

船舶擱淺引致近岸油汙染衝擊評估 -以德翔台北事件為例

黃暄穎¹
國家災害防救科技中心¹

張君名²
DHI臺灣辦公室²

張志新¹
國家災害防救科技中心¹

摘 要

2016年3月10日上午9點30分本國籍貨櫃船「德翔台北(M/V TS Taipei)」因失去動力被東北季風推往岸際，擱淺在石門台2線29.5公里外海距岸250m處，船上載有燃油357噸、柴油35.6噸、617個貨櫃。環保署當日下午即採取應變機制，事發後連續10日海象險惡，造成除油作業遲遲無法進行，致使3月17日才開始進行海上抽油作業。根據行政院環保署之公告，在海浪和潮流不斷作用下，3月14日岸際自貝兒咖啡館以東到十八王公橋之海岸潮間帶已受油汙染，此後北海岸敏感點位（如草里漁港、石門漁港、核一廠、老梅綠石槽等地）陸續發現輕微點狀油汙染，範圍最遠向西至麟山鼻漁港、向東至金山神秘海岸，總長約20公里。

本研究乃針對石門外海之「德翔台北」貨輪擱淺溢油汙染岸際及海域範圍，首先蒐集當時北海岸石門海域附近的風場、波浪、潮位等海洋環境資料，以及重油等油品特性後，利用DHI MIKE21數值模擬軟體中的波浪頻譜模組(Spectral Wave Module, SW)和水動力模組(Hydrodynamic Module, HD)耦合計算，作為研究範圍之水動力，再帶入生質模組(Ecological Module, ECOLAB)，其中包含溢油模組(Oil spill, OS)以及粒子追蹤模組(Particle Tracking, PT)功能，進行汙染海域未受除油措施和應變作業影響下可能產生的擴散範圍。另外，針對本次事件油汙染應變措施進行探討，發現實際上油汙染擴散範圍及量體受到良好的控制，證明應變作業成效顯著，未造成更嚴重之汙染發生。模式提供的油汙染擴散資訊有限，雖無法非常準確，但可模擬油汙染趨勢，提供緊急應變中心指揮工作。石門海域非首次船難，發生原因雷同，建議能在海域劃分災害潛勢區，以及提升船員安全意識，做為後續救災之參考。

關鍵字：德翔台北、擱淺、油汙染、MIKE 21

一、前言

漏油是海洋污染的主要來源之一，尤其海洋油汙染是全世界關注的焦點，每一年在世界各地發生的油汙染事件層出不窮，俞文勝(2007)表示中國每年發生海上溢油事件至少500件以上，而全世界每年排入海洋中的石油約占石油產量的0.5%，高達1000萬噸，抽油平台漏油量就佔其中22%，其他來自海難事件或排放^[8]。雖然海洋對石油污染有自淨能力，但不是無限的，大規模溢油污染能引起附近海域嚴重缺氧，使大量魚蝦、海鳥死亡；油汙被海浪帶上岸會破壞岸際生態，無即時清理則可能造成火災，釀成更嚴重損失。因此，預防油汙染發生應從培養從業人員的防汙意識做起，制定油汙染應變計畫，以及建立海洋汙染預警系統。當油汙染發生時，首要用攔油索將油汙限制在一定範圍內，再以物理、化學或生物方法將油汙清除，視現場情況而定。物理方法例如稻草、鋸木屑、聚氨脂泡棉、聚苯乙烯纖維等親水疏油吸附材料；化學類似油汙分散劑、燃燒等方式；生物法以微生物、海藻細菌共生作用等修復技術為主。

張等人(2008)針對台灣北部海域曾發生的油汙染事件，利用OILMAP溢油擴散軟體進行模擬，聊解溢油發生後，在海上可能產生的擴散情況^[11]。陳等人(2015)根據拉格朗日(Lagrange)粒子追蹤法建立水下溢油數值模式，羽流動力模組模擬溢油的噴射和浮力，對流擴散模組模擬溢油的對流擴散情形，再利用水槽實驗進行模式驗證，結果相符^[12]。2010年墨西哥灣鑽油平台爆炸造成漏油事件受全世界關注，A.J. Mariano等人(2011)研究發現墨西哥灣事件發生三個月後，尚有25%油體漂浮於海中，其他沉入800公尺深海底下^[13]。F.J. Antonio等人(2011)針對鳥類、海龜、哺乳動物進行分析，顯示海鳥受汙染影響最嚴重^[16]。Zachary Nixon等人(2016)利用遙測影像分析將溢油汙染量化^[17]。Barry Bozeman(2011)表示目前各國皆具備重大災害管理的方法和知識，但是組織管理是最難徹底實行的部分，因其關聯性相當複雜，當組織系統脆弱，一旦船隻失去動力就會導致一連串災害發生^[14]。

二、台灣溢油事件回顧

蒐整台灣70年來發生的海難事件，自1949年有紀錄以來高達上百次，每每皆重大損失，隨著國家經濟起飛，船運蓬勃發展，同樣船難次數也跟著增加。海難原因不外乎機械故障、颱風、擱淺、翻覆等。針對歷年重大擱淺漏油的海難事件如表1所示。

2008年11月10日「晨曦號」貨輪，自新加坡開往韓國釜山港，因海象惡劣，不慎流錨擱淺於石門外海200m處，艙內載有493噸燃油、64噸柴油，船艙破裂後燃油外洩，造成十八王公廟以西沿岸約3km海岸受污染^[9]。2006年7月15日「DEWIBUNYU」化學輪上午6時發現船身傾斜25度，載運香蕉油1000噸，燃料油27噸、柴油5噸、潤滑油0.8噸，下午5時翻覆，現場發現油汙，且船身受潮流影響在麟山鼻附近海域漂移。2001年1月14日希臘籍「阿瑪斯號」貨輪滿載礦砂，由印度駛往中國，行經台灣南部海域時失去動力，漂流12小時在墾丁擱淺，4日後船身破裂並開始漏油，油汙遍布礁石及岩縫，當時海象惡劣無法即時處理，後續也發生跨國求償問題。1986年高雄港大仁宮拆船場拆解「加拿利號(Canari)」時，因拆船切割的小火星，引燃船艙一千噸的油泥後爆炸，死傷慘重。1961年重達4200噸油輪「光隆號」停泊在高雄港裝填汽油時爆炸起火。

表1 台灣歷年重大擱淺漏油事件

日期	事故名稱	地點	災因
2008.11.10	「晨曦號(Morning Sun)」貨輪擱淺	石門	機械故障
2006.7.15	「DEWIBUNYU」化學輪翻覆溢油	基隆	傾斜翻覆
2001.1.14	「阿瑪斯號」貨輪擱淺	鵝鑾鼻	失去動力
1986.8.11	大仁宮「加拿利號(Canari)」解體爆炸	高雄港	爆炸
1961.4.5	「光隆號」油輪爆炸	高雄港	爆炸

歷年來台灣海岸發生多起海難事故，因此，2000年施行「海洋汙染防治法」，2004年實施「重大海洋油汙緊急應變計畫」，並建立應變機制，本文亦針對「德翔台北」擱淺事件應變作業進行檢視。

三、「德翔台北」溢油事件概要

「德翔台北」輪為每週固定航行於臺灣到香港間的航線，此次航線原定自基隆港到台中港，行駛臺灣到離島航線的外側，此次事件起初因機械故障，失去動力漂流後下錨，但因水深超過60m，無法有效拉住船體，流錨漂流又被東北季風吹至石門外海擱淺，飄流路徑見圖1紅線部分。環保署於2016年3月10日上午10點10分接獲行政院海岸巡防署勤務指揮中心傳真通報，「德翔台北」於上午9點30分擱淺在石門台2線29.5km距岸250m處，當時海象險惡，海巡隊派3艘巡防艇前往救援，船上21人以吊掛方式平安撤離。隔日下午1點10分直升機第4次出動墜海，造成2死3傷憾事；同日船體出現裂縫，造成重油汙染周遭海域，鄰近礮石海岸覆蓋一層黑色油汙。自擱淺日起連續7日海象惡劣，乃至3月17日才開始抽油作業，並估計當時仍載有約35.6噸柴油、357噸重燃料油、31.7噸潤滑油及35噸廢汙油。3月24日發現船體因連日受海浪衝擊，船身原有之裂縫加大並斷裂，數日監控發現裂縫處及船艙有漏油情形。(圖2)

自事故船擱淺後到5月10日除油作業完成期間，最嚴重汙染範圍介於聖安宮至咖木屋之間約800m；經民眾通報有油汙狀況災點，介於白沙灣至草里漁港間，以點狀、海面浮油等為主(圖1深棕色處)；新聞媒體報導最遠到麟山鼻漁港和神秘海岸，亦為零星油汙疑似受漏油汙染(圖1淡棕色處)。除了最靠近事故船自聖安宮到咖木屋之外，其他地點油汙汙染影響情形甚小。



圖1 德翔台北汙染可能影響範圍及環境敏感區示意圖



圖2 貨輪擱淺斷裂及油污滲漏情形

四、海氣象分析

針對船舶擱淺前失去動力漂流的海氣象分析，依據中央氣象局富貴角浮標站波浪資料，台灣北海岸2016年3月3日至10日最大示性波高5.44m，示性週期13.8sec，主要波向為ENE，如圖3所示；分析富貴角浮標站風速資料，期間風速介於2.8~9.2m/sec，主要風向為ENE、E與NE，如圖4所示，顯然持續受東北季風影響，二玫瑰圖圖例顏色依據蒲氏風級分類從3級至8級，波浪玫瑰圖最大8級，風玫瑰圖最大5級，3級為小波，波峰偶爾泛白沫，8級為巨浪，巨浪波峰破裂，浪花明顯成條沿風吹起。

另外，由圖5可知台灣北海岸波高資料在3月9日之前海象平穩，之後風浪急遽變化，屬於大浪型態，海況不佳。由圖6可知，台灣以半日潮為主，北部沿海漲潮時向西流，反之向東流，潮汐周期約12小時25分，一日可有漲退潮2次；「德翔台北」失去動力漂流期間自10日上午06:00至10:00(圖6紅色部分)，當時為漲潮階段，因此推測潮流向西，期間潮位如圖6所示，空白處無資料。

由海氣象分析結果推論，石門海域附近自3月1日至10日主要風向來自ENE，使得近岸海域波向以NE和ENE為主；失去動力時適逢漲潮階段，潮流向西流，致使貨輪隨潮流向西移動；加上風浪助力，又受北海岸地形影響，最後貨輪流錨擱淺上岸。

富貴角資料浮標[浪高波向逐時觀測資料]

中央氣象局 2016/3/3~2016/3/10

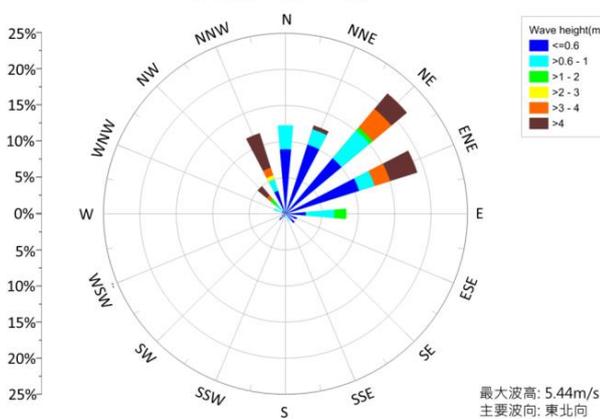


圖3 富貴角波浪觀測資料玫瑰圖

富貴角資料浮標[海面風逐時觀測資料]

中央氣象局 2016/3/3~2016/3/10

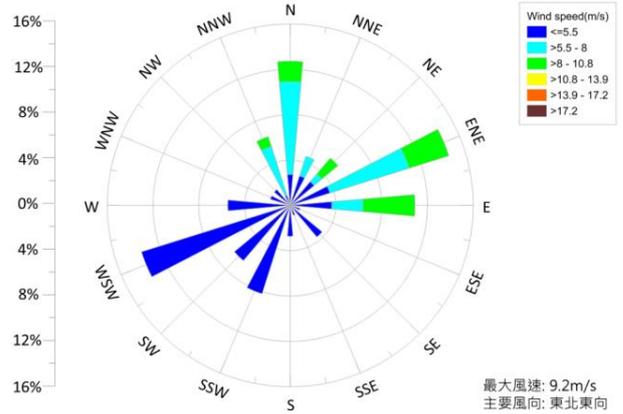


圖4 富貴角海面風觀測資料玫瑰圖

2016/3/3~3/10富貴角測站波高

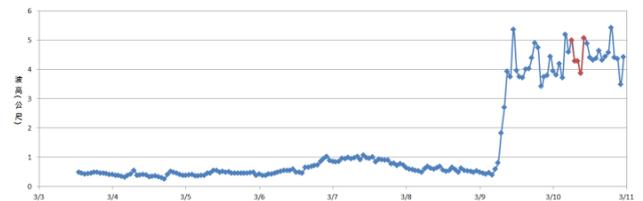


圖5 富貴角測站2016/3/3~3/10波高資料

麟山鼻潮汐水位(2016/3/1~2016/3/10)

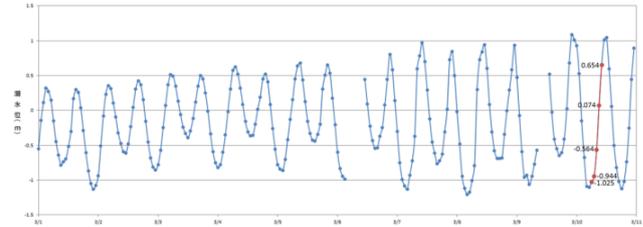


圖6 麟山鼻潮位站3月份潮位變化

表2 2016年3月1日至10日船難前海氣象資料

	當時海氣象資料	狀態
波浪	最大波高：5.44m 最大週期：13.8sec 平均波高：1.41m 平均週期：8.2sec 主要波向：NE	最大波浪達湧浪等級(10~30sec) 相當於颱風來臨前大浪
風	最大風速：9.2m/sec 主要風向：ENE	蒲氏風級：五級(勁風) 平均風速：4.4m/sec
潮位	3/10 06:00 -1.025m 3/10 10:00 0.654m	失去動力漂流期間 3/10 06:00~10:00 為漲潮階段 潮流方向：向西

五、溢油模擬

利用丹麥DHI MIKE21數值模擬軟體，模擬德翔台北擱淺漏油後，假設沒有攔油索和抽油等除油作業時，受到波潮流影響下的油污可能擴散情形。

由圖7模擬流程可見，相關海氣象資料蒐集部分，包含歐洲中尺度氣象中心(European Centre for Medium-Range Weather Forecasts, ECMWF)之風場、地形資料、波浪浮標資料、潮位資料，並建立成模

型參數；以風場作為動力邊界條件，利用MIKE21的波浪頻譜模組(Spectral Wave Module, SW)和水動力模組(Hydrodynamic Module, HD)耦合模擬，計算風場帶動的波浪場和流場，亦可模擬波浪之輻射應力引起的近岸流，作為水動力邊界條件；率定波浪和潮位以確認模式可行；再利用生質模組(Ecological Module, ECOLAB)加入油污染源(source)計算，模擬油污染受水動力影響下的擴散情形。

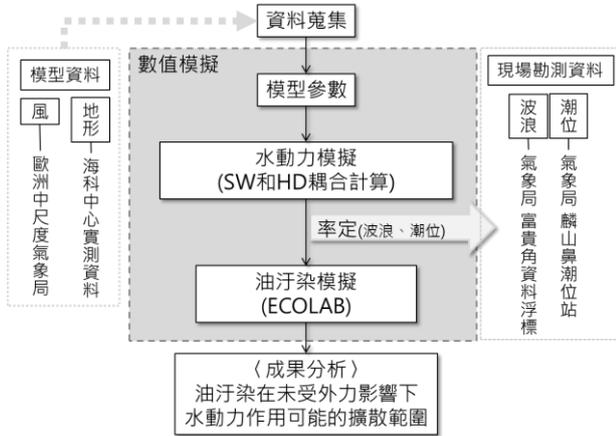


圖7 MIKE21模擬流程圖

ECOLAB可模擬重油密度、揮發性油脂、重油風化後的化學變化，以及近海與岸際油汙粒子動態的行為等特殊功能，因此能完整描述油汙染風化從懸浮質轉為稠狀沉積物的變化狀況。

模擬期間自3月10日至3月30日，由於無法取得實際漏油速率、量體、攔油索佈設等情形，因此本研究模擬期間皆未考量攔油索、吸油等其他設施，油汙隨波潮流自由移動，並合理假設漏油速率每分鐘20kg重油量，研究其移動範圍，實際上入海漏油總量和分布情況卻無從而知。圖8為台灣北海岸近岸地形，從圖中可見東側離岸7km，西側離岸10km側最遠水深約-100m，西側最遠水深-50m，地形以石門漁港為界，東側坡陡西側坡緩，海域皆為開放邊界。

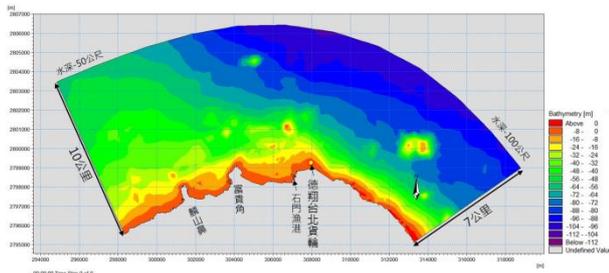


圖8 北海岸近岸海底地形圖

1. 波潮率定部分

取波浪和潮位測站點位進行波浪與潮位資料率定分析。分析結果如圖9和圖10，藍線為實測值，黑線為模擬值，波高率定誤差約1m，潮位率定誤差約0.4m，率定結果相符證明模式可行。

2. 溢油模擬部分

因現場作業無法量測實際漏油量與漏油速率，假設模擬時間內油汙染釋出約500噸重油，平均30秒

排放10kg，並且假設全部重油皆流入海中的情況下，因此模擬油汙量高於實際作業情形，實際油汙染會較模擬範圍更小，量體更少，模擬參數設定如表3。

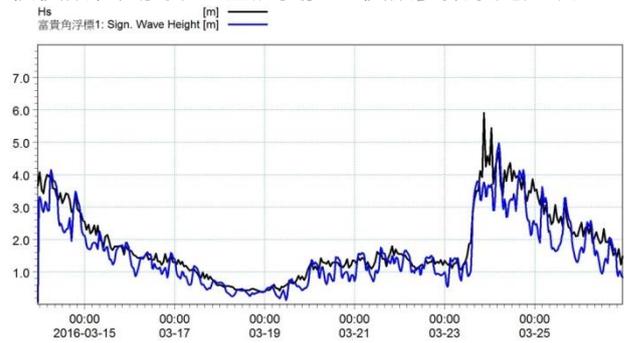


圖9 富貴角波浪測站波高率定(3/14~3/27)

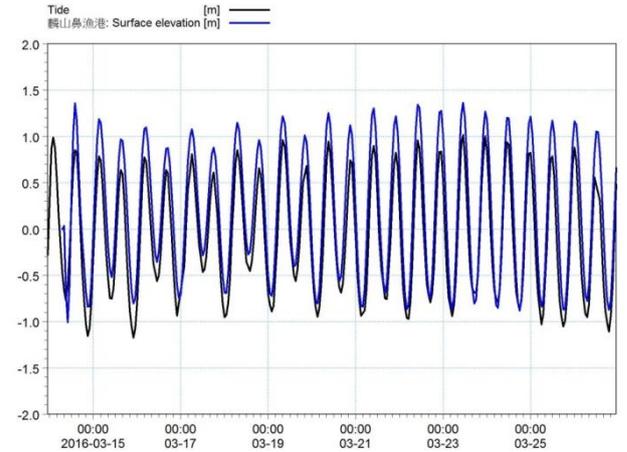


圖10 麟山鼻潮位站潮位率定(3/14~3/27)

圖11至圖15為模擬結果。事實上模擬結果為動圖，油汙染隨漲退潮移動，受潮流影響較大，隨漲潮向西移動，退潮向東移動，一天兩次，離岸影響最遠至2公里，並沒有再擴大。約在15日油汙向西擴散至芝山離岸1公里處，向東以到金山以南。20日油汙漂流最遠，向西最遠影響至淡水如圖11，向東最遠估計至基隆港為圖15，海域為開放邊界因此水流可自由進出，近岸地區受波浪影響將油汙打上岸。油汙染海域面積甚大，影響範圍自淡水到基隆港。圖15為有效等面積圓來表示累積油汙圖，油汙染若漂流風化後，可能會在金山及神秘海岸附近沉澱。

表3-「德翔台北」貨輪溢油模擬參數設定

時間	2016/3/13~2016/3/27
溢油點	N 25.300567° E 121.57598°
網格	三角網格
水溫(Water Temperature)	15°C
水密度(Density of water)	1000 kg/m ³
揮發性油質量(volatile oil fractions)	10 kg/30sec
重油質量(Wax mass in oil)	5 kg/30sec
瀝青質量(Asphaltene mass)	10 kg/30sec
油質浮力(Buoyancy)	0.001

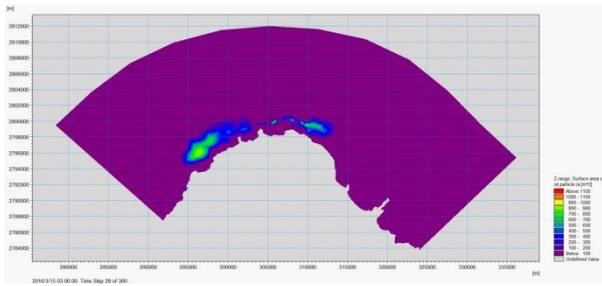


圖11 起初油汙擴散向西影響最遠範圍3/15 06:00

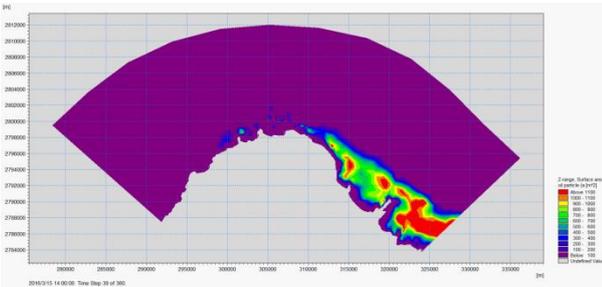


圖12 起初油汙擴散向東影響最遠範圍3/15 14:00

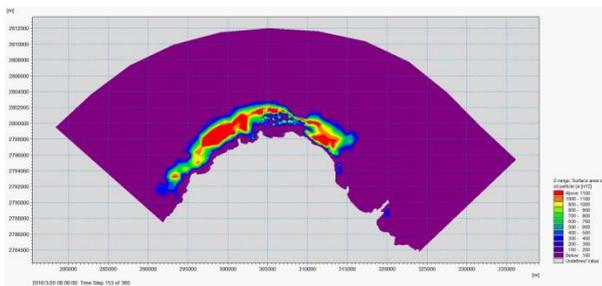


圖13 油汙擴散向西影響模擬範圍3/20 06:00

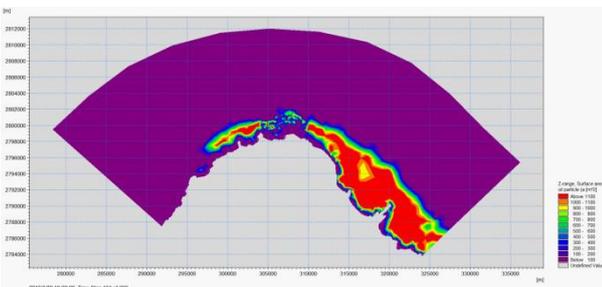


圖14 油汙擴散向東影響模擬範圍3/20 19:00

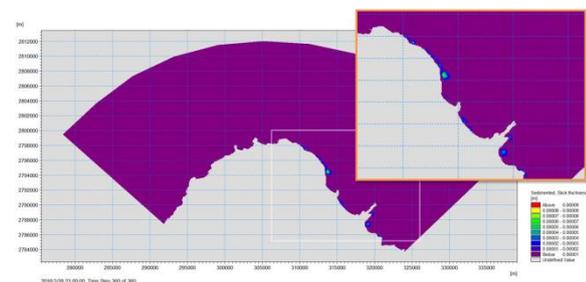


圖15 累積油汙圖

六、防救災的管理策略

(一)「德翔台北」油汙染應變作業

「德翔台北」事故發生後，海巡出動直升機將人員調離，當時為交通部指揮，依據「海難災害防

救業務計畫」啟動海難緊急應變機制；確認人員安全後，因有重油外洩之疑慮可能造成生態浩劫，環保署依「重大海洋油汙染緊急應變計畫」，成立緊急應變中心，權責分工進行相關應變作業；自5月10日油汙清除作業完成後，由交通部處理後續貨櫃吊離及船隻拆解作業，應變流程請見圖14。

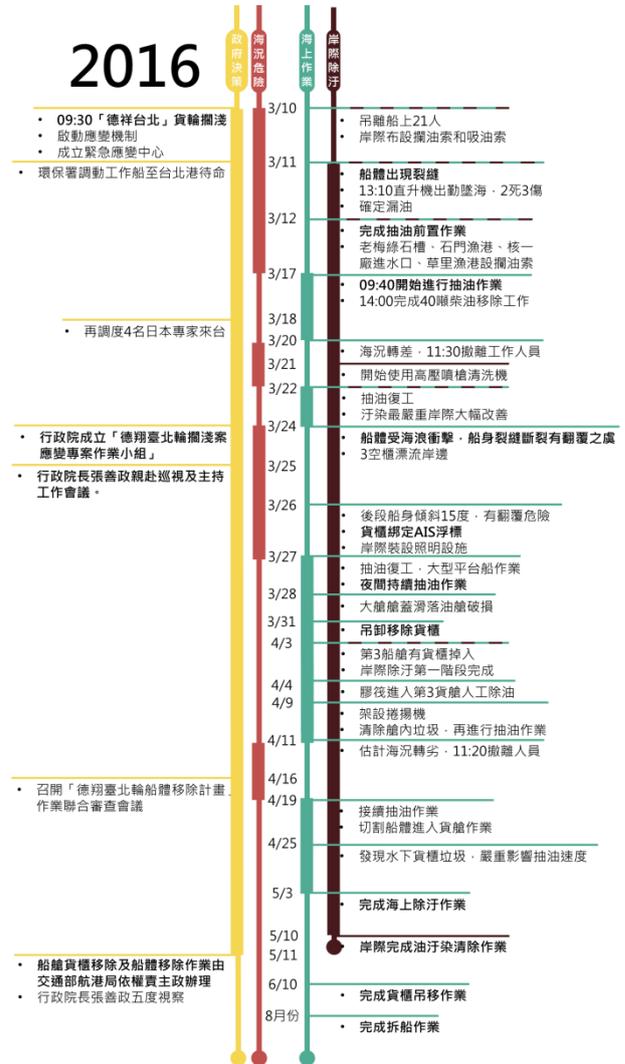


圖16 德翔台北貨輪擱淺事件油汙染處理作業時間表(災防科技中心)

1. 通報作業

環保署於3月10日上午10點10分接獲行政院海巡署勤務指揮中心傳真通報，隨即啟動應變機制，並依據「重大海洋油汙染緊急應變計畫」聯繫相關中央部會、地方環保機關與民間單位，召開緊急應變會議。

2. 成立應變中心

環保署接獲通報後，10日下午3點於石門區公所邀集各部會(見圖17)及德翔海運公司召開緊急應變會議。應變會議中環保署要求各單位依據行政院「重大海洋油汙染緊急應變計畫」權責分工進行相關應變作為；船公司報告初步研判重油並未外洩，但因機艙破裂進水，部分潤滑油有外洩情形；環保署要

