

台灣南部環境敏感指標(ESI)地圖之建置調查

The investigation and establishment of ESI map in Southern Taiwan

鄭青怡、李怡蓁、張立鵬、方煥銘

元科科技股份有限公司；高雄市苓雅區中正一路 120 號 6 樓之 5；07-7168081；lpchang@email.green99.com.tw

摘要

台灣四面環海且位於東南亞主要航道上，海上交通頻繁，故台灣海域被列為中度海上風險環境。為減輕船舶意外造成的溢油污染所引起的環境衝擊，應積極發展環境敏感指標(ESI)地圖，提供現場指揮官在溢油緊急應變的重要決策參考，包括有那些重要敏感區需保護、和當地的海岸適合採取何種除污法，以降低油污染對環境造成的衝擊。

以去年南部地區海岸線調查的初步成果，台南至屏東枋寮漁港一帶的海岸大都屬於敏感度較低之沙灘、其中台南縣北門和七股潟湖內的遮蔽拋石海岸敏感度較高；屏東縣枋寮漁港至後灣一帶則以沙礫混合灘和礫石灘為主；墾丁公園一帶則主要是裙礁海岸。以生物資源來看，曾文溪口北岸之黑面琵鷺野生動物保護區、七股潟湖生態敏感區、台南縣市主要出海口的紅樹林溼地、和墾丁公園海域之珊瑚礁生態區為敏感度較高的地區，應列為優先保護。而人類利用資源，主要有沙灘、港口和電廠及海水養殖用之取水口也需要建立通報名冊進行保護。未來建置好的環境敏感地圖將納入各地區之應變計畫中，以利事先與各應變單位沙盤推演並制定當地之應變行動計畫。

Abstract

Taiwan is surrounded by sea and located in the main shipping lines of Southeast Asia, because of the heavy traffic over this area; it has been classified as a medium risk area for oil spills. In order to minimize the environmental impact caused by oil spills, we should develop the environmental sensitivity index (ESI) map, providing the commander to make decisions, including which sensitive areas should be protected, and what kind of cleanup methods should be used.

From last year's investigating results, the shoreline classification from Tainan to Fangliu in Pingtung is mainly sand beach, and lagoons in Tainan belonging to sheltered riprap are the most sensitive area. The shoreline between Fangliu and Houwan are mainly mixed sand/gravel beach and gravel beach, and Kenting National Park area is fringing reef. And the biological resources in south Taiwan, there are Wildlife Refuge, mangrove, wetland, coral reef, and lagoon, these should be listed as the first protecting priority. As for human-use resources, there are beaches, ports, and water intakes, these all should be listed on the connecting list. In the further, the environmental sensitivity index map will include two response plans, and will practice how to react and made up the response action plan. In the further, the ESI map will be part of the oil spill contingency plan, and the authorities will gather to discuss the response strategies in advance and set up the action plan for oil spills.

關鍵字：環境敏感指標地圖、溢油應變 (ESI map、oil spill response)

一、前言

台灣四面臨海，海岸線長且極富變化，更有豐富的海洋資源，包括珍貴的珊瑚礁、生態豐富的紅樹林、潟湖等等，再加上四周漁業資源豐富，為沿海居民的重要經濟來源。然而台灣位於東南亞主要航道上，海上運輸為其重要的經濟命脈，各類船舶經常航行於四周海域，依據英國勞氏驗船協會之「海難回顧」資料統計，台灣海域被列為中度海上風險環境。但是直到 2001 年墾丁公園龍坑生態保護區海域發生阿瑪斯號貨輪漏油事件後，海洋污染防治才開始受到重視，之後除逐步強化海洋污染的通報體系、各部會的責任分工外，各區域的應變能量亦逐步建立中；但對於在溢油應變中，應變指揮官所需掌握的決策支援系統卻相對貧乏。然而海上的油污染事件經常對環境與生態造成極大的傷害，以 1989 年艾克森石油公司在阿拉斯加發生油輪漏油事件為例，該事件除造成環境的極大傷害外，估計約 25 萬隻海鳥、2800 頭海獺、300 隻麻斑海豹與 250 隻白頭鷹等動物死亡，及不計其數的魚卵和其它植物的死亡。因此海洋油污染防治為保護國土安全及資源永續極為重要的工作。

當海上發生溢油事件後，油污即不斷的快速擴散，尤其在海流和風的帶動下，油污不斷向岸邊逼近，不但對生活在海邊的生物(如海鳥、海龜、鯨豚等)造成生命威脅，也會污染岸邊重要的設施如電廠的取水口、沙灘和港口等等；其造成的損害是更加嚴重，且更不容易清除，尤其當油逐漸乳化後，油將變的更加黏稠，更加不容易清理。因此如果能在海上溢油污染意外發生後的黃金時間內，立即進行污染源截源、海上圍堵、重要資源的保護和採取有效且適用的除油方法，將能將油污所造成的危害降至最低。

所以緊急應變階段是災害控制管理的重要關鍵時刻，須在最短的時間內掌握災情、環境狀況及可用資源等資訊，並對未來可能造成的危害做出研判，藉由有效率的指揮，進行搶救和清理，將損害降至最低，保護人民及國土安全；而決策支援系統即是幫助指揮官在千頭萬緒的應變工作中獲得適當的建議與評估的重要工具；利用以知識為基礎之專家系統為工具，並結合社會科學之決策理論和技術來進行分析。一般而言，當油污危及海岸線時，指揮官應迅速決定在哪裡佈設攔油索保護海岸，在此指揮官應考慮的包括(陳，2007)：

1. 哪些海岸最容易受油污影響？一般來說潟湖和溼地特別敏感，由於本身生態豐富，油污容易滯留且復原期間很長，因此被列為優先保護區。
2. 哪些地區能受到保護？在有限的應變設備和佈設能量下，須決定在哪裡佈署可得到最大的保護效果。
3. 最合適的除油方法？清除方法包括就地焚燒、沖洗、挖除、使用油分散劑等等，但不適用於各種海岸，應根據該海岸選取較合適的處理方式，避免不當的處理造成更嚴重的二次傷害。
4. 哪些敏感地區不適合機具進出？重型機具要運往海邊進行除污，不適合行進於像溼地和泥灘等鬆軟土地，應選取合適的運送路線。

因此美國海洋及大氣總署(NOAA)和美國 RPI 公司在 1976 年合作發展「環境敏感度指標(environmental sensitivity index, ESI)」地圖，根據海岸類型、敏感生物資源及人類利用資源對油污污染的敏感度進行分類分級，標示海岸敏感區，提供現場指揮官依此進行敏感區保護，並採取合適的除污方法，以降低油污污染造成的衝擊，乃指揮官處理溢油策略選擇的重要參考依據，對溢油污染緊急應變及海岸管理均有重要的貢獻(陳，2004)。

NOAA 利用環境敏感度指標預先建立防治油污對敏感地區傷害的反應對策，建構了環境敏感指標地圖(ESI maps)。環境敏感度指標大致分成三大類(NOAA, 2002)：

1. 海岸分類(shoreline classification)：根據油污接觸各類海岸後，經波浪冲刷後之滯留殘存情形及是否容易清除等考量下，來界定其敏感性並予以分類分級。
2. 生物資源(biological resources)：對於容易受到油污損傷或稀有生物(如水鳥和珊瑚等)及其棲地，評估其豐富度及分佈來界定其敏感性並予以分類分級。
3. 人類利用資源(human-use resources)：又稱為人為社經(human and socio-economic resources)資源，根據海岸土地使用型態(如沙灘、公園、港口、取水口、歷史古蹟等)來界定其受油污影響下之敏感性並予以分類分級。

ESI 地圖以不同顏色線條標示海岸線對油污的敏感度，海岸分類分為 10 大類(如表 1 所列)，即對油污清理難易之敏感度區分，由分類 1 之最低敏感度(油污易被海浪沖洗，短期可自然消失，毋需刻意清理)至分類 10 之最高敏感度(油污易沾粘植物及沉積，可維持長久，不可以重型機具清理)(陳，2006)；而敏感生物資源(如水鳥、紅樹林等)則以不同的顏色花紋區塊標示，人類利用資源則以圖示標定(如漁港、取水口、沙灘等)。

根據 IPIECA 溢油事故準備及應變管理指導指南(1996)，考量溢油對各類海岸所造成的衝擊、海岸的生物資源與人類利用資源等因子之敏感性，建議海岸保護優先順序為：(1)人體健康和安全、(2)生物棲息地和文化資源、(3)稀有和/或受危害的植物群和動物群、(4)商業資源、(5)娛樂設施。故 ESI 地圖不但可用來規劃海岸現場保護及清理計畫，也用以制訂大面積區域的策略規劃等等。尤其發生三級溢油事故時，在應變行動的不同階段，可能需用到各類型敏感地圖。例如，在近海水域之遠處發生重大溢油事故，在發生後數日之內，可能還不清楚溢油是否會被帶到岸上或岸上哪個位置。因此，策略性敏感地圖包含的面積要廣，且須涵蓋油膜可能漂移所有方向之重要敏感區位。在溢油應變行動的後期，當確定溢油漂移之方向，若正朝向某個需優先保護的海岸漂移，應變人員就需要策略性敏感地圖及其資訊；如果溢油已在不同地帶的海岸上攔淺，清理隊伍則需要詳細的操作地圖及其資訊。

近年來，地理資訊系統(GIS)的發展使得 ESI 地圖不管在圖層管理、更新及應用上都更加快速且便利，尤其是強大的查詢功能和選取所需的圖層進行資料分析與展現，使得 ESI-GIS 已成為決策支援的重要利器。目前除了美國外，陸續已有許多國家如日本、加拿大、丹麥、泰國等也依據該國的海岸特性加以修改並建置其環境敏感指標地圖，其 ESI 地圖已列為各國應變計畫的重要部分，且依據調查完成的 ESI 地圖制定各區域不同之溢油應變策略。

故為健全海洋污染應變體系，以及在意外發生後的黃金時間內採取合適的緊急應變措施以減輕污染危害，應開始積極調查並建置本土的環境敏感指標地圖，以提供海洋污染應變的決策所需，並作為未來海岸管理之用。

表 1 ESI 海岸分類一覽表

ESI	種類	次類	海岸類型
1	暴露岩岸	A	暴露岩岸
		B	暴露，固體的人造結構物
2	暴露海蝕海岸		暴露海蝕平台
3	細沙灘		細到中度粒徑之沙灘
4	粗沙灘		粗粒狀之沙灘
5	砂、礫混合灘		砂、礫混合灘
6	礫石灘	A	礫石灘
		B	拋石海岸(Riprap)
7	開闊潮間帶		開闊潮間帶
8	遮蔽岩岸	A	遮蔽岩岸(拋石海岸、懸崖)
		B	遮蔽、固體的人造結構物
9	遮蔽潮間帶		遮蔽潮間帶
10	溼地、紅樹林	A	濕地

二、研究方法

1. 海岸線調查

- (1) 調查台灣南部海岸，台南縣市、高雄縣市及屏東縣等 5 縣市，海岸線共計 329 公里。
- (2) 將欲進行調查的海岸先行分區，蒐集該區域之相關調查報告及研究報告，再依其鄉鎮來規劃執行調查路線。並依潮汐預報規劃該區域調查時間。
- (3) 行前先以 Google earth 了解當地的海岸概況，搜尋當地的人類利用資源及特殊的生物資源等相關資訊。
- (4) 海岸調查主要由調查人員依據「台灣環境敏感指標(ESI) 海岸調查手冊(第一版)[2008, 1 月]」到現場進行海岸調查，調查內容有：海岸地形與結構、海岸坡度、底質型態、ESI 分類、海岸調查表及海岸示意圖繪製。到達現場也一併紀錄附近的救援通道路口(包括路寬及 GPS 定位)，以為日後油污緊急應變之救援參考。

2. ESI 地圖之建置

- (1) 現場紀錄的海岸調查表的 GPS 定位轉換成二度分帶座標，利用 ArcView 軟體將海岸線調查成果描繪在台灣底圖上，繪製成 GIS 海岸分類圖層。
- (2) 人文及生態資料的蒐集：生態資料主要之查詢方向為學術單位之長期監測或是碩博士論文研究，而人類利用資源方面則主要針對政府單位於這些區域所進行的利用，如：所放置之人工魚礁區、所設置之濱海遊憩區……等。

三、調查成果

1. 南部海岸線調查結果

台灣南部的自然海岸大都屬於細沙灘，除高雄縣到屏東枋寮漁港一帶沙灘外大都有消波塊護堤或離岸堤；沙礫混合灘和礫灘則主要分布在屏東枋寮漁港至後灣一帶；墾丁公園海域則主要為裙礁海岸；而潟湖內則是為敏感度較高的遮蔽型海岸(結果詳見圖 1)。

南部縣市的生物資源和人類利用資源，彙整於圖 2 和表 2。就敏感生物資源而言，主要有台南縣市主要河道內紅樹林溼地、黑面琵鷺保護區、七股潟湖生態敏感區(有豐富的魚蝦貝類)和四草野生動物保護區，還有屏東墾丁公園海域生態豐富的珊瑚礁區，這些都是須優先保護的生態敏感區。以人類利用資源來說，台南縣市和屏東縣沿岸大都有沙灘或濱海遊憩區，是重要的觀光遊憩區；高雄縣和屏東枋寮漁港以北一帶則有海水養殖取水口；還有發電廠的冷卻水取水口位於興達火力發電廠、台電大林火力發電廠和核三廠；還有沿岸大大小小的港口等。

生物資源中較重要的資料，是對油污敏感生物的種類、數量和分布等資料，但目前該資料因調查資料不足或年代久遠，因此仍相當欠缺，未來將持續蒐集資料建置；此外漁業(如牡蠣養殖、定置漁網及近岸漁撈等)為台灣沿海居民的重要經濟來源，對於漁場的分布和漁期的掌握也是未來亟需建置的生物資料。



圖 1 南部縣市海岸線分類調查成果

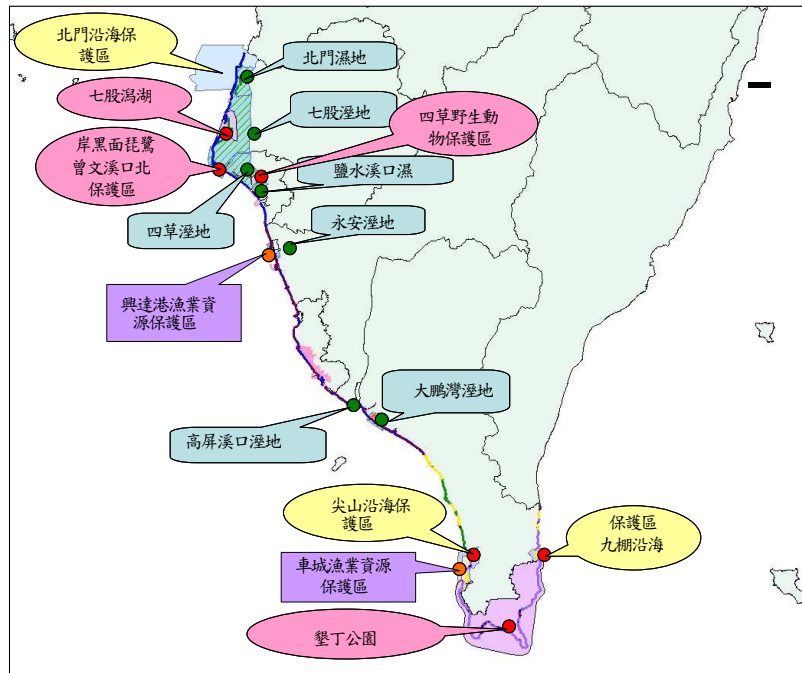


圖 2 南部縣市重要生物敏感區

表 2 南部縣市的人類利用資源

縣市	類別	地點
台南縣	漁港	北門、將軍、青山
	濱海遊憩區	雙春、馬沙溝
	古蹟	南鯤鯓代天府
台南市	漁港	安平
	濱海遊憩區	秋茂園、喜樹黃金海岸
	古蹟	鹿耳門天后宮、四草砲台、安平古堡、億載金城
高雄縣	漁港	興達、永新、彌陀、蚵仔寮、中芸、汕尾
	取水口	興達火力發電廠、海水養殖取水口(永新、中門、港嘴)
高雄市	港口	左營軍港、高雄港、漁港(柴山、前鎮、鳳鼻頭)
	渡輪	鼓山、旗津、中洲
	取水口	台電大林火力發電廠
	沙灘	西子灣、旗津
	古蹟	雄震北門、英國領事館、旗津天后宮、旗后燈塔、旗後砲台
屏東縣	漁港	鹽埔、東港、水利村、塭豐、枋寮、楓港、海口、後灣、萬里桐、山海、紅柴坑、後壁湖、潭子、香蕉灣、鼻頭、興海、南仁、中山、旭海
	觀光遊憩區	大鵬灣風景區(青洲濱海遊憩區)、墾丁公園(悠活沙灘、白沙灣、核三廠出水口潛水區、後壁湖潛水區、南灣遊憩區、夏都沙灘、小灣沙灘、船帆石沙灘、砂島、貓鼻頭、鵝鸞鼻、龍坑生態保護區、龍盤草原、風吹沙、佳樂水、九棚大沙漠)、旭海草原、海口沙漠、黃金海岸
	取水口	核三廠、海水養殖取水口(東港至枋寮一帶)

2. 應變建議

在溢油應變中，第一時間應先做好生態敏感區的保護，包括野生動物保護區、墾丁公園的珊瑚礁生態區和紅樹林、瀉湖等，應列為第一優先保護區。故在應變策略上，應先以攔油索保護瀉湖及河口的出海口；而黑面琵鷺保護區和墾丁公園的珊瑚礁區，則是佈設攔油索將油污移離敏感區，最好能在鄰近地點備攔油索以利第一時間佈設保護。若油污可能飄向岸際，則以攔油索將油污導向集中在敏感度較低且較易處理的海岸，再進行岸際清除作業。至於港口和發電廠的取水口，平時應建立通報名冊並備足夠數量之攔油索，當發生海污事件時於第一時間進行自我防護。未來除污設備的運送路線規劃及含油廢棄物的堆放場所，亦應避開重要的生態敏感區；而救援路線的規劃則必須考量當地的救援通道路口。最後，對於溢油高風險區和生態敏感區的沿海範圍內，未來可加強留意航經該區的船舶，以適時給予拖救或救援，降低溢油風險。

屏東地區的海岸線長且其類型較多元，除有沙灘、遮蔽型潮間帶外，尚有裙礁、砂礫混合灘和礫灘，尤其後者的除污工作上常需要噴槍清洗設備，而且依據溢油風險評估(張，2006)，鵝鑾鼻東南方海域為高風險區，因此建議可將該設備集中在後壁湖漁港。就救援通道口而言，自後灣以南一帶，除了少數地方有道路可以直達海邊，其他地方均不易到達，因此在救援應變上則需加強海路運送應變能量。關於不同海岸類型的油污清除方法整理如下：

(1) 細沙灘 (ESI 3)

主要分布於台南縣至屏東縣枋寮漁港以北一帶，高雄縣至枋寮漁港一帶沙灘外則常有消波塊護堤和離岸堤。一般而言，該海岸坡度較平坦、通常有遊憩區或沙灘分布。如果發生油污事件的話，因細沙灘的底質孔隙較小，油污滲透的深度大約是 10-15 公分左右，為較容易清除油污的海岸類型，一般建議由靠陸面的油污開始清理，受油污染的灘面盡量減少踩踏或機具移動，盡量以人力進行除油作業，避免過多的沙石被移除。

(2) 砂礫混合灘 (ESI 5)

砂礫混合灘主要散佈於屏東枋寮漁港至後灣一帶，通常其海岸坡度屬中等，其礫石佔其沉積物的組成約 20-80% 之間，因其底質容易受海水運動而移動，故其生物密度較低。若發生油污事件，油污可能會滲透底質到 50 公分深，在粗粒狀海灘上使用低壓噴洗可能更有效；沙移除應減至最小，避免底質侵蝕，沉積物移除行動應該在油污上岸後開始。

(3) 礫石灘 (ESI 6)

主要散佈於屏東枋寮漁港至後灣一帶，一般其海岸坡度較為陡峭，因其底質移動性較高，故生物密度不高。一般的除油建議為：高度集中的油應盡速從上灘面移除，底質的移除量越少越好；可以低壓沖洗讓沉到底部的油浮上表面，再以汲油器或吸附材回收；應避免高壓水柱沖洗，因為可能將受污染的細小沉積物帶到低潮帶或潮間帶、可用機械由沙灘外圍輕度油污染的高潮線處開始往潮間帶上半部移動移除油污；含油沉積物不可堆放在潮間帶。

(4) 裙礁海岸 (ESI 2)

主要分布於墾丁公園海域，該區潮下帶有珊瑚礁的分布，生物資源豐富，一般其海岸坡度平緩，退潮的時候潮池內有豐富的生物。一般的除油建議為：以圍堵方式使油污不繼續湧進，當高潮線可以進入的區域，或許可以人力移除高度集中的油；在生物活動的地方不宜高溫沖洗。

(5) 遮蔽拋石海岸 (ESI 8B)

如北門瀉湖、七股瀉湖和高雄港區內，位於灣澳內，波浪能量小。若發生溢油，油污容易滯留並滲入石塊間隙，油污亦會慢慢滲出。一般來說是基於美觀因素和避免油污慢慢滲出，才會進行高壓沖洗，而沖洗出來的油污必須完全回收。其海岸的敏感度較高，一般建議在其出海口部份先佈好攔油索，避免油污進入。

(6) 遮蔽潮間帶 (ESI 9)

如大鵬灣瀉湖，其底質主要是由泥和少數的沙所組成，底質柔軟，波面平穩。一般而言，若油污進入不易隨潮流帶出，且其生物多樣性較高，為高優先保護區，需使用溢油保護設備，如攔油索，使油污影響降至最小；在含油的潮間帶上，應禁止人員通行；若清除是必要的，應限制到高潮線破碎帶或從小船上處理低壓沖洗或由吃水淺的小船佈放吸附材可能是有幫助的；任何清除應就近監督，並使油與沉積物的混合減到最小。

四、結論與建議

環境敏感指標地圖主要為提供海污事件發生時應變指揮官的決策擬定依據，提供海岸敏感區位置及合適的油污清除方法，以便在最短的時間及有限的資源下，採取最佳的防護處理措施。因此未來建置完成後應加入各縣市之緊急應變計畫中，提供各縣市應變參考之用，以供模擬事先制定該區域之應變策略，對於敏感區應保護的優先順序和溢油處理策略，應事先討論決議後，明定寫在應變計畫中，並將該主管機關的聯絡方式列入通報名單內。目前建置之 ESI 地圖，因生物資源的資料蒐集不易，因此生物資源圖層仍待進一步逐步建置，並希望相關主管單位能委託學者專家進行海域生態調查，以補足敏感生物資料。

參考文獻

1. 內政部營建署重要溼地。 (http://www.wetland.org.tw/project/wetlands_TW/#)
2. 台南縣政府觀光旅遊網。 (<http://tour.tainan.gov.tw/view.aspx?subject=swcoast-nsa>)
3. 台南縣綜合發展計畫。 (http://gisapsrv01.cpami.gov.tw/cpis/cprpts/tainan_county/depart/sector.htm)
4. 行政院農委會林務局自然保育網 (<http://conservation.forest.gov.tw/ct.asp?xItem=7616&ctNode=178&mp=10>)
5. 安平歷史風景區。 (http://anping.tncg.gov.tw/tour/tua_home.jsp)
6. 雲嘉南濱海風景區。 (http://www.swcoast-nsa.gov.tw/03_tour/yellowpage_scenery_list.aspx)
7. 農委會林務局自然資源與生態資料庫。 (<http://ngis.zo.ntu.edu.tw/index1.htm>)。
8. 溼地保護工作委員會, 1994, 「83 年度台灣海岸地區環境敏感地帶保護區示範規畫—鳥類 紅樹林 濕地調查計畫」。行政院環保署補助, 高雄市野鳥學會。
9. 李培芬、林俊全、謝長富、謝蕙蓮、邵廣昭, 2002, 建置台灣沿海地區環境生態資源資料庫。內政部營建署市鄉規劃局。
10. 李榮祥, 2007, 台南市四草野生動物保護區生態監測計畫期末報告。台南市政府。
11. 許榮中, 2001, 台南縣的海岸沙洲及潟湖。台南縣政府。
12. 陳宜清、歐陽良炯, 2005, 環境敏感指標地圖在海岸溢油污染清理應用之架構建立, 第三屆國際環境災害及緊急應變技術研討會, 雲林。
13. 陳宜清 (2006). “海岸油污清理決策支援程序—以海岸脆弱度為考量”, 第二十八屆海洋工程研討會, 2006 年 10 月, 中山大學 (高雄)。
14. 陳宜清 (2007). “探討海岸油污污染適當清理方式之決策支援程序建立”, 2007 第二屆南華大學管理決策研討會, 2007 年 5 月, 南華大學 (嘉義)。
15. 陳宜清, 歐陽良炯 (2007). “環境敏感指標地圖在臺灣海岸油污清理之應用探討”, 科學與工程技術期刊, 第 3 卷, 第 3 期, 第 13-24 頁。
16. 張國棟, 2006, 台灣南部油污污染擴散風險評估及模式檢討建置專案工作計畫。行政院環境保護署。
17. Environmental Sensitivity Index: Rhode Island