8 週	第 17 週	第 28 週	第 32 週	第 43 週	第 53 週	第 60 週	第 68 週
B-1-3	無	無	無	無	無	無	無	無	無	無
B-2-1	無	無	無	無	(試片遺失，疑似掉入海中)					
C-3-3	無	無	無	無	藤壺 管蟲 紅藻 海鞘	藤壺 管蟲	藤壺 管蟲			
C-3-4	無	無	無	無	管蟲 紅藻 海鞘	管蟲	管蟲			

3.2 板材

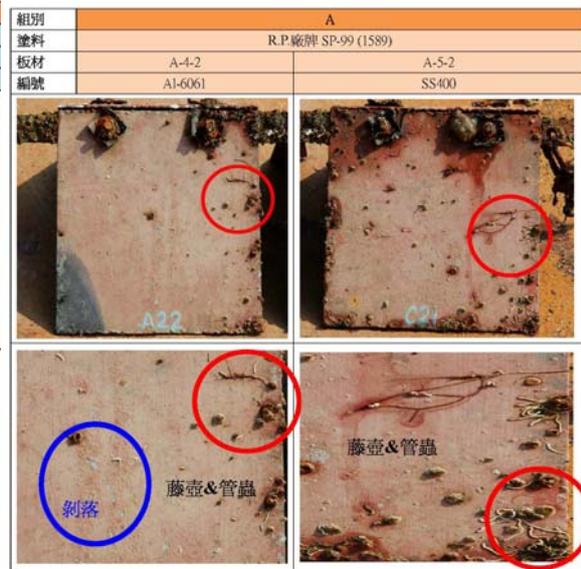
表 4 比較 A-4-1 (約佔試片面積的 1/6) 與 A-5-1 (約佔試片面積的 1/9)，發現塗料〔R.P.廠牌 SP-99 (1601)〕對防止海生物附着都有附着少數的藤壺及管蟲，且板材性質不會影響海生物附着。

表 5 的 A-4-2 (約佔試片面積的 1/12) 與 A-5-2 (約佔試片面積的 1/6) 試驗結果，發現塗料 [R.P.廠牌 SP-99 (1589)] 都是附著少數的藤壺及管蟲，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，板材性質不會影響海生物附著。

表 4、試片 A-4-1&A-5-1 R.P.牌塗料與 Al6061&SS400 板材結果



表 5、試片 A-4-2&A-5-2 R.P.牌塗料與 Al6061&SS400 板材結果



經過 A-4-3 與 A-5-3 的試驗比對結果如表 6，發現塗料 [R.P.廠牌 SP-99 (2498)] 無海生物的附著，但 A-4-3 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。

A-4-4 與 A-5-4 試驗比對如表 7，發現塗料 [R.P.廠牌 SP-99 (2504)] 都無附著海生物，但 A-4-4 試片有些許的白色沉澱物附著，且表面塗料出現剝落現象。

比較 B-1-3 與 B-2-1 如表 8，發現塗料 [I.P.廠牌 Intersmooth 7465HS SPC] 無嚴重的海生物附著情形，試片連少數的藤壺都沒有附著，也沒有白色沉澱物產生。但固定用的角鋼已佈滿海藻、河殼菜蛤、海鞘海生物。

3.3 不同塗料配比比較

經比較 C-3-3 (約佔試片面積的 1/6) 與 C-3-4 (約佔試片面積的 1/6) 結果如表 9，發現試片的塗料 [S.H.廠牌 Tuff Stuff 1284+ (Cukote3445、Biocop 1205)] 有藤壺、海藻、管蟲、河殼菜蛤、海鞘都附著，海生物附著情形相當嚴重。

海生物附著結果如表 10，得知在塗料試片上的海生物以「藤壺」與「管蟲」生長最快速且數量最多，且板材性質不會影響到海生物附著。

表 6、試片 A-4-3&A-5-3 R.P.牌塗料與 Al6061&SS400 板材試驗觀察結果比較

表 7、試片 A-4-4&A-5-4 R.P.牌塗料與 Al6061&SS400 板材試驗觀察結果比較

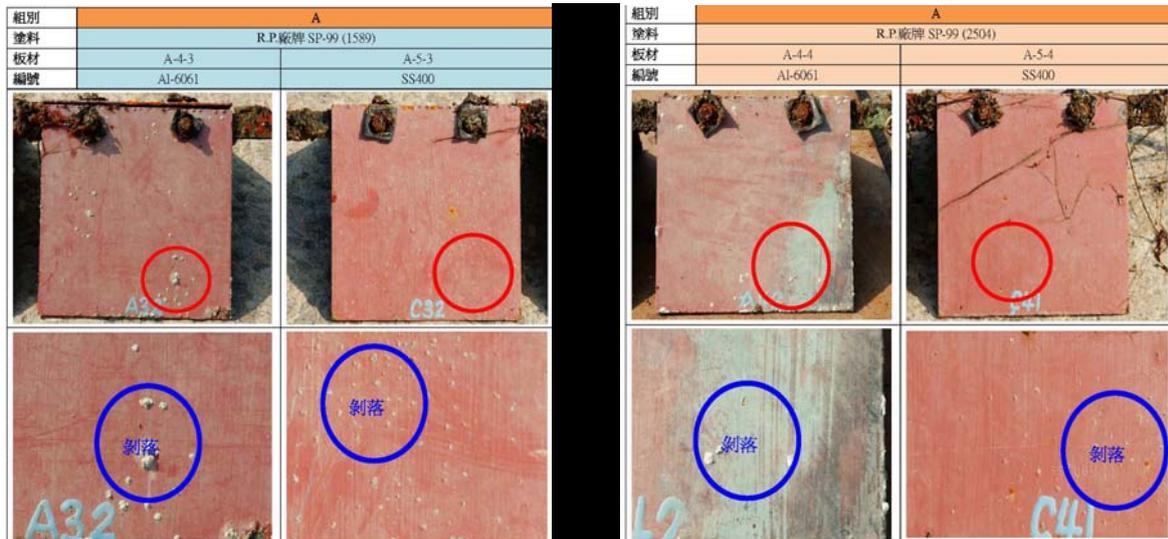


表 8、試片 B-1-3&B-2-1 I.P.牌塗料與 S50C&SS400 板材試驗觀察結果比較

表 9、試片 C-3-3&C-3-4 S.H.牌塗料與 Al6061 板材試驗觀察結果比較

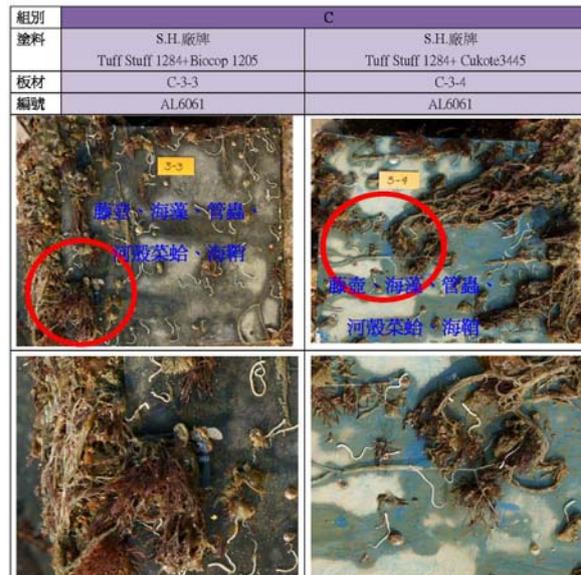
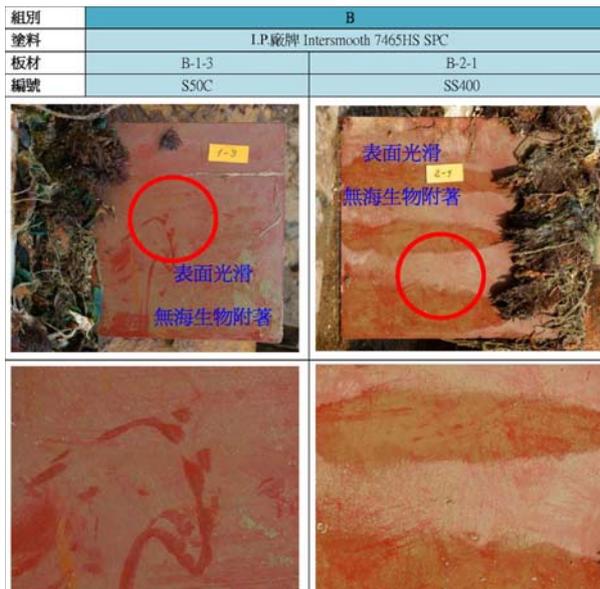


表 10、海生物附著

塗料種類	R.P.牌 SP-99 1601、1589	R.P.牌 SP-99 2498、2504	I.P.牌 Intersmooth 7465HS SPC	S.H.牌 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

四、結論

經比較塗料與板材後發現，得到結論如下：

- 1、板材塗佈塗料〔R.P.廠牌 SP-99 (1601、1589)〕有少數的藤壺及管蟲附著，但塗料〔R.P.廠牌 SP-99 (2498、2504)〕則無海生物的附著。另外，A-4-3 和 A-4-4 試片上有白色的沉澱物，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。
- 2、板材塗佈塗料〔I.P.廠牌 Intersmooth 7465HS SPC〕時沒有嚴重的海生物附著情形，也沒有白色沉澱物的產生。
- 3、板材塗佈塗料〔S.H.廠牌 Tuff Stuff 1284+ (Cukote3445、Biocop 1205)〕有藤壺、海藻、管蟲、河殼菜蛤、海鞘附著，海生物附著情形相當嚴重。
- 4、試驗結果得知，附著在塗料試片上的海生物「藤壺」與「管蟲」是最快速且數量最多。
- 5、試驗結果得知，板材的性質不會影響海生物的附著。
- 6、防止海生物附著以『B組』塗料〔Intersmooth 7465HS SPC〕的效果最佳，其成份含有75%以上的氧化亞銅、二甲苯，也有多種微量的氧化鐵、氧化鋅、煙基吡啶硫銅、氣蠟(C22~30)、乙苯、正丁醇、乙醇、甲醇、鉛等物質。而防止海生物附著效果最差的是『C組』塗料〔Tuff Stuff 1284 + (Cukote 3445、Biocop 1205)〕，雖然其成份有75%的氧化亞銅，或是在Biocop 1205中添加4.5%的殺菌劑，但效果仍不明顯。

五、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年1月7日。
- [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, 1999。
- [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，4月22日，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年8月。
- [7]吳忠民、李忠益、陳文源，「熱浸鍍鋅鋼材塗裝之耐久性研究」，八十七年度防蝕學會論文集，1998年9月。
- [8]賢輝造漆公司，「塗料Q&A」，2011。<http://www.xhcoating.com.tw/qa/coating05.html>
- [9]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。
- [10]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。

- [11] 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>。
- [12] 菅野照造，「鋼鐵之大氣腐蝕研究」，中華民國75年大氣腐蝕研討會論文集，1986年8月。
- [13] 澳大利亞昆士蘭州大學進行的研究報告發表，國家科學院院刊，美國權威專業期刊，8月26日，2006。
- [14] 維基百科，「海鞘」，自由的百科全書。 <http://zh.wikipedia.org/zh-hk>。
- [15] 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>