

出國報告(出國類別： 實習 )

( 1 0 4 年 度 法 國 海 域 油 及  
海 運 化 學 品 汙 染 應 變 人  
力 養 成 訓 練 )

服務機關:石化事業部 前鎮儲運所 儲運組

姓名職稱:李韋慶 機械工程師

派赴國家:法國

出國期間:104年6月7日~20日

報告日期:104年8月1日

(摘要：篇幅限於 1 頁以內)

為強化國內各級海洋污染緊急應變權責機關間之聯繫機制與現場應變能力，環境保護署委託假法國水域意外污染事故調查研究中心 (Centre of Documentation, Research and Experimentation on Accidental Water Pollution, Cedre)，於 104 年 6 月 7 日至 20 日在法國布雷斯特 (Brest, France) 辦理海洋污染應變人力訓練之課程，以促進我國海洋污染應變各相關單位人員汲取國外先進經驗，提升相關專業知識。參訓學員主要為中央及地方執行海洋污染應變相關權責機關主管及人員，包括行政院海岸巡防署、環境保護署、農業委員會漁業署、國防部海軍司令部、經濟部工業局、內政部墾丁國家公園管理處、縣市環保局、國立台灣大學、國立海洋科技大學、台塑石化公司、環興科技及坤柏海洋油汙處理公司等，學員人數總計 25 人。課程結束後皆取得國際海事組織 (International Maritime Organization, IMO) 認可之海洋溢油污染管理 (Oil Spill Management) 及危險與有害物質洩漏管理 (Hazardous & Noxious Substance Spill Management, HNS) 第二階訓練課程結業證書 (IMO Level 2)。

本次訓練課程規劃相當豐富嚴謹，在海洋溢油污染管理方面，包含溢油洩漏應變原則、海面溢油特性及行為、除油劑之使用攔油索、汲油器與泵浦使用、吸油棉應用、海岸清理技術、溢油設備及操作實務示範講解、應變除污設施參訪等；在危險與有害物質洩漏管理方面，課程內容涵蓋 HNS 洩漏應變與挑戰、海上運輸國際法規與準則、HNS 海上運輸模式、HNS 海上行為與對人體健康及環境之衝擊、HNS 應變對人體與環境閾值之限制、資訊蒐集、模擬應用、各式船舶之洩漏應變處置、事故應變案例檢討及分組桌面演練等。藉由此類訓練可提升本公司人員海洋污染專業應變能力，面對事故處理更有正確決策判斷力，以及有效利用各項應變資源。

(目錄)	頁次
壹、目的.....	04
貳、過程	
課程一、Cedre 簡介、溢油洩漏應變原則、海面溢油特性及行為、除油劑之使用.....	05
課程二、攔油索、汲油器與泵浦使用、溢油設備及操作示範	
課程三、吸油棉應用、海岸清理技術、實務操作講解.....	12
課程四、參訪法國國家應變設施器材儲備庫、健康與安全、參訪 Cedre 設施、溢油應變原則與策略影片觀看.....	36
課程五、HNS 洩漏應變與挑戰、海上運輸國際法規與準則、HNS 海上運輸模式、HNS 海上行為與對人體健康及環境之衝擊、事故應變案例.....	44
課程六、HNS 應變對人體與環境閾值之限制、資訊蒐集、模擬應用、貨櫃船舶之應變處置、散裝液體化學輪洩漏應變、液化氣體油輪之應變處置、船舶沉沒之應變.....	49
課程七、分組桌面演練.....	54
參、心得.....	57
肆、建議.....	58

(本文：應包含「目的」、「過程」、「心得」、「建議」及其他相關事項)

## 壹、目的

鑒於我國四面環海，擁有豐富海洋資源且位居亞太國際航運交通要道，各式商貨船舶往來頻繁。有時因天候、海象影響，造成船隻擱淺、觸礁甚至外洩污染之情況，對於我國海洋資源、沿岸安全將形成極大威脅與損失。行政院環境保護署自民國 89 年 11 月 1 日海洋污染防治法通過，及行政院「重大海洋油污染緊急應變計畫」於民國 90 年 4 月 10 日核定後，開始逐年規劃辦理符合國際海事組織 (International Maritime Organization, IMO) 認證之不同層級海洋污染緊急應變訓練，藉由與各先進海洋國家油污染應變相關機構及專業人員相互交流，以加強國內相關權責單位間聯繫機制，及提升各層級人員應變管理與決策能力，期降低海洋污染事件所造成之人員、環境與經濟損失，同時保護我國海域環境與海洋資源能夠永續利用。爰此，本 (104) 年環境保護署委託假法國水域意外污染事故調查研究中心 (Centre of Documentation, Research and Experimentation on Accidental Water Pollution, Cedre)，於 6 月 7 日至 20 日在法國布雷斯特(Brest, France)辦理海洋污染應變人力訓練之課程。

本石化事業部前鎮儲運所為全國主要石油化學品海運進出口中心，海運油品及化學品輸送之種類與數量極為繁多，偶有溢油事件發生，易造成海陸環境污染及受相關主管機關之罰責，爰此，環境保護署邀請參加本訓練，參訓人員得以依訓練課程有效吸收應變經驗、知識及技能，同時與危害應變業務相關參訓主管人員共同研習，觀摩學習國外緊急應變處理方式及程序，為本事業部引入新式觀念與方法，提升本事業部海洋污染預防、應變及協調能力，完善現場船岸作業設施與流程，建立危害搶救指揮動員機制，減低溢油事故發生機率。

本次訓練課程包含符合國際海事組織第二階 (IMO Level 2) — 海洋溢油污染管理 (Oil Spill Management) 及危險與有害物質洩漏管理 (Hazardous & Noxious Substance Spill Management, HNS)。參訓學員主要為中央及地方執行海洋污染應變相關權責機關主管及人員，並由行政院海岸巡防署巡防處張忠龍處長及環境保護署水質保護處劉瑞祥副處長率團，成員來自行政院海岸巡防署、環境保護署、農業委員會漁業署、國防部海軍司令部、經濟部工業局、內政部墾丁國家公園管理處、縣市環保局、國立台灣大學、國立海洋科技大學、台塑石化公司、環興科技及坤柏海洋油汙處理公司等，學員人數總計 25 人。本次訓練課程規劃包含室內理論授課及戶外實務講習，內容豐富且嚴謹，透過共同演練與訓練，參訓學員可取得 2 項符合 IMO 認可課程之證書，除可增進本事業部海洋污染應變決策之能力及公信力外，更可穩固本事業部與海洋污染應變相關權責機關單位建立處理海洋污染事件縱向與橫向聯繫的機制與執行能力。

## 貳、 過程

課程一、Cedre 簡介、溢油洩漏應變原則、海面溢油特性及行為、除油劑之使用

### (一) 水域意外污染事故研究調查中心 (Cedre) 簡介

法國「水域意外污染事故研究調查中心 (Centre of Documentation, Research and Experimentation on Accidental Water Pollution, 以下簡稱 Cedre)」成立於 1979 年 1 月 25 日, 是一個由法國政府中央部門、地方政府及民間專業機構補助之非營利性科學研究與顧問機構, 為法國政府因應 1978 年利比亞籍「阿莫科·卡迪茲號 (Amoco Cadiz)」油輪於法國布列塔尼沿岸沉沒, 洩漏 20 餘萬噸原油和燃油, 污染法國將近 400 公里沿岸地區所採取強化並改善其應變能力措施之一, 其總部設於布列塔尼省布雷斯特市 (Brest, Brittany), 另於地中海的土倫 (Mediterranean, Toulon) 及中南美洲加勒比海的法蘭西堡 (Caribbean, Fort-de-France) 設有 2 個辦事處。

Cedre 成立宗旨、主要任務、組織架構、預算來源分述如下：

#### 1. 成立宗旨

- (1) 將污染應變技術及專業知識提升至國家層級。
- (2) 針對污染物質、影響、應變策略及工具等, 進行研究、實驗及建檔管理。
- (3) 於發生污染事件時, 提供應變團隊適切建議、策略與專業知識。
- (4) 24 小時全天候待命方式予法國政府或民間機構於處理海域、岸際或內陸水體有關溢油緊急應變處理措施時所需之除污技術、污染處理建議與專業知識, 必要時可派遣專門人員至現場提供諮詢。

#### 2. 主要任務

- (1) 協助處理國內外海洋及內陸水體之各式污染事故, 以縮短準備時間與提升處理效率。
- (2) 提供建立資訊文件、評估應變手冊、評估及改進海上與現場應變技術及設備、污染物行徑與風化、溢油軌跡模式分析、空中調查及遙測、海上貨櫃艙遺失、擱淺物棄置、除油劑技術及實際操作手冊、保護敏感地區、內陸水域及海岸線清理、廢棄物棄置、自然資源損害評估、緊急應變計畫及應變團隊之訓練等服務。

#### 3. 組織架構

Cedre 目前編制人員不滿 50 人, 其中 95% 人員及設備集中在總部布雷斯特。該指導委員會組織成員包括法國政府總理辦公室、環境部、國防部 (海軍)、交通部、內政部、工業部、研究部、農業及漁業部、地方政府代表、公立石油研究機構、水質控管局、私人專業組織聯盟、法國養殖漁業委員會、法國船東協會、法國各石油公司。

#### 4. 預算來源

- (1) 40~45% 為法國環境部提供, 主要支援公共服務。
- (2) 30% 由歐盟、EMSA、法國或海外研究機構、大學及地方政府合資或委託研究計畫。
- (3) 30% 來自其他石油及油污應變產業與自有收入, 作為參與應變計畫行動後

保險公司支付應變金。

## (二) 溢油洩漏應變原則

講師於課堂上首先講述歷年油汙事故案例，例如 1978 年油輪 Amoco Cadiz 機械故障擱淺，25 萬噸原油外洩；1979 年海上鑽油平台 Ixtoc 1 火災，估計 45 至 150 萬噸原油損失；1989 年油輪 Exxon Valdez 導航失誤擱淺，18 萬噸原油外洩；1999 年油輪 Erika 船體結構損壞沉沒，1 萬 9 千噸重燃料油外洩等著名嚴重海汙事故。

每件海汙事故皆來自不同原因及情況，可能是機械故障、人員疏失（航行失誤、火災及爆炸）、天候致損、恐怖攻擊等，造成程度差異不一之環境、經濟甚至政治衝擊，無法預測亦無最佳處置之萬用方法，故，應變策略必須視事故狀況而調整，應變基本元素應具備以下要點：

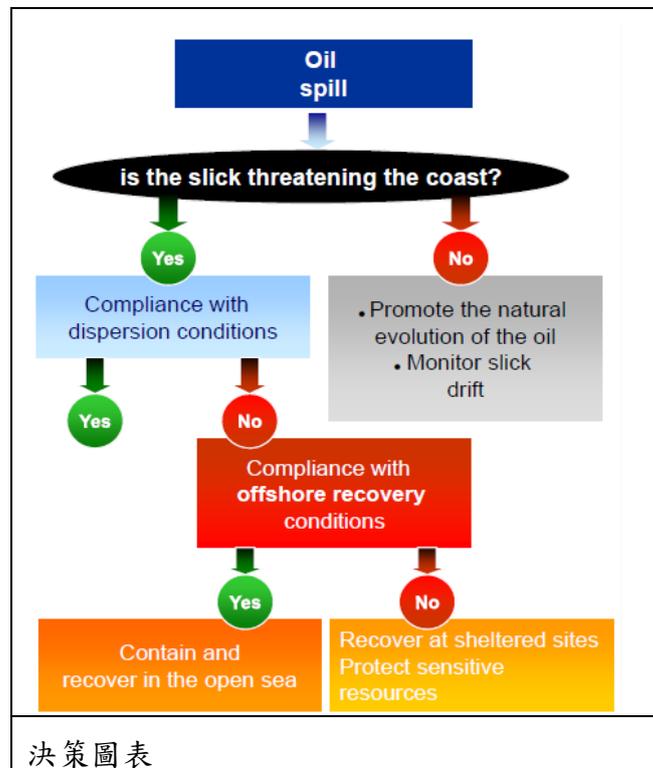
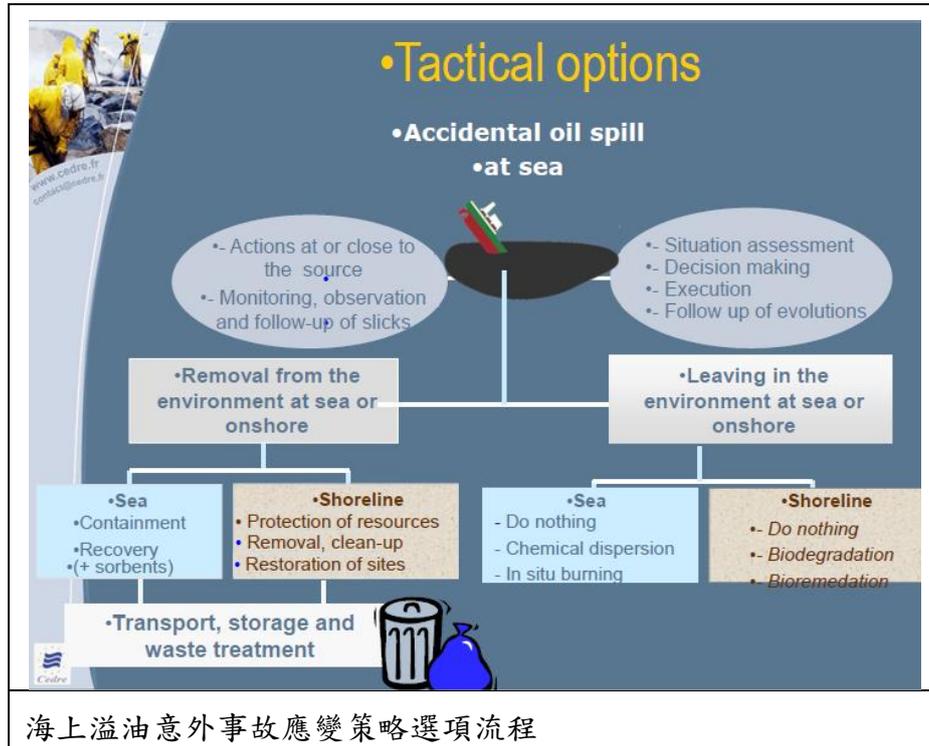
- (1) 適宜之應變組織
- (2) 具經驗且適格之人員
- (3) 應變計畫及反應策略之完善建立
- (4) 良好的網路聯繫及協助
- (5) 可靠且合用之設備器材

另外，講師特別強調在執行應變行動時首重人員與環境的「安全 (Safety)」，沒有安全就不是一個成功的應變計畫及行動。既使已有萬全準備，仍要考量一些無法控制的限制因素，例如天候海象、設備器材獲致與現地部署、時間限制、油品風化等，再再顯示處理汙染事故時需因地制宜。在海上溢油事故應變策略選擇方面，首要瞭解不同應變措施與方法的優缺點及其限制，據以提出數個具體可行方案供彈性運用，並且隨時準備好處理意外之事。通常應變作法有下列幾項：

- (1) 監控評估—利用飛機、直升機及衛星進行監控及偵測油汙漂流方向及面積，再依蒐集資訊評估及預估油汙風化行為後，決定處理策略及作業。
- (2) 不採取任何措施—根據溢油特性及各項因素綜合評估後，有時不行動就是最好的行動，由大自然自潔力量將汙染去除。
- (3) 使用除油劑—可以利用船艇、飛機、直升機噴灑除油劑於浮油區，將溢油溶解於自然環境中，現場通常不會留有殘餘，但仍須考量對水體環境與生物之衝擊。
- (4) 現地限制燃燒—此非為通常做法，且需檢視評估燃燒後之成分特性與行為，例如逸散至空氣中、滯留於水面上、溶於水體、或產生沉澱。
- (5) 圍堵及回收—必須用機械或人力方式，以最快速度收集最大量污染物。首先阻斷洩漏源，再由空中監測來指揮海陸特定地點布放攔油索防堵及汲油器回收溢油，調派船艇拖曳攔油索將油汙集中，避免擴散，並使用親油性汲油器抽取、海面拖網撈取以及吸油棉吸附油汙，視油汙黏稠性來選用合適的設備，有時使用漁網或漁船工具反而更有效率。
- (6) 廢油運輸、儲存及處理—海汙廢棄物臨時存放地點、適當儲存及運輸至專門單位最終儲存及處置皆需列入考量，據統計結果，在所有海汙應變作為中，最耗時耗費便是廢棄油汙處理，平均 1 立方公尺體積油汙會造成 10 立方公尺廢棄物。
- (7) 海岸清理與復原—必須了解油汙不可能完全清除，只能盡量降低對環境衝

擊，協助恢復當地生物或經濟及觀光活動，此外，現場復原相關作業亦可能造成環境衝擊，應變決策者不可不忽略後續清理之影響。

附圖為海上溢油意外事故應變策略選項流程及決策圖表。



### (三) 海面溢油特性及行為

依據國際海事組織(IMO)估計每年約有  $1.5 \times 10^{16}$  公噸油品由海上運輸流入海域，其中 27% 來自船舶意外洩漏。探討油品基本物化性質、環境影響因素及油品風化特性變化，針對其特性來決定最適切之處置應變方式是應變決策者須學習的重要課題，以

下依序說明：

- (1) 油品基本物理化學性質—不同地區所產的原油(例如：北非原油、北海原油、中東原油、北美原油、南美原油)其成分皆不同。原油的主成分有：石油氣、輕油、揮發油、煤油、柴油、瀝青等。原油必須經過裂解或分餾才能使用，故需將原油輸送至煉油廠進行加工，海上利用船運，陸地使用油管輸送，因此皆有可能發生油污外洩狀況。由油品煉解程序與產品可知，各類原油、半成品或成品油所含成分複雜且比例不同，在發生汙染事件時，第一時間難以了解實際溢油內含成分，所以，藉由探知油品以下數個主要物理化學性，來協助現場應變處置之判定：

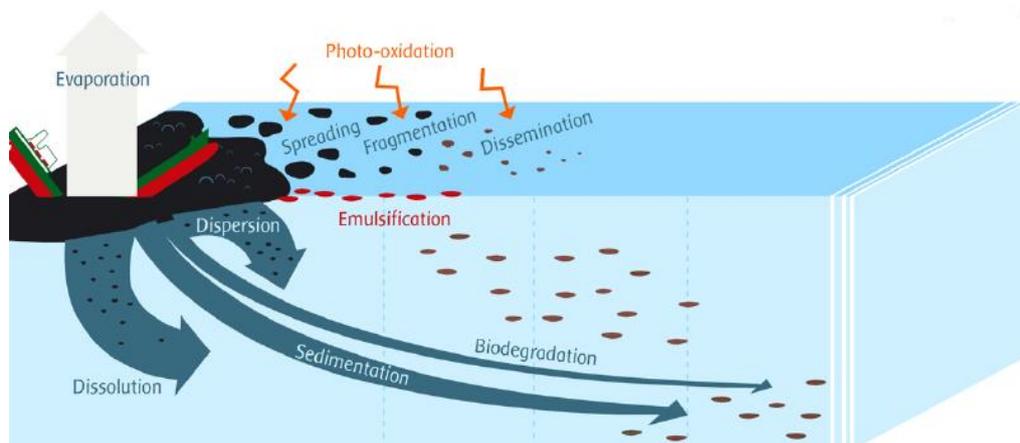
- A. 比重—即油密度與水密度之比，藉以判定油品在水層中之位置。
- B. 黏度—影響在水面流動跟流動性的高低，為所有應變行動是一個很重要的參考指數。若黏度低，易使用除油劑加以擴散，黏度中度以上，可利用泵浦進行抽取收集。
- C. 揮發性—油品逸散至大氣之難易度，將影響應變作為及人員健康。當處理高揮發性油品時，人員需配戴合適防護器具，避免吸入過多油氣導致任何不適。
- D. 熔點（或稱凝固點）—液體流動之最低溫度，但要注意的是通常僅為實驗室獲得之數據，可能與現實情況有落差。
- E. 閃火點—引發閃燃的最低溫度，對於應變團隊而言是一個重要的安全參數。

有關油品相關資訊皆可參閱物質安全資料表(SDS)，當發生油品洩漏時，應立即取得該物質 SDS 供參考，以利應變規劃與行動。

- (2) 環境影響因素—

- A. 氣候條件—風與日照影響油品揮發及黏度上升，波浪影響溶解度或增加乳化效應。
- B. 溢油事故地點—外海、近海沿岸、甚至沿岸地形皆會影響應變策略之規劃與執行。
- C. 水體種類—海水、淡水、或是淡、海水混合，將會影響油品行為性質。
- D. 洋流海流—決定溢油飄浮方向及擴散範圍。

- (3) 油品風化特性變化—

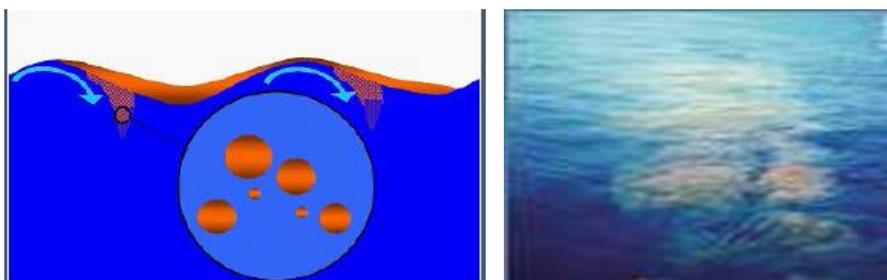


上圖說明一個海污事件所可能發生風化過程，依先後順序發生揮發或擴散、溶解、自然分散、乳化、沉澱、生物降解、光氧化等現象，以下一一說明：

- A. 揮發 (Evaporation) — 依據油品的性質與不同海洋氣象條件，揮發量大小不一，通常輕質油類揮發量大，重質油類揮發量少。揮發作用優點 為可減少溢油量，但缺點是增加起火或爆炸機率。
- B. 擴散 (Spreading) — 一般輕質油類或低濃度油品擴散速度較重質油類快，輕質油類若溢油 100 公升，在數小時內極有可能擴散至 1 平方公里海面範圍，所以溢油擴散範圍越大，圍堵跟回收越困難。



- C. 溶解 (Dissolution) — 溢油水溶性之成分例如苯或甲苯，對於海洋生物及環境毒害性非常強烈。
- D. 自然分散 (Natural dispersion) — 輕質且低黏度油品自然散開形成滴狀溶入水中，幾天內就散化掉，因此不必採取應變行動。



- E. 乳化 (Emulsification) — 溢油與水此兩互不相溶液體，經過海流波浪擾動促其混合，一種液體以微滴的形式分散到另一種液體中，而有油包水或水包油形式之乳化現象，乳化油較原油黏度高且殘留性強，將延緩自然變化至消散的過程，尤其是重質油在乳化後常成為高穩定性之乳化劑 (Emulsions)，很難再與水分離。此外，乳化油體積增加成為原溢油體積之 3 至 4 倍，將導致汲油器回收與除油劑效率下降。





- F. 沉澱 (Sedimentation) — 除固態物質視溢油不同而有不同含量與種類，溢油密度、水體鹽度及溫度皆會影響沉澱，沉澱作用能減少浮油量，但下沉之物質會污染海床，可能造成底棲生物的死亡或影響自然生態。



- G. 生物降解 (Biodegradation) — 各地水體中分佈種類繁多之微生物，每種微生物對分解油污中特定化合物群會有專一性，因此在油污的最終清除階段占重要的角色，但此種作用進行極為緩慢，且部分化合物對大多數微生物有抗性，故不易分解。



- H. 光氧化 (Photo-oxidation) — 光氧化作用跟日照和密度有關，會改變油品物理化學特性，例如部分油污受光氧化由液態轉為固態，較易受自然潮汐或人為清理。



#### (四) 除油劑 (Dispersants) 之使用

除油劑的成分主要是介面活性劑 (Surfactants; surface active agents) 與溶劑 (solvents) 的化學液體混合物，化學介面活性劑帶有親水端及親油端，可使水分子與油分子結合作用，形成小油滴而下沈平均的分散在水中；溶劑幫助介面活性劑溶入水中及增加水流動性。使用除油劑優點在於技術簡單快速、油污脫離水面效率高、可全天候施放、可處理大範圍油污、可促進自然生物降解作用、避免沿岸汙染及衝擊、空中噴散較布放攔油索後之維保作業具經濟效益、海洋復原速度較海岸快、減低對海鳥

的傷害等；其缺點為污染物仍然留在環境中、無法控制油分散物漂移位置、無攪動之海面作用不彰、殘油可能毒害水中生物、冰冷鹽水中效用差、無法對黏稠油品發揮效益、除油劑有汙染環境之虞慮等。

除油劑使用時機為當油汙抵達海岸線和潮間帶水域，會對生態造成衝擊時，使用除油劑就是必要選項。通常溢油事件發生當下，就須與圍堵移除同時納入最初選項，若溢油發生初期僅用圍堵方式且效果不彰時，再考慮使用除油劑為時已晚，因油汙經過一段時間風化後，會變得更為濃稠，因此無法使用除油劑。另外，當天候海象不適合機械回收作業時，施放除油劑是一個較佳處理方式，但仍需有適度風浪幫助攪動，才能達到最佳除汙效果。並非所有油料皆可使用除油劑除汙，隨著油類黏度提高將使除油劑處理效果降低，輕到中度或是剛洩漏出來的油品，其使用除油劑效果最佳，重油或經長時間風化後，除油劑效果就不佳。因此使用除油劑最佳時機為風化前空窗期，油品外洩 24 小時內立即使用，另依黏度 5,000cst 以下可用、5,000~10,000cst 可能有用、10,000cst 以上使用亦無效果。在法國使用之除油劑須經 Cedre 認證，以確保其除汙效果、毒性、生物降解性皆符合相關規定。

決定使用除油劑之考量原則如下：

(1) 可能性 (Dispersion Possible) —

從物理化學觀點思考，使用除油劑作用是否有效？例如評估油品的特性及風化時間後，除油劑是否仍有效除汙。

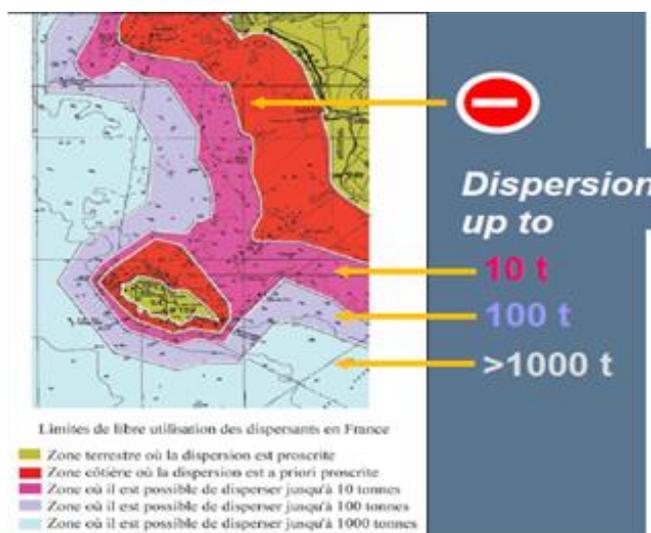
(2) 可接受性 (Dispersion Acceptable) —

從環保角度思考，使用是否可被接受？例如法國只在離岸或養殖漁場較遠之海域使用除油劑，以減少對海洋生態的衝擊。

(3) 可行性 (Dispersion Feasible) —

從後勤支援角度考量，作業是否可行？例如利用機具在油汙風化前就將除油劑運送至定位。

此外，使用除油劑須取得環境利益平衡點，也就是衡量油浮在水面及溶入水中兩者之間的風險比較，且必須謹慎地選擇評估、因地制宜，就各種海岸、水中生物棲生地對浮油和已分散油汙之敏感度進行環境利益分析。在法國已建立使用油分散劑對環境影響分析資料庫，對油分散劑依地點有所限制，處理之油品須在 10 ppm 以內和符合 3 級污染標準，後續對海洋資源影響皆訂有檢測方法。下圖為海岸敏感資源整合例圖，係針對自我復原所能容忍之浮油污染量上限。

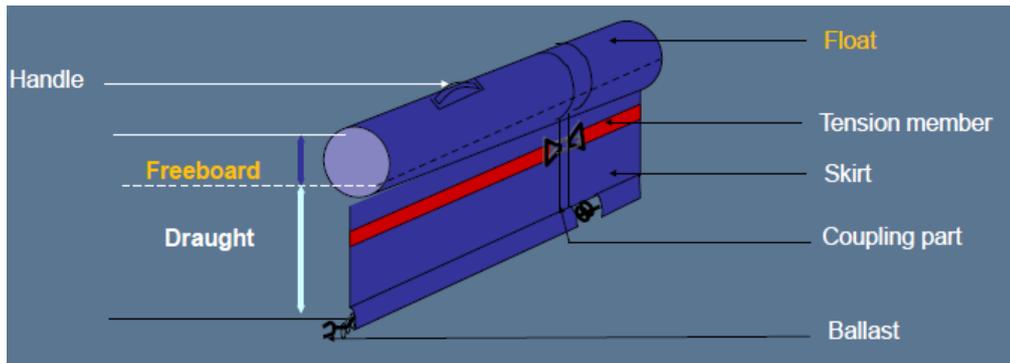


## 課程二、攔油索、汲油器與泵浦使用、溢油設備及操作示範

### (一) 攔油索之應用

當溢油事件發生時，如何快速攔截油污，避免其擴散或轉移，並迅速將圍住之漏油妥善回收及處置，為防止溢油事件惡化之重點。使用攔油索且以正確方式在最短時間內完成布放，便得以有效圍住溢油區域避免油污擴散，並且使油污堆積以利於汲油。因此，瞭解攔油索之功用與特性，與正確使用攔油索之知識，俾能於洩油意外發生時發揮攔油索應有之效能。

攔油索主要結構說明如下：



- A. 浮體 (Float)：主要功能為使攔油索浮於水面，並防止污染物通過攔油索頂部，其可為實心型或充氣型。



- B. 裙部 (Skirt)：浮體下方的帶狀部位，防止浮油自攔油索底部通過或流失。裙部高度 50 cm 以內用於近岸或小型水域且為非常平靜的水面；50 cm 至 1 m 之裙部則用於港口或海岸線保護；裙部高度 1 m 以上常用於外海。



- C. 配重鍊 (Ballast)：利用金屬鏈條或索等較具重量物之重力，於裙部底保持攔油索垂直。

- D. 拉力構件 (Tension member)：金屬鏈、織帶、線等穿過裙部，幫助加強攔油索承受因執行油污處理拖曳作業、風、浪及洋流所產生之應力，並保護其他更脆弱部位。
- E. 連結構件 (Coupling part)：不同單元攔油索之連結部位。
- F. 手把 (Handle)：作為攔油索搬運、回收之施力點。
- G. 乾舷 (Freeboard)：為浮體露出海面之高度，防止浮油濺越，惟乾舷愈高受風面愈大。
- H. 吃水深度 (Draught)：為浮體在水部分加上裙部之深度，低吃水深度可減少攔油索所承受之張力。

攔油索功用：

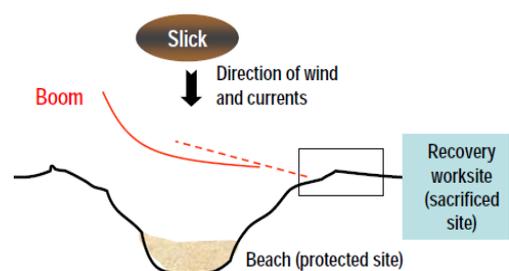
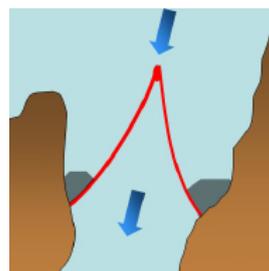
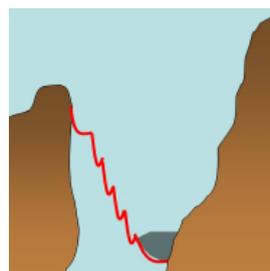
A. 限制污染範圍的擴散—

限制油污的擴散和漂移並可在風化前集中回收，在外海、港內靠泊區、船塢佈置攔油索應依其位置特性，例如浪的形式、海流、海上、水的深度跟海床性質、範圍、耐用度、施放速度跟方便性、場地限制、應變人員、成本考量等因素。



B. 轉移或引導—

引導油污避免其流向更敏感的區域或不易執行油污清理回收之區域，除了防止油污染範圍的擴散外，攔油索也可將油污引導、集中至規劃區塊，且避免其流入如海岸或漁業保護區等較敏感地區。



C. 保護—

攔油索的佈設形狀可封鎖、導引油污至可承受區域，即對環境衝擊較小、容易回收、汲油的區域，甚至可在自然保護區及重要經濟價值之地點或建築等敏感區域外圍設置攔油索，以防止油污進入。

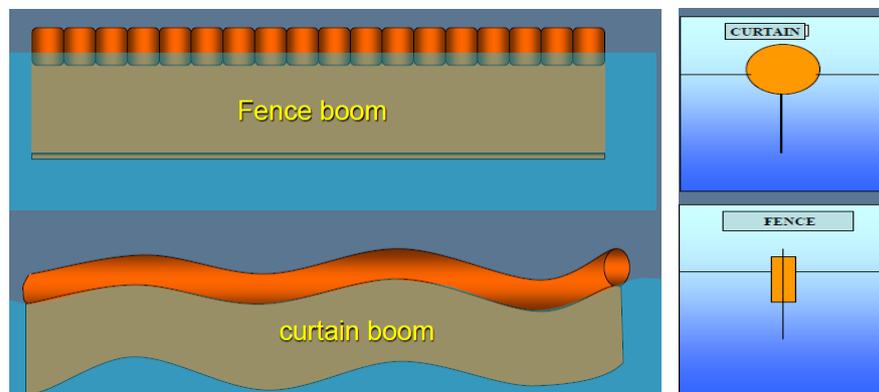


#### D. 封攔與聚攏浮油 —

可利用岸邊地形以累積增加油污厚度，方便汲油器運作及增加效率。



攔油索之種類：



#### A. 垂簾式攔油索（Curtain boom） —

因其垂簾部分可以隨海流飄動而稱之。其構成組件包括：浮體、垂簾、張力構件及壓載重力，浮體依其充氣方式可分為可充氣攔油索及自行充氣攔油索

兩種，因其浮體可隨波浪起伏，對湧浪之適應性較佳，可減輕油污濺越出攔油索。

B. 圍攔式攔油索（Fence boom）－

其構成組件僅有浮件及壓載重力，浮件為實心型較容易布放，於近岸且海面較平靜時或需長期佈放時使用，此類型攔油索尚有半浮沉式攔油索及外側式攔油索等，唯佔據較多空間，且因浮力不足對湧浪之適應能力亦較差。

C. 海灘型攔油索－

分上下兩層成「品」字型。上層有一條充氣袋，下層為兩條充水袋併排，使用時上層充滿空氣，下層則注入約百分之八十之水。用於漲、退潮明顯的潮間帶海灘使用，漲潮時攔油索浮於海面，退潮時則座底於海灘，以免油污越過。此外，在上層充氣袋的頂端有襟翼摺葉設計，以防止浪潮將油污濺越出攔油索。

攔油索設置應思量之作為程序及使用場合分述如下：

作為程序：

- A. 溢油種類、性質、類型、狀態及區域。
- B. 是否可置放攔油索。
- C. 適性攔油索種類、數量。
- D. 軌跡模擬油污擴散前端。
- E. 攔油索設置地點、人員、機具易達性。
- F. 施放時間限制，是否可及時完成超前佈署。
- G. 攔油索圍堵、固定及回收。

使用場合：

A. 近海區域的控制與恢復－

使用攔油索+汲油器+廢油回收船，海污事件經常發生在海象及天候不佳時，故攔油索選用及佈設應考慮風浪因素，以免因風浪影響圍堵回收效果。



B. 河口和河流的控制與恢復－

利用攔油索及水柱噴水將油污匯集於岸邊，再使用汲油器將油污回收至除油槽內。

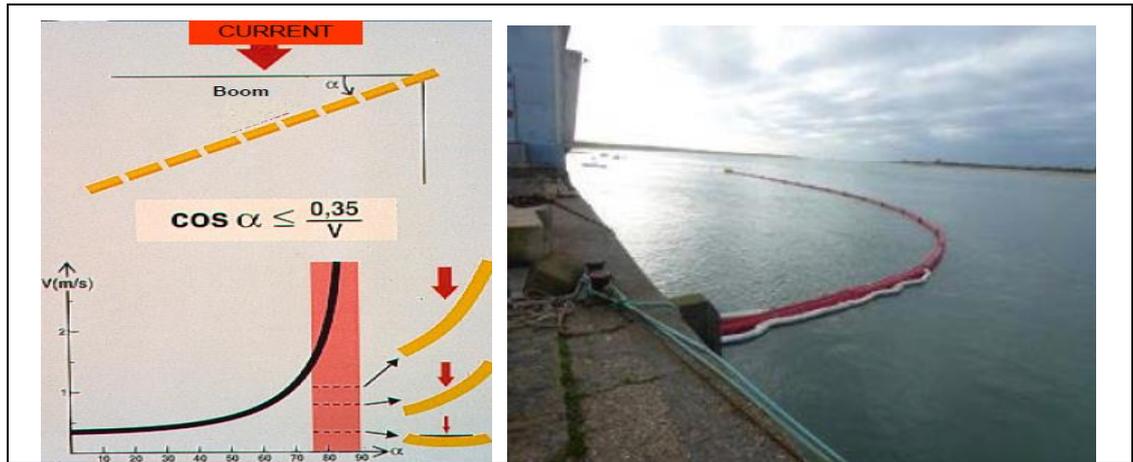


攔油索之選用以儲存體積而言，充氣式比柵攔式佳，以波浪適應性為考量時，軟式較硬式合適，其他選用標準尚有儲存地點應靠近岸邊、耐用性、維護成本、部署難易程度等，皆須合乎現場實際需求。此外，採購攔油索需注意其連接板型式是否相通，避免延伸攔油索時無法互相串接。值得一提的是一種特殊攔油索－防火型攔油索，用於圍堵已經燃燒的浮油或可將溢油作現地燃燒，但通常案例很少。

<p>延伸攔油索需注意其連接板型式是否相通</p>	<p>防火型攔油索</p>

攔油索之使用亦有其限制，包含過大張力破壞攔油索結構，天候海象惡劣圍堵不易，本身規格限制使油汙向上或向下穿越攔油索洩漏等。布置攔油索時也必須了解攔油索攔阻能力，在有風浪洋流狀態下，應作斜角計算採取適當角度減低攔油索承受張力。攔油索保存方面應注意防止附屬零件鏽蝕、使用後需清潔乾淨、避免受紫外線及動物傷害、高熱潮濕使材質變質等天候變化。

<p>油汙從上部穿越攔油索</p>	<p>油汙下部擴散穿越攔油索</p>	<p>因水流速過大或裙部配重不足，導致油汙洩漏</p>



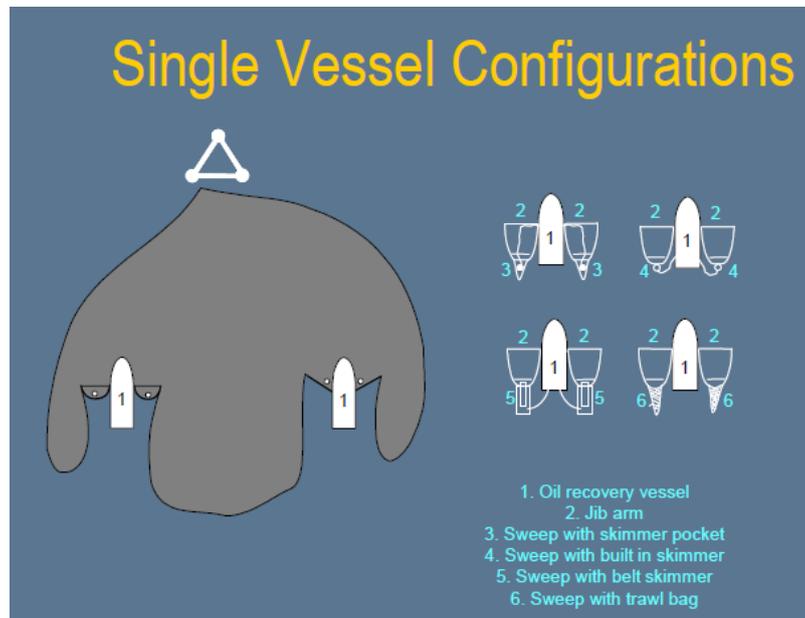
攔油索設置之斜角計算



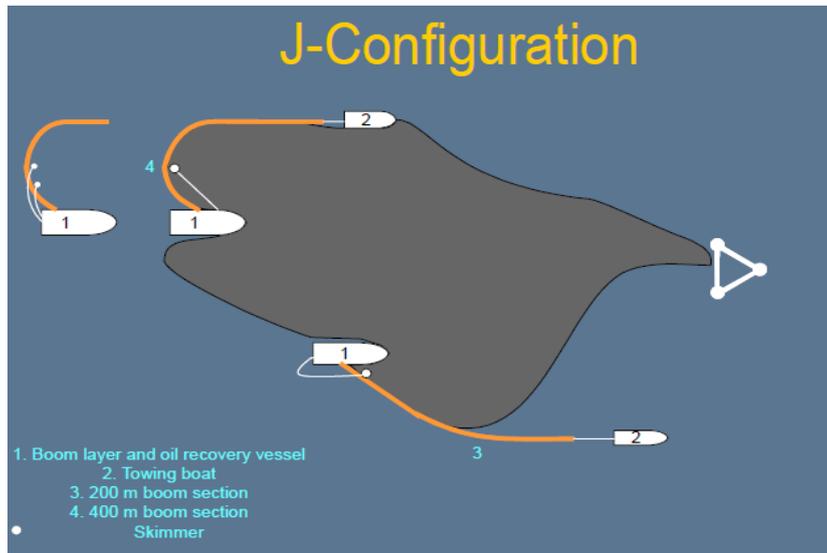
攔油索使用後之清潔與保存

以下介紹幾種攔油索設置方法供參：

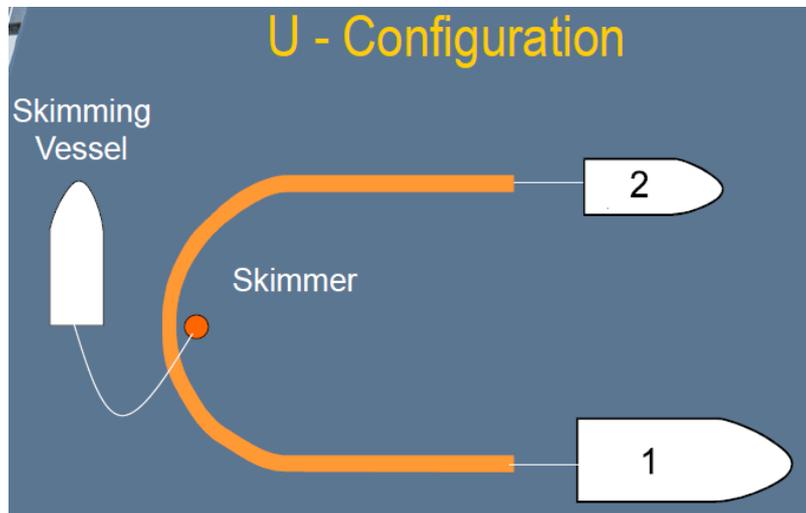
A. 單船型圍堵—



B. 雙船J型圍堵—J型收集方式，施放攔油索之船舶同時設有汲油器可收集油污。



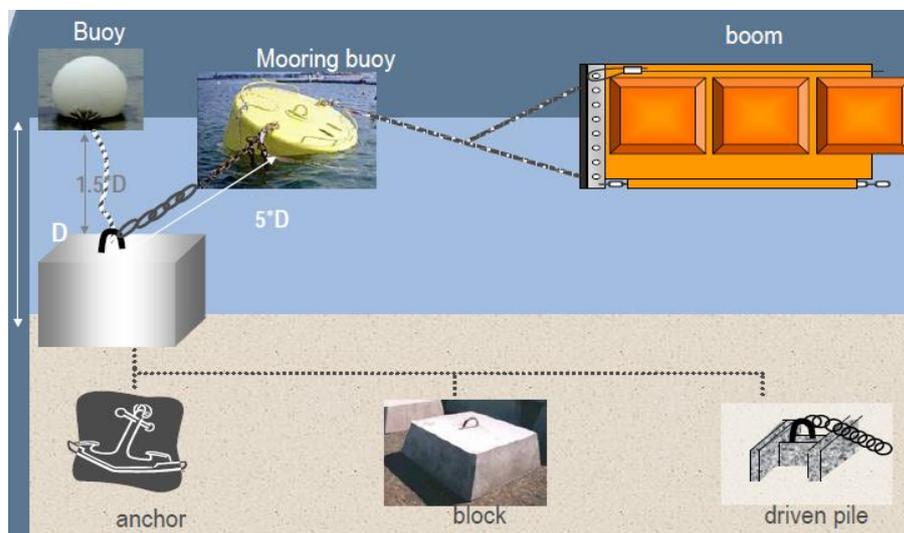
C. 雙船 U 型圍堵—使用 2 艘船隻做出類似 U 型圍堵並將油汙集中收集，必須要有第三艘船隻進行油汙回收。

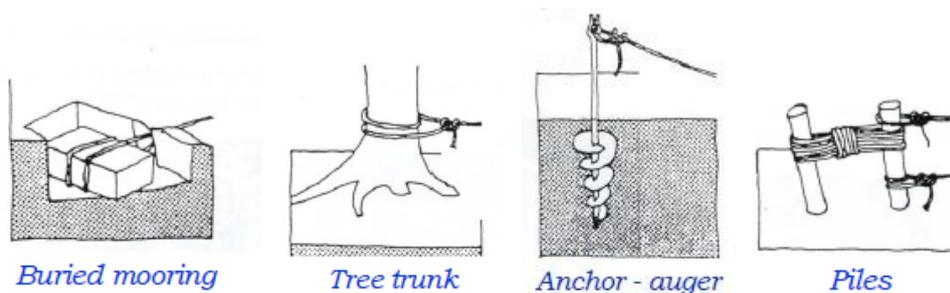


D. V 型圍堵—適合在流速較快及開放海域使用。

E. 近岸防護—將近逼防護目標之浮油分流引導至相對平靜的水域中，以利汲油器進行回收

攔油索固定方式有海錨固定、現地堅固物固定、鑽地鉗固定等，如下圖所示。





## (二) 汲油器與泵浦之使用

汲油器是一種以機械原理工作的器具，專門用於汲取回收浮在水面之油污或油水混合物，而不會改變汲取物的物理或化學性質。汲油器之構造可分為集油與抽油兩部分，此二部分必須均正常運作才能完成汲油功能。不同型式之汲油器各有其使用限制，且由於外海、近海或海岸之海象、天候、水溫、潮流及水深等各項條件不同，實際操作汲油器所遭遇到的問題亦不相同。汲油器用於收集水面上的浮油或油水混合物，其效能取決於「操作者的熟練程度」、「浮油的厚度」、「油污粘稠度或乳化程度」、「對渣滓的處理能力」、「拖曳狀況」、「海面狀況」、「廢油水儲存能力」。

汲油器效能可從抽吸速度、效率及吞吐率三方面來評定，汲油器抽吸速度為每單位時間內可汲取之油水量，效率為單位汲取量內油與水之比例。通常廠商為求出售，常誇大汲油器抽吸速度而非效率，選購時應特別注意。汲油器主要用於已圍堵之海面溢油，部分特殊汲油器可用於外海浮油回收作業，但如果洋流波浪洶湧，例如浪高超過 2 米，則其汲油效能將大幅降低。此外，汲油器必須與攔油索配合使用，利用攔油索圍堵可增加浮油的厚度，以達到最大回收浮油之效能。

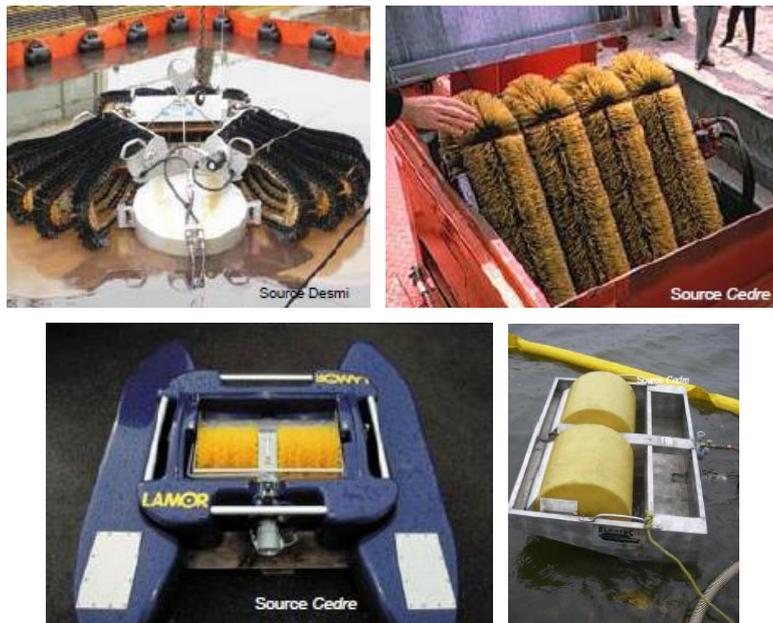


汲油器須依據使用溢油地點、水體流速、浮油範圍、汲油操作原理等關鍵因子，來選擇適當的形式及大小，通常汲油器分為兩大類即機械性及親油性，機械汲油器又稱為直接吸取汲油器，其可用卡車接油管吸油口扁平浮於水面上方式實施油水分離，惟篩選度較低，易受漂浮物及波浪效應干擾影響，而親水性汲油器具有較高篩選度，可達 90% 汲油物質回收且水不會一併附著收入，在海浪對其影響亦不會像機械式大，但油品乳化後吸附效率降低，以下分述汲油器之種類：

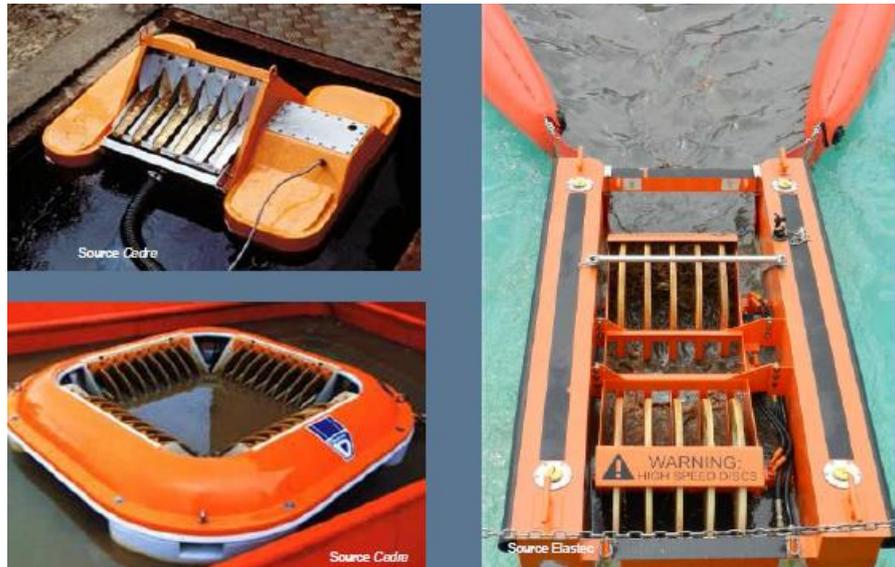
- A. 堰式汲油器—因油之比重較水輕，所以油均浮於水面之上，利用此一特性將水面之浮油引入槽中，加以回收再行處理。



- B. 索式汲油器—利用親油性棕毛將油吸附帶離水面，經過一滾筒將吸油之棕毛加以擠壓而將油回收，此種材質之材料不吸水，其效果可達90%以上純廢油回收。另一種型式為棕刷轉動型汲油器，對於乳化之油或黏性較大之油品效果較佳。



- C. 碟式汲油器—也是利用親油之吸附性，將油附著後，藉圓盤滾動經過一刮刀，將附著之油刮除後加以蒐集，但若圓盤滾動速度太快，則會將水帶入。其標準型回收量為每小時12噸。



- D. 機械式汲油履帶—藉滾動之履帶上有一突起之擋片，類似箕斗，將油刮存於擋片內，經由輪軸滾動，將油回收卸入槽內再集中處理。

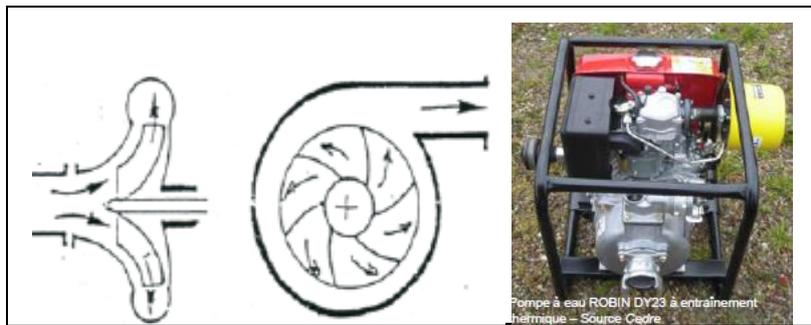


- E. 真空吸取式汲油器—利用真空吸取方式將油污回收，類似真空吸塵器之原理，但缺點為處理黏性較大或乳化油效果較差，且油和水會一併吸入，增加後續處理之困難。

汲油器佈設方式可分為靜態及動態方式，靜態方式採定點佈設，搭配攔油索限縮區域，並使用陸上泵浦及中繼廢油水回收槽設施；動態方式將汲油器等設施，含泵浦及中繼回收槽安裝於船上，此種方式機動性較強。在設置攔油索時亦需考量是否有如浮木、海草、垃圾等飄浮固狀物，並製作隔離網，以免飄浮物吸入汲油器，造成損壞。



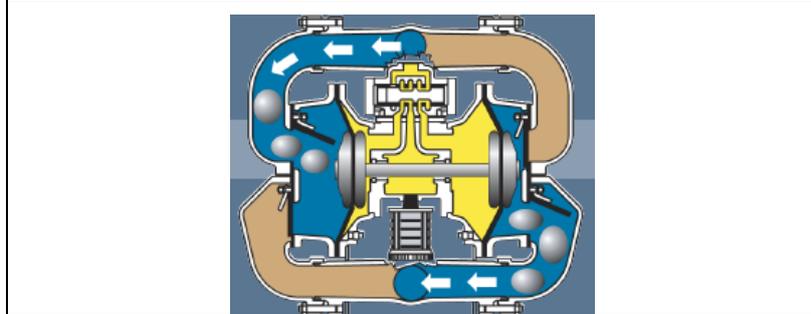
泵浦的型式有離心式、正排量式、氣動式與螺旋式，離心式泵浦較便宜、經濟，惟離心裝置會於抽油時產生乳化，影響抽取效率；正排量式泵浦以緩慢的速度擠壓容器空間產生吸力，常用於抽取屬黏稠性油類；氣動式泵浦亦可用於抽取油類，惟容易於吸口處遭異物堵塞；螺旋式以緩慢旋轉的速度擠壓容器空間產生吸力。



離心式泵浦



正排量式泵浦

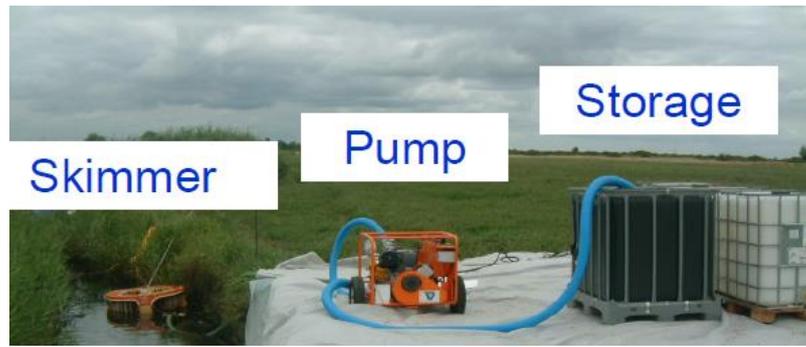


氣動式膜片泵



螺旋式泵浦

綜合以上課程介紹，油污黏度、水域深度均影響採用汲油器之種類，使用汲油器、泵浦與中繼廢油水回收槽設施之組合，亦須對應油污的種類及現地當時變化之情形。此外，輔以攔油索或其他阻隔方式導引油污進入限縮區域，增加浮油厚度可提高回收系統汲取效能。



(三) 溢油設備及操作示範

此課程於 Cedre 模擬場地由專業人員為學員示範溢油設備及操作。



各種型式之攔油索



吸油棉索介紹





攔油索各部位介紹



各種型式之攔油索連結構件



防火型攔油索介紹

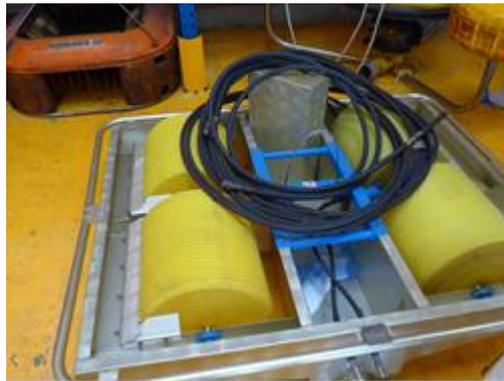


刷式汲油器

碟式汲油器



堰式汲油器



鼓式汲油器



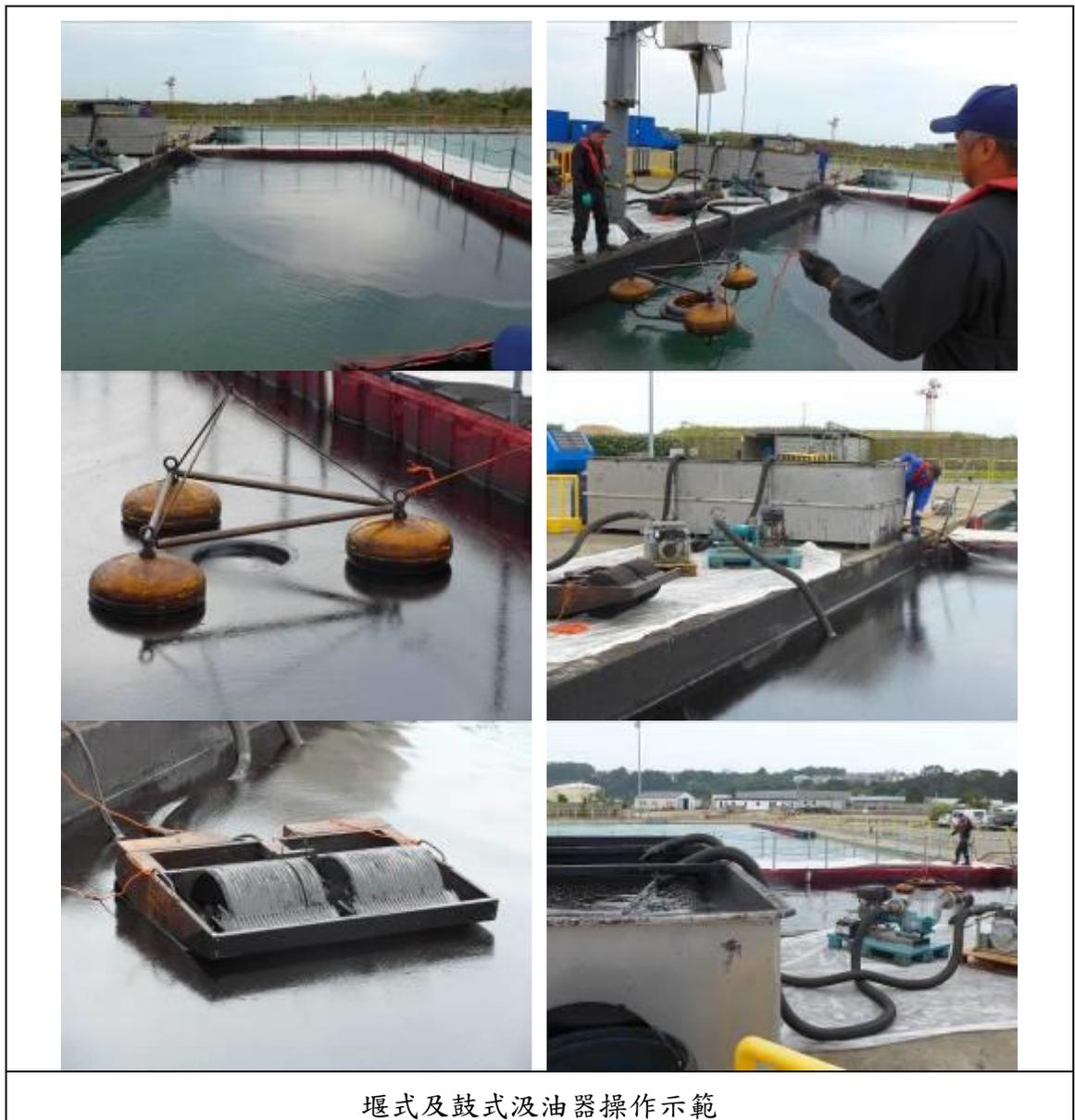
圍攔式攔油索佈放示範



充氣式攔油索佈放示範



各式臨時廢油儲槽之介紹及搭設



堰式及鼓式汲油器操作示範

### 課程三、吸油棉應用、海岸清理技術、實務操作講解

#### (四) 吸油棉應用

吸油棉與除油劑相較，除油劑較適用於大型油污染事件，吸油棉一般應用於小型污染事件，例如使用於湖泊、港灣或河口等地點，或者大型污染事件後續處理，使用吸油棉會產生沾有油污之廢棄物，需回收處理且處理成本高，而使用除油劑則無廢棄物回收處理之問題。吸油棉作用原理如同海綿，包含表面和內部之毛細孔，利用毛細孔作用將油吸附在裡面，在使用上分為一般通用及油污專用兩大類，一般通用吸油棉僅可使用於岸上，會吸水和油，但油污專用吸油棉只吸取油污，其材質包含礦物質（玻璃鹽）、動物或植物成份（木頭、纖維素、軟木塞）、有機聚合物（聚丙烯、聚氨酯）等3類，可用在海上及岸上。吸油棉於淡海水皆可使用，吸油之後會變色並飽附油污，無法再次利用，否則油污將再釋出造成二次污染。

吸油棉依形狀有散裝、片狀、捲軸、枕狀、攔油索條狀、拖把狀等，通常吸油棉可吸取約本身重量5至7倍重之油污，但於實驗室測試僅約可吸2至4倍體積之油污。選擇吸油棉需考量溢油特性、種類、狀態、污染範圍、吸油棉耐用程度、材質、價格及回收處理等實際條件，例如散裝吸油棉可直接噴撒，或搭配簡單液壓機於溢油地區加水噴吹，其優點在於無固定形狀、重量輕、適用較大面積、對黏度高之重油尤以有效及使用後方便收集，但噴灑散裝吸油棉會產生微塵，工作人員需做好安全防護及注意風向；片狀、捲軸狀吸油棉以人工投擲方式施放於溢油區域，適用於小型油污事件、岩石之間及廢水回收，吸取低黏度液態油汙效率較佳且易回收處理，價格成本與散裝吸油棉相近；枕狀、攔油索條式吸油棉適用於小型污染地區或水面平靜之污染水面，可有效阻隔並集中油污，吸取低黏度溢油較高黏度溢油效果佳，此類產品可佩有載重鏈，甚至加裝裙部，避免油污從其上、下方洩出，條狀式吸油棉內部有一條繩索，方便作業連接延伸，但價格較散裝、片狀與捲軸貴；拖把狀吸油棉適用於黏稠度較高或已乳化之油污，其有過濾作用可保留油污於吸油棉內。



散裝吸油棉及使用技巧



片狀吸油棉



捲軸吸油棉



枕狀吸油棉



攔油索條狀吸油棉



拖把狀吸油棉

### (五) 海岸清理技術

海岸清理依其目的可分為兩個階段，第一階段為移除污油、第二階段為使地區恢復正常。一般而言，海岸清理選定原則包含發生地點特徵，如沙或岩岸、是否屬生態或經濟敏感區、是否容易到達、現場是否有垃圾廢棄物、是否屬觀光活動區域等；瞭解油污體積、黏度、厚度、種類等；外洩情況、狀態，例如船隻擱淺、零星浮油等，來選擇適合配備並考量可用資源、人力、專家之管理，應變器材是否齊全，以及所需動員之層級。海岸清理方式又分為「人為應變清理」、「大自然自行清理」兩種，清理時必須留意對生態造成衝擊可能比原先油污衝擊更大，另亦需瞭解大自然自行清理現象包含海象、天候、波浪等。

各不同地形之海岸清理技術簡述說明如下：

#### A. 礫石—

使用片狀吸油棉鋪在礫石上，再以水柱沖刷，油污可被沖出被吸油棉吸附。另可利用水泥攪拌器將受污染礫石放入機器內，邊轉動邊用水柱沖洗將油污洗出，亦可加入溶劑、細沙加快清洗的速度。砂礫海灘無法使用部分裝具，僅能人工回收，其優點為彈性大、篩選度高，結合機械支援效果更佳，缺點為耗費人力。



#### B. 沙灘—

以機械式抽取或人工回收為主，如在沙灘發現小油塊或石縫油污，使用濾沙沖洗器清除，其方法為將水柱插到沙下沖刷，將油污沖到沙面上再做清理。另可搭配利用大型工程設備，例如挖土機、推土機等提高效率，但清理油污人員與此類大型機具同地工作時，需特別注意現場安全問題，此外，亦需留意設備安全，鬆軟之沙灘易使重型機具深陷無法移動。清除之油污需有一定的厚度，否則易挖到過多乾淨的沙，此時可用耕耘機翻動受污染的沙灘，將油污翻出便於收集油污。



#### C. 岩石—

以高溫高壓水柱沖洗或用水泥攪拌車清洗處理，清洗人員需穿戴防護設備，以確保安全，沖洗後廢水引流收取。沖洗時需將周邊未受污染之範圍做好防護措施，以免波及未受污區域。



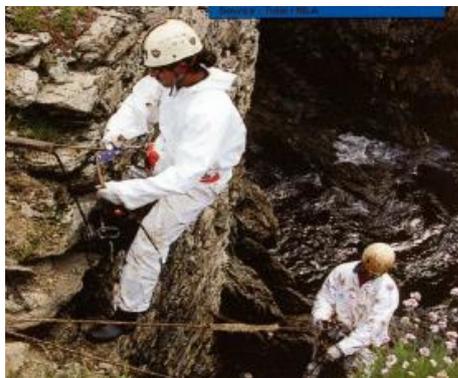
#### D. 濕地、紅樹林等環境敏感地區－

從生態保護及經濟產業考量，對沙灘、潮溼、堅硬地區，採以海浪沖刷法、海岸線佈放土工布吸附、會對生態影響地區先以吸油棉覆蓋保護、施作人員行經動線保護措施等，最後無法處理部分則以手工過篩處理。



#### E. 峭壁－

由攀岩專家接受清理油污訓練，再提供專業工具請其協助清理。



#### F. 人工堤防－

破壞人工浪堤將受污染的岩石取出清洗後再回復原狀，但以若受污染堤防範圍廣大，將花費許多時間及成本。

#### G. 水下區域－

派遣潛水人員用強大水柱沖洗清除水底油污。



(六) 實務操作講解

下午課程針對油污染在礫石、沙岸、岩石上清理技術及工作現場佈置進行示範介紹。



參訓人員著防護衣於示範現場合影



濾砂沖洗器置入礫石底部以水柱沖刷油污



高溫高壓水槍清洗礫石



濾砂沖洗器沖洗沙岸油污示範



使用改良型攪拌機及清潔劑清洗礫石



強力水柱沖刷岩石油汙示範



高溫高壓水槍沖洗岩石示範





課程四、參訪法國國家應變設施器材儲備庫、健康與安全、參訪 Cedre 設施、溢油應變原則與策略影片觀看

(一) 參訪法國國家海洋污染應變設備器材倉庫

法國左方臨大西洋(Atlantic Ocean)及英吉利海峽(English Channel)為海運交通極為繁忙的地區，海上油輪及化學貨輪事故時常發生，故法國政府為能迅速有效地應變處理海上事故及海洋污染事件，在全國沿海重要港口地點建置 13 處海洋污染應變設備器材倉庫，其中 8 處位在國內海岸，另外 5 處位於海外，這些倉庫隸屬於法國生態部管轄，庫房維護費用每年平均約 3 萬歐元。

而位於布雷斯特新(Brest)的海洋污染應變設備器材倉庫是規模最大的 1 處，配置有 6 位專業人員負責海汙應變器材的儲放管理、維護保養，此外燈塔的維護管理亦為這些人員的工作職掌內容。應變設備器材倉庫中的各項物品均有定期數量盤點及保養測試，儲備數量及保養測試日期均明確書寫標示於器材上之告示，所有器材都有編號，進出存量都有用電腦系統登錄管理。應變器材物資由各儲存庫向上填報需求，上級單位統一採購後配送至各儲存庫，攔油索數量與種類是按照風險比例配發，其餘設備配置則無一定標準。海汙應變器材之使用採使用者或污染者付費方式，例如政府啟動緊急應變事件，則由政府向造成污染者求償。



本次參觀其應變設備器材為主，由兩位專業人員分別說明設備庫房之機具設備種類、功用等，茲將設備說明分述如下：

A.大型砂石清洗機—

建造於 1980 年，每小時可清洗 15 立方公尺體積的砂石，具密閉式的熱水處理系統，可回收再利用清洗後的熱水。除現場看到的主機之外，該機組尚有砂石輸送帶系統、清潔劑筒、水槽系統等部份，採外接電源及液壓控制，可清洗砂或礫石，整組機器重 20 公噸，一年測試主機一次。



B.防護衣、面罩、手工具等個人防護裝備器具—

相關應變工作人員防護衣、鏟子等裝備器具有 400 套，包含防護衣、工作靴、面罩、耳罩及手套等。



#### C. 油水分離設備一

容積 35 立方公尺，由幫浦將污水抽入機器後，利用油會浮於水面上特性，將油由另一個管道分離出來，污水則可以回收。



#### D. 吸油器及大型履帶吸油車一

刷式親油性吸油器與履帶吸油車是利用輸送帶黏附污油，再將污油刮離輸送帶並蒐集；堰式吸油器吸油器能適用各式水面地區，當海上油污及化學物質溢漏事件發生時，吸油器將溢油集中後，配合吸油泵浦將之抽離水面。





#### E. 應變貯存箱一

備有整套應變裝備，可直接運至現場，另有大型水箱。綠色、白色外觀，現場取水不易時，可裝水載運至現場。



#### F. 貯油橡皮艇一

容積 100 立方公尺，平常摺疊收起，充氣後即可拖至海上收集油污使用。



#### G. 高溫高壓沖洗機一

有 80 台，最高水溫達攝氏 150 度。



#### H. 定錨雙體船與水泥錨塊一

船隻無動力，可拆解方便搬運，用於佈放攔油索的錨錠塊及浮標；水泥錨塊分

別有 1.3 噸、1.5 噸和 6 噸重。



#### I. 濾沙沖洗器—

以人力操作，利用水注及空氣注入沙灘底部，將沙灘底部油污沖離出來。



#### J. 泵浦—

有抽油、抽水、浮於水面或車載型等類型，可依事故性質及當地地理環境選擇使用。



#### K. 背負式充氣機—

由清潔隊人員使用之樹葉吹氣機改裝而成，由人員背負故移動性高，用於攔油索充氣或清理海藻、垃圾時非常便利。



#### L. 水陸兩用車艇—

屬實驗階段車型並未量產，用於港口回收浮油及水面垃圾，備有油水分離槽，容量 15 立方公尺，油水分離後可載回港口卸油。



#### M. 攔油索—

有充氣式與固體式。充氣式攔油索每軸為 150 或 200 公尺長，該器材庫攔油索鏈結總長可達 7 公里；固體式攔油索該浮體部分為保麗龍不易受異物戳破。



#### N. 發電機—

提供應變時所需電力。



#### O. 吸油棉—

吸附油污使用。



## (二) 健康與安全

國際海事組織（IMO）認為在應變海洋污染事件時，必須優先重視應變工作人員在處理海洋污染時自身的健康與作業安全，故本課程係討論油污及化學品外洩時可能對人體危害與應注意事項，說明如下：

### A. 石油及油氣對人體的傷害與應注意事項一

油污外洩對人體的危害主要有三個途徑，呼吸、皮膚、消化攝取。石油是許多化學物質的組成，其中揮發性高的部分會揮發到空氣中，因石油及油氣對人體具有毒性且有易燃易爆的危險，對應變工作人員在處理油污時的人身健康與安全造成危險，尤以處理油污時，工作人員有可能將油氣吸入口鼻、皮膚接觸石油及油氣爆炸之危害。

在處理油污災害時，應變工作人員的安全要列為第一優先考慮，因此，在發生石油外洩污染海洋時，首先要務應儘快瞭解油污的性質與其閃點，如閃點低表示揮發性高，工作人員有吸入油氣及容易起火爆炸的危險，若是重燃油外洩，因其閃點約為攝氏 140 度，而柴油約於攝氏 40 至 50 度，在一般正常天候氣溫下清理油污不會有起火爆炸的危險，但採取高溫高壓方式清洗油污使工作環境升高至 40 度以上，工作人員就有吸入及油氣起火爆炸危險。

揮發氣高之油品易產生油氣，例如汽油其閃點為攝氏-50 度，在正常天候下即會產生油氣，而油氣比重較空氣重會集中地表附近，若作業附近有火源或使用泵浦時，就有可能引起火災或爆炸，故工作人員在處理油污時，要特別注意油氣，通常人員必須先瞭解及評估油的特性及環境情況，以採取合適的作為及安全防護，例如不要在太低的地方與下風處等油氣容氣聚集的地方工作，另若必須在上述地方或在密閉空間工作，必須先用抽風機吸走油氣，並注意空氣流通，避免油氣可能聚集而引起危險。

### B. 應變工作人員防護衣等裝備清潔應注意事項一

人員防護重要性遠大於除汙工作。口鼻是人體與油污的第一道接觸面，第二道接觸面是皮膚及眼睛，由於許多油品及化學品會對皮膚、汗腺及眼睛造成傷害，因此要有合適的防護衣、手套、口罩及防護眼鏡等，油污若沾黏上皮膚要立即清理，因此要使用一般清潔劑或植物油或其他特殊不會傷害身體的清潔劑。另準備清洗防護衣的清潔用品及工具時，亦需注意有可能會造成另一種對人體的傷害，因部分清潔劑為工業用途，不可使用於人體，若用於人體將造成傷害，因此小心選擇適合防汙去除設備。此外，應防範工作人員未經應有清潔程序，逕行離開除汙場所或直接飲食造成消化攝取之風險。

### C. 其他潛在危險及注意事項一

周邊自然環境之危害，例如大浪、有害（毒）動、植物、天氣狀況、海岸地形、

人工堤防高度、防波堤、消波塊等特殊情況均需留意，具高度落差之地形需配備安全索，並由受過特別訓練之人員執行，且勿單獨工作，需作人員編組一同工作。此外，可有效運用公共設施，善用周遭環境，規劃工作人員休息區，排定休息時間、換班時間、工作對調等措施。

污染區域亦須劃設熱區、暖區、冷區，如有志工協助，則可安排至冷區，勿入暖區、熱區，並且為防止民眾接近，須設立警戒線，派管制人員進行管制，禁止閒雜人等進入污染區域。最後，講師亦提及作好媒體管理與適度公開之重要性，必須使外界瞭解應變進度及資訊正確性。

### (三) 參訪 Cedre 設施

Cedre 主要任務為協助法國政府處理海洋及河川的污染事件，以縮短準備時間及提升污染處理效率為目標，並設有實驗室辦理油品及化學品在各種環境及事故情境下的物理或化學反應，亦對油品及化學品對人體、自然環境及生物等影響進行各種實驗，透過實驗結果可建立各種數據，提供各應變單位在處理石油或化學品污染事故時應變決策的參考。

Cedre 有數個性質不同之主要實驗室，以下一一說明：

#### A. 一般實驗室一

擁有許多實驗器材，例如液、氣相層析儀、質譜儀、分光儀等，可分析油品物理及化學性質，測量油的黏度、閃點、密度等，與測試油分散劑之效果。



#### B. 風化實驗室一

類似水工模擬實驗室，設有橢圓型槽，該實驗室可以以人為控制方式模擬各種氣候條件，如製造海浪、海流、設定溫度、模擬陽光照射、UV 等，將油品放入槽中，每小時或每天觀察檢測，以瞭解石油在不同天候條件下的黏度及蒸發的程度，目前正進行一家石油公司委託 Cedre 一項模擬南極地區氣候條件下的石油風化實驗。



#### C. 水塔(壓)實驗室一

模擬油輪及化學船發生事故時，船上油品或化學物質洩漏之水中反應，實驗方式為將水塔裝海水，並放入不同污染物，同時進行錄影觀察，例如何種油品或

化學物質會漂浮或沉積，又進行不同深度來測試其溶解度及體積變化等水中作用反應之狀況，還有在不同水深下使用油分散劑的效果。



#### D. 溫室實驗室一

主要係測試油品、化學物質對水中魚蝦貝類等水中生物之影響，將不同比例的石油放入水槽中，觀察對水中物種的影響，實驗物種給予編號，最後解剖化驗，觀察水中生物狀況及內臟器官產生何種變化。目前正接受委託進行重金屬對比目魚的影響，未來將進行油分散劑處理油污後的海水對魚體是否造成衝擊。目前法國政府委託 CEDRE 進行殺魚劑對河川中鮭魚影響之研究。



#### (四) 溢油應變原則與策略影片觀看

透過播放事故船處理過程之影片，讓參訓人員從中觀察其應變作為，有那些缺點、那些優點，採取措施是否適當，會發生何種問題等，藉由影片教學激發構思緊急應變採取之作為，以有效解決所面臨之狀況。第一部影片是 1999 年 ARIKA 油輪發生斷裂事故，法國當局的應變及拖救過程；第二部影片是播放有關油污緊急應變及岸際清理策略影片。從中可窺見法國應變計畫主要區分為風險評估、應變整備、現場應變處理等三大部份，首先評估保護敏感資源，從源頭堵漏溢油外洩，降低油污擴散，防止油污污染海岸，隨後徵調合乎應變所需人力、物料、設備及機具，以最短時間內完成集結與組織，於現地作業時能適時因應現況修正應變行動及作為。

課程五、HNS 洩漏應變與挑戰、海上運輸國際法規與準則、HNS 海上運輸模式、HNS 海上行為與對人體健康及環境之衝擊、事故應變案例

(一) HNS 洩漏應變與挑戰

危險有害物質 (HNS) 在 2000 年危險有害物質污染事故防備、反應和合作議定書 (OPRC-HNS 議定書, 2000 年 3 月 15 日, 訂於倫敦) 之定義為任何物質 (石油以外) 進入海洋環境中, 可能對人體健康有害、傷害生物資源、海洋生物, 破壞海洋環境設施或干擾海洋資源合法使用, 該物質即被認定為危險有害物質, 此與「船舶污染防治國際公約 (MARPOL)」經驗發現油品污染跟危險有害物質污染情形有所差異, 故做出此定義。進一步說明 HNS, 係指油類物質包括石油衍生物、有毒或危害性液體物質、液化氣體、閃點不超過 60°C 之液體、具有化學危險性之散裝固體物質、及包裝危險、有害或危害性物質等均屬之。舉例說明如下:

- A. 天然礦物: 如鋁土礦、磷礦鹽、鐵或煤碳
- B. 有機或無機鹽: 如硝酸銨、磷化鎂
- C. 石油化學品產物: 如酚、乙醇、氯乙烯或苯乙烯
- D. 腐蝕性物質: 如醋酸、硫酸或鹽酸
- E. 氣體: 如丁烷、氯、氨或丙烯

近年來危險有害物質運輸量持續增加, 污染可能影響衝擊船員、船體、危害受污染海岸附近的居民及環境, 當然也會對於處理事故的環保、海巡等相關應變人員造成危害風險, 全世界平均每年約有 1 至 2 件 HNS 重大事故發生, 而 HNS 洩漏事故所面臨之挑戰可分為實際應變作業、政治力、公眾壓力、經濟、環境及媒體等六大面向, 其中政治力量的介入往往給予行政部門很大的壓力, 加上媒體誇大渲染, 更加劇應變處理之難度, 故實務上如何應對公共意見成為處理 HNS 洩漏事故上相當重要之一環。

以下圖為例, 發生 HNS 外洩污染事故對於環境或經濟的衝擊影響範圍有海岸附近的觀光休閒旅遊業、養殖業、海鳥及生態保護區、港口的運作、工業取水等, 影響範圍相當廣泛。



由於化學品的化學與物理特性範圍相當廣泛, 可能包括高溫、高壓、高腐蝕、高氧化、高揮發與高反應性等不同的特性, 故應變前必須先具備相關辨識基本化學物質之能力與知識, 才能針對該化學物質進行風險評估, 最後才能迅速與安全地進行應變措施, 對事故風險評估主要有下列步驟策略:

- A. LEVEL 1: 瞭解船舶種類、載運何種物品及其特徵、特質, 例如貨物為液態或

固態、載運數量或重量等，以便蒐集應變作業所需之資訊。

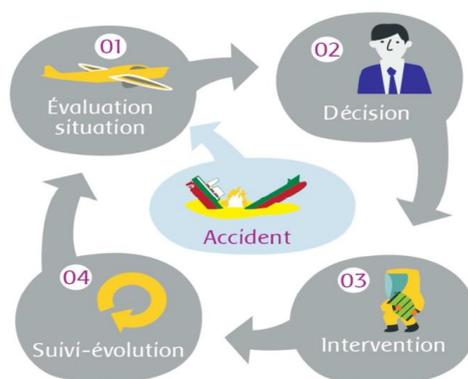
B.LEVEL 2：搜集瞭解發生事故原因，例如碰撞、擱淺或失火等，以及事故地點。

C.LEVEL 3：掌握資訊後儘可能立即作初步反應行動。

D.LEVEL 4：分析可能造成情況惡化之加速因子或原因，例如船隻擱淺雖暫時無船體毀損狀況，但潮汐、天候因素或船體材質遭腐蝕，後續可能造成更大危害。

E.LEVEL 5：中長期危害，意即隨著時間增加可能造成的危害情形，則需作長期監控與觀察。

而關於 HNS 洩漏應變步驟，可分為 5 個階段，包括有擬定應變行動計畫；啟動應變機制；應變作業管理；整合應變經費報告，以便日後求償；滾動式檢討及改進應變措施。在外海發生事故很難直接採取應變措施，多數行動計畫僅為移除船內所剩下的化學物品，課堂上講師亦說明「安全性」與「有效性」之應變作業是應變計畫最重要的考量因素，尤其重視安全計畫以保護相關應變人員安全，避免造成不必要傷亡，其次則為詳載任務執行報告並隨時更新應變計畫，確認所執行的作業是有效的，並可從中吸取相關經驗，作為往後執行應變作業參考。



## (二) 海上運輸國際法規與準則

本課程主要介紹國際海洋組織 (IMO) 針對化學船舶運輸之相關規定，常用國際規章為 IMSBC Code、IMDG Code、IBC Code，以下依序說明：

### A. IMSBC Code—

國際海事固體散裝貨物章程，原為建議性質，但自 2011 年 1 月 1 日起開始成為強制性規定，IMSBC Code 將化學品分為 A、B、C 三大類，A 類，最危險之類別，係指含水量超過其適運水分極限，船運過程可能液化之貨物；B 類為可能在船運過程引發化學危害之貨物；C 類即非屬 A 或 B 類，係為不易液化且無處理化學危害，不會與水、空氣反應之穩定物質，據此載運貨品時必須遵循上述原則妥適分類。

### B. IMDG Code—

國際海運危險品準則，IMDG Code 是依據 1974 年國際海上人命安全公約 (SOLAS) 及 1973/1978 國際防止船舶污染公約制定，原屬非強制性規章，但有鑒於國際海事組織 (IMO) 於 2000 年配合聯合國危險物運輸專家委員會「關於危險物運輸建議書」橘皮書全面改版，且 2004 年 1 月 1 日起正式列入 SOLAS 生效實施，促使全球海運作業需依據 IMDG Code 之規定載運危險品。

IMDG Code 主要為針對貨櫃船之海運危險品準則，與 IMSBC Code 同為根據化學品全球調和制度 (GHS) 所制定，其宗旨在規範海運過程中適當之包裝用

容器、標誌、標籤、告示、文件與在移動式槽櫃內運送之相關作業，亦提供緊急應變程序之建議。IMDG Code 共有 2 冊 (Volume 1 & 2) 及增補篇 (supplement)，每冊各分為七個章節及附錄，其中又以第 2 冊第 3 篇 (Dangerous Goods List (DGL) and Limited Quantities Exceptions)、附錄 A (List of Generic and N.O.S. (Not Otherwise Specified) Proper Shipping Names) 及附錄 B (Glossary of terms) 等內容較為重要。

IMDG Code 根據危險物品的物化特性，將其分成 9 大類，包括爆炸物 (第一類)、氣體 (第二類)、易燃液體 (第三類)、易燃固體 (第四類)、氧化性物質 (第五類)、有毒物質 (第六類)、輻射物質 (第七類)、腐蝕性物質 (第八類) 及其他危險物質 (第九類)，並規範不同類型化學品之標示。

而增補篇 (supplement)，主要內容包括船舶載運危險品之緊急應變程序 (EmS Guide, 緊急應變指南)、危險品事故醫療急救指引、報告程序、國際海事組織/國際勞工組織/聯合國歐洲經濟委員會之貨物運送單元裝櫃指引、船舶安全使用殺蟲劑建議書、船舶安全載運裝入容器之廢核燃料、銻及高度放射性廢棄物國際章程等內容。其中依據裝載物品之不同，分別制定洩漏事故發生時之緊急應變程序，並將各洩漏緊急應變程序進行編碼 (S-A 至 S-Z)，共有 26 種不同之緊急應變程序，每個程序中皆針對一般建議、甲板洩漏、艙內洩漏及特殊情況，提出緊急應變措施。

### C. IBC Code—

國際載運危險化學品船舶構造及設備準則，主要針對液態散裝貨品之規定，提供海上載運危險及有毒有害液體散裝化學品之國際安全運輸標準。依據載運化學品之危害性，規範不同的船舶型式及載運方式，相關內容載於第 17 章及第 18 章。另 IBC Code 中要求，任何一個海運化學品的運送都需要有「危害說明文件」，因持續有新的海運化學品出現，故該文件由 GESAMP/EHS 所訂定並定期更新。

GESAMP 建立化學品的危害性分類系統 (Hazard Profiles)，透過系統性層級欄位與指標提供各類化學品對於水域環境的影響資訊，例如 A1、A2、B1、B2 等項目係針對水生生物的評估；C1-C3 及 D1-D3 則是針對人體健康的評估，E1-E3 則對於海域設施的影響評估。GESAMP Hazard Profiles 可提供化學事故應變人員進行初步風險評估之參考。

### (三) HNS 海上運輸模式

一般船運物品可分成固態及液態兩大類，其中固態散裝貨品如木材、水泥、煤炭、肥料、礦石等，通常不具危害性，雖非屬於 HNS，但仍會對於船運安全造成一定程度的影響，既使對於人體健康無虞，但仍會造成環境衝擊。例如穀類因環境發生變化而有危險性，大麥運輸過程可能因細菌厭氧分解產生氫氣而導致危險，或是肥料和燃油混雜可能產生爆炸危險，或是在敏感區域會造成極大影響，既使對於人體健康無虞。散裝固體船舶載運，因含少量高純度危害物質，就有可能是 HNS，因此廣義的 HNS 亦可將固態散裝貨品納入範圍。海上 HNS 事故處理遠較單純之漏油事件處理複雜，但應變上諸多作法可參考發展已久之油污應變處理。

至於液態散裝化學貨品，包含石油化學品、中介物、化學單體物、有機溶劑、及無機化學物質等，透過海運方式運輸的則有超過 2,800 種，其中 100 種運輸量較大。液體化學品散裝船有很多不同結構，有裝載單一種類之化學船舶，也有可裝載高達 15 至 17 種化學品之船舶，無論任一種船舶皆需要特殊設計以符合化學品裝載之需求。

HNS 意外事故之發生，有時候主因非來自船艙材質結構，而是來自泵浦室，例如酸類化學品和鋼鐵接觸，再經過泵浦運作生成氣體，產生爆炸危險，故泵浦之設計需求也需要與載運之化學品相符合。經統計，常見於英法海峽間運輸之 10 大化學品依序為：甲醇、苯、氫氧化鈉、二甲苯、氯乙烯單體、氨、乙醇、甲基第三丁基醚(MTBE)、磷酸及硫酸。

在船舶規模方面，約 48% 的海上化學運輸船舶屬小型規模(5,000-9,999 dwt)，但所載運的物品類型較為多元，通常規模較大的船隻，所載運的化學品種類則相對較少，例如液態氣體船舶與散裝液體船舶若裝載 15 種左右之化學品，通常該數量為幾千立方米；貨櫃船可載運上百種化學品，但數量相對較少，約 50 公斤至數百噸不等。HNS 以不同形式分為三大類裝載輸送：

- A. 散裝 (Bulk) 運輸—例如乾散貨船運、油散貨船運、或綜合型散貨船運。
- B. 包裝 (Packages) 運輸—例如貨櫃船運。
- C. 液體 (Liquid) 運輸—又分為化學油輪運輸、液化氣體油輪運輸等。

講師亦提及特別危害情況，包含不適當的傳輸造成船舶結構性損壞；船隻在航行過程中失去平衡；前次貨物清理不全，新舊貨物間形成化學反應；以及其他意外事件，皆是船舶裝載 HNS 運送時必須注意之要點。海運化學品事故發生時，除需考量化學品的危害外，也需考慮船隻本身所攜帶的燃油洩漏所可能造成的影響及應變處置措施。

#### (四) HNS 海上行為與對人體健康及環境之衝擊

隨著現代化及各地域貿易發展，全球海運量明顯成長，英法海峽的海運交通量佔全世界的 20%。自 1947 年來，約有 1/3 的油料或化學品 HNS 洩漏事故發生於英法海峽。對於此類事故發生時，必須馬上瞭解的是洩漏物質發生何處；洩漏物質產生何種風險；以及該物質會產生哪些衝擊。

通常化學品於海水中的行為特性，會受到物品的初始狀態及所處環境之影響而改變。講師在課堂上說明重要的化學品物理化學特性與生物毒性，包含密度、蒸氣壓、溶解度、黏度、半致死濃度等各種參數，以預測化學品之可能行為，雖此類參數多自實驗室數據獲得，與實務上化學品行為有所差異，但仍是重要的參考依據。

化學品在海水中的行為特性，可依照事故發生後時間的長短，區分為 3 個應變階段：

##### A. 即時性 (Reactivity) —

化學品與空氣、光、海水接觸發生反應，其結果通常無法立即應變處置，例如 HNS 與空氣中氧氣反應有可能會產生火災或爆炸，因而需注意其爆炸上限 (UEL) 及下限 (LEL)，每種化學品的 UEL 及 LEL 皆不盡相同；或是化學品受光分解，產生氣體爆炸；另外化學品之聚合反應亦可能會產生失控爆炸。

##### B. 短期 (Short Term) —

化學品的物理化學行為模式，相關資訊可從「標準歐洲行為模式分類系統」(Standard European Behavior Classification, SEBC) 中查得。SEBC 根據各種化學物質於常態下之不同密度、蒸氣壓和溶解度，將洩漏於水中之化學物質的行為模式予以分類，各種水域中行為模式分別利用英文字母代號表示，其中 5 種主要的行為模式包括 G(gas, 氣化)、E(fast evaporation, 快速蒸發)、F(floater, 漂浮)、D(fast dissolution, 快速溶解)、S(sinker, 沉降於海底)。但 SEBC Code 亦有其限制，講師舉例在實務上，甲醇溶解度是 100%，而其密度是

0.8g/ml，通常會浮於水面；硫酸溶解度亦為 100%，而密度 1.84g/ml，卻時常沉入水底，因此在應變處理上需注意現地狀況發展，採取合適作為。

### C. 長期 (Long Term) –

主要考量化學品的生物累積性及生物降解性，對於海域生態及環境造成的影響。海洋化學品洩漏污染事件發生時，應先確定化學品之物化性質及危害性，再考量不同污染影響範圍，進行不同處理措施。

講師亦特別強調，每一種化學物質所呈現的問題或行為特性並非單一因素所造成，通常在短期應變時，監視觀察環境變化與參考 SEBC Code 或 IBC Code 相關處理分類是具有效益，可協助應變人員迅速了解及掌握洩漏化學品的特性及衍生之環境影響。

在對人體健康及環境之衝擊課堂上，評估危害物質對於人體健康及環境的影響，有 3 項基本原則首先必須了解：

- A. 每一種物質均具有毒性，達一定量時即成為毒藥。
- B. 毒性物質須能穿透進入人體。
- C. 毒性物質可能於人體內形成。

危害性物質進入人體的途徑，主要是透過吸入、攝入及皮膚接觸。而洩漏量通常是重要的影響因素。毒物經過食物鏈與長期生物累積，影響人體新陳代謝機能，主要為肝臟解毒功能，部分物質經生化轉換後對肝臟更具毒性。因此，基本保命規則即為假定所有物質皆有毒害性，接觸時間與數量將決定其對人體毒害程度。另外，氣體毒性影響因子包含濃度、暴露時間、氣體行為方式、揮發及呼吸次數，例如硫化氫於低濃度時有腐蛋味，但處於高濃度時則沒有味道，是由於嗅覺已遭麻痺，故失去知覺常為意外事故之關鍵因子。

### (五) 事故應變案例

近年發生在法國水域的船載化學品外洩意外事故，包括：IEVOLI SUN (2002)、ECE (2005)、NAPOLI (2007)、SICHEM OSPREY (2010)、YM URANUS (2010)。講師以多年參與應變過程，提醒陸地應變準備可輕易將設備與器材設置妥當，且可以規劃許多作業區域，但於海上作業就相當具有困難度，甚至如何前往海上救援及配置多少應變人員，皆是需克服之難題，此外，人員應變行動亦會受到眾多限制，且不易監視現場環境狀態。

講師特別強調實務應變時並不需要有非常精準的模式模擬資訊，第一時間於事故現場充滿許多不確定性因子，均會影響應變結果。此外，實際作業時也不要侷限於緊急應變計畫之標準程序，應視現場實際狀況隨時調整所採取之應變作為。透過講師經驗分享學習到當事件發生時須有一定時間才能獲得正確詳細的事故資訊，應變專家須在簡化的情境下作業，及調運現場應變人員至事故船舶前先以目視觀察，確保應變行動安全。

課程六、HNS 應變對人體與環境閾值之限制、資訊蒐集、模擬應用、貨櫃船舶之應變處置、散裝液體化學輪洩漏應變、液化氣體油輪之應變處置、船舶沉沒之應變

(一) HNS 應變對人體與環境閾值之限制

危害化學物質會經由呼吸道、皮膚接觸、眼睛接觸及飲食攝取而進入人體產生不良健康影響，因此當事故發生時，船舶船員、應變人員及附近民眾將處於危害物質暴露風險中。危害化學物質對於人體及環境之危害程度，可區分為急毒性及慢性毒性。閾值 (Threshold limits) 或風險等級 (Level of concern, LOC) 具有多種定義，因各國法規而異。應變評估團隊藉由閾值用於化學品在水中或空氣中的散佈模擬參數設定，界定事故現場危險區域 (熱區、暖區及冷區)，和漁業、海洋生物養殖排除區，以控制危險區域之危害物質，避免經由空氣及人員間交叉污染傳播，擴大大事故影響面。

化學物質對人體健康之急毒性危害，閾值表示方式可為 IDLH、TLV-C 及 TLV-STEL 等，其定義分別說明如下：

A.IDLH (Immediately Dangerous for Life and Health) —

立即危害濃度，由美國制定，為人類暴露於短時間，一般為 30 分鐘內，部分採用 15 分鐘內之最高暴露濃度，而不會導致身體出現有損健康的徵狀或不能康復的影響。

B.TLV-C (Threshold Limit Value-Ceiling) —

最高濃度閾值，為人員受到瞬間暴露之毒性氣體最高濃度限值，主要針對人體暴露，可能導致急速和特殊反應之化學物；從實務的角度來看，此值在外洩因應上，可視為一個限制指標。

C.TLV-STEL (Threshold Limit Value-Short Term Exposure Limit) —

短時間暴露閾值，係指工作人員暴露於毒性氣體環境中持續 15 分鐘，每天四次，每次間距不得短於 60 分鐘，而不會造成身體健康方面刺激性、慢性或不可恢復性傷害之毒性氣體最大濃度。

化學物質對人體健康之慢性毒性危害，閾值表示方式通成為 TLV-TWA (Threshold Limit Value-Time Weighted Average, 時量平均閾值)，其定義為每天工作 8 小時，每週工作 5 天，人員可長期重複暴露於特定作業環境中，而不會對身體健康造成不良影響之最高容許濃度限值。

而針對事故區域周界居民之保護指標則採用緊急應變計畫指南 (Emergency Response Planning Guidelines, ERPG) 分類，簡單說明如下：

A.ERPG-1 —

人體可以暴露一個小時，而不致產生任何徵狀之最高空氣中化學物濃度。

B.ERPG-2 —

人體可以暴露一個小時，而不致產生不可恢復性或嚴重健康影響之空氣中化學物濃度。

C.ERPG-3 —

人體可以暴露一個小時，而不致產生危害生命之影響的空氣中化學物濃度。

另外，化學物質對於環境危害影響之閾值有 LC50、 $T_{1/2}$ 、BCF 等參數，以下一一簡述：

#### A.LC50 (Lethal concentration 50) —

半致死濃度，是指試驗動物群在一定濃度的化學物質下，暴露一段時間（1~4小時）後，觀察 14 天，結果能造成一半試驗動物群死亡之濃度。

#### B.T<sub>1/2</sub>—

半衰期，化學濃度減半所需之時間。

#### C.BCF (Bioconcentration Factor) —

生物濃縮因子，在穩定狀態下，生物體內的化學物質濃度與水域中化學物質濃度之比值；意即水域中的化學物質濃度經生物濃縮後，在生物體內被放大之倍數。

雖然諸多規範指引中皆有其訂定之風險參考數據，但多數自實驗室獲得，相關之環境數據仍建議以現場觀測及實際量測調查之數據為佳，比如以觀測貝類與魚蝦的行為狀況，據以評估環境風險及人員健康安全制訂應變計畫及行動。

### (二) 資訊蒐集

資訊之搜尋及掌握是應變初期提供決策者採取應變策略重要的關鍵因子之一，為有效研擬及執行應變計畫與行動，有三大資訊必須蒐集並瞭解，即船舶型式、包裝方式與貨物內容。

船舶型式相關資訊主要涵蓋船體結構、規格及聯絡資料。網站 Shipfinder.org、Equasis 皆可搜尋登記之船舶，查閱其噸數、船型、船舶結構、船艙配置、貨物包裝及載運的方式。另外，若知其海運公司，亦可由該公司網站查閱所屬船隊資訊，船型構造（單槽、多槽）。在貨品包裝方面可從標示、容器形狀、顏色、外觀及相關識別碼（例如 UN 編號）進行瞭解，也可嘗試詢問現場船舶人員以獲取資訊。就貨物內容而言，物質安全資料表（SDS）為最應優先參考文件，但不同製造商針對同一海運化學品之資訊不盡相同。SDS 有 16 項填寫欄位，其中最重要的是第 2 項危害辨識資料，第 6 項洩漏處理方式，第 9 項物理及化學性質，及第 11 項毒性資料。另 SDS 及相關現場應變指引也可從下列網站搜尋：

#### A.ERICARDS (CEFIC) —

[www.ericards.net](http://www.ericards.net)，主要是提供消防人員到達化學品運送事故地點而無適當與可靠的產品特別緊急處理資訊時提供初處置動作之指引。網站中提供整合性 SDS 查詢服務，屬於標準化之資訊平台，且為免費網站。

#### B.ERG (Emergency Response Guidelines) —

北美緊急應變指南，由加拿大運輸部（TC）、美國運輸部（DOT）、墨西哥運輸及通訊部（SCT）跟阿根廷緊急應變化學資訊中心（CIQUIME）合作出版，主為協助初期應變人員迅速確認事故化學品種類及危害特性，提供簡要應變處理原則，多個先進國家採用作為應變參考指南。最新為 2012 年版，可上網免費下載，以化學品名稱及聯合國編碼進行查詢，藉由 UN 編號查詢初期應變策略，針對禁水性物質有特定警告，大火及小火之應變方式，並提供初步安全管制距離。

#### C.Vermont SIRI (Vermont Safety Information Resources Inc.) —

查詢製造商提供之 SDS，英文介面，以化學品名稱、製造商名稱及 CAS 編號進行查詢。

## D.NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health) —

美國國家職業安全健康研究所提供化學品之快速指引，可初步瞭解化學品特性、危害評估及初步防護等級。

## E. MIDSIS TROCS-REMPEC

地中海區域海洋污染緊急應變中心所開發之地中海整合決策支援資訊系統，主要針對地中海之海運化學品污染應變，包含海運化學品相關資訊、水生環境之毒理分析、海岸及海洋緊急應變指引與決策樹、以往發生之事故記錄及行動方案。可透過化學品查詢事故，各事件皆有發生經過、應變措施等簡要內容報告。

但這些網站在使用上亦有其限制及缺點，包括須知道其化學品品名及 UN 或 CAS 編號；各化學品名在不同國家有不同名稱；相近物品可能有相同 UN 編號，但化學品污染特性不同；未有完整統一之資料庫；資料多為聯合國、美國、歐盟所管制之化學品，若該化學品為該國或組織禁用者，則無法搜得相關資料。由此可知，資料使用者應多方蒐集資料，包含向船東、貨主、供應商，並動員各領域之專家學者提供意見，作為海運化學品應變措施研擬及執行之參考。

課堂上講師亦重複提醒資訊蒐集流程應為獲知意外事故通報、取得產品名、比對 IMDG code (International Maritime Dangerous Goods Code, 國際海運危險品準則)，找尋貨物 SDS 與相關資訊、查詢海運化學品之應變指南。

### (三) 模擬應用

事故現場資訊的蒐集，除可提供作為應變人員初步應變指引外，還可作為參數導入模擬模式，以得知化學品在事故現場之行為及在海面、大氣、水體等傳導方式，如化學品毒性當量、化學品溶解相及非溶解相之軌跡位置，並進一步評估對應變人員及環境之危害風險範圍。藉由現場觀測資訊之回饋，可與模擬結果加以比較並適時修正。

經由化學品模擬模式，取得之資訊及緊急應變運用情形說明如下：

- A. 模擬預測化學品傳導情形，包含傳導軌跡位置及時間。
- B. 化學品狀態分布情形，例如揮發、溶解、海面漂移、沉積等分布情形。
- C. 化學品對人體及環境危害風險範圍。
- D. 於洩露地點周圍，劃定漁業及航道安全防護區。
- E. 提供防護指示，例如於大氣暴露風險下，緊急撤離附近居民。
- F. 確認漂移位置，回收污染之化學物質。

模擬模式必須與環境相關資料連線，世界上海運化學品基礎資料庫約含有 900 種的化學物質，目前常用的模擬模式有下列四種：

#### A. CHEMMAP—

由美國 ASA 公司開發，為國際常用之商業化模擬軟體，其運用 3D 化學放電模型來預測分析化學物質對生物的軌跡、生命週期及環境衝擊。目前 Cedre 中心亦使用本模式進行相關模擬。

#### B. CHEMSIS—

英國發展之 3D 模擬模式。

#### C. DREAM—

挪威發展之 3D 模擬模式，使用上較為精細。

#### D.ALOHA—

美國 NOAA 發展之大氣擴散模式，僅限於氣態模擬。

講師以目前 Cedre 中心使用之 CHEMMAP 模擬作解說，CHEMMAP 採用之模式主要為生物暴露計算、隨機模型預測、及環境、化學、生物參考資料庫作模擬演算主體，可顯示油污風化情形、毒性危害分布、影響濃度、IDLH 分布界限，並計算漂流、乳化、散化、蒸發之分佈情形。但因海運化學品在海洋中傳導及擴散狀況不易察覺，真實情況之數據難以測試及確認，常與與模擬結果大相逕庭，而初步正確應變有賴於正確地鑑別海運化學品和精確的資訊，應依現場情況提供相關資料加以判斷。

#### (四) 貨櫃船舶之應變處置

據統計 1992 ~2008 年法國在大西洋共發生 159 件貨櫃船意外事故，1251 只貨櫃遺失。貨櫃船舶所裝載的海運化學品種類繁多，當發現一個漂流貨櫃時，若要明確地辨識其危害性，必須依靠相關運送資訊及危害辨識之標識。若無法即時回收落海貨櫃，則透過監控、模擬及追蹤的方式來協助安排回收的事宜，並注意危害辨識之重要性。

在 IMDG 指引中清楚載明貨櫃裝載限制及貨物內容標示規定，包括易燃性、毒性、對生物環境的污染、水溶性等，但時有船方或貨主未依照規定進行併櫃及分櫃作業，或考量成本而不申報，而造成意外事故發生時對內容物的物理化學性質不清楚，導致延誤應變時機，且易造成應變人員及環境的危害。因此，貨櫃化學輪發生事故時，首先要收集相關資訊，包含貨櫃數量、識別號碼、貨物性質、事故位置、船隻航線等，再以模擬模型估算其漂流位置，利用飛行器進行空中監控，並放置相關訊號發射器標定確實位置，將相關訊息傳送至應變人員，使得應變人員得以將貨櫃回收。

國際海運化學品分為 9 大類，條列如下：

- A) Class 1.—爆炸性物質
- B) Class 2.—易燃性氣體、無毒及非可燃性氣體、毒性氣體
- C) Class 3.—易燃性液體
- D) Class 4.—易燃性固體、易自然、易與水反應
- E) Class 5.—有機過氧化物
- F) Class 6.—毒性物質、傳染性物質
- G) Class 7.—輻射性物質
- H) Class 8.—腐蝕性物質
- I) Class 9.—其他危險性物質

#### (五) 散裝液體化學輪洩漏應變

講師透過化學輪「Ievoli Sun」及「Ece」洩漏事故應變作經驗分享。2000 年 10 月 31 日，義大利籍化學輪「Ievoli Sun」因天氣惡劣船體受損，沉沒於英吉利海峽附近，船上載有 4,000 噸之苯乙烯 (Styrene)、1,030 噸丁酮 (MEK) 及 1,000 噸異丙醇 (IPA) 化學品，以及 150 噸重燃油和 60 噸柴油。為了避免化學品污染，尤其對民眾暴露風險及海洋生物污染，與海洋油污染，應變團隊立即展開監控任務，初期僅監測到微量數據，之後再協請專家於實驗室針對載運之海運化學品進行測試實驗，即觀察海運化學品溶解性、海水中物化特性及對海洋生物造成影響等。應變團隊決定將殘存重燃油及

苯乙烯抽除，而丁酮及異丙醇則予釋放於海洋中。結果顯示丁酮及異丙醇釋放於海洋中並不會有明顯的環境影響，而在重燃油及苯乙烯抽除過程中所採集的水樣，亦無顯現任何海洋污染。在法國、英國、德國三國通力合作下，抽除 3,012 公秉之苯乙烯與 88 公秉之重燃油，整個移除工作至 2001 年 5 月完成，最後，事故能順利完成應歸於媒體互動良好、政府協商及應變決策相當順利。

「Ece」化學輪造成 10,000 噸磷酸沈入海中，利用無人機及感知器裝置進行調查及監測，並於實驗室進行檢測實驗及搭配不同軟體進行觀察其變化。最後，整起事故可說明相關文獻並非可靠，仍需藉由實驗來取得可信的數據，以提供應變團隊擬定應變作為。

#### (六) 液化氣體化學輪之應變處置

課程內容僅針對液化天然氣 LNG 及液化石油氣 LPG 進行討論，LNG 及 LPG 使用船運運送方式逐年升高，從 2006~2011 年裝載船舶數量從 226 艘增加到 360 艘。以液化方式載運主要為經濟效益考量，但需注意的是從液態還原成氣態時，一單位液體將膨脹成 600 倍體積之氣體，小量液體洩漏即產生大量可燃性氣體，有可能造成嚴重危害，故液化氣體運輸通常以專用船舶運送。船舶依儲槽形狀與防止汽化之方式不同，有球形槽、方形槽、薄膜型槽三種，或另可依壓力操作區分為高壓船、半高壓船及冷凍船。

液化天然氣於低溫 162°C 運輸時，會產生的危險包括因冷凍產生之燃燒、爆炸、缺氧、冷氣爆及鐵的脆化。如為其他液化氣體，丙烷、丁烷、氨氣、氯乙烯等，可能產生有毒、腐蝕氣體或致癌風險。液化氣體可用特殊的擴散模式模擬，如 PHAST、EVOLCOD 等，模擬範圍建議 1000 公尺以上，擴大涵蓋範圍以提升安全性。事實上，載運液化氣體船舶甚少發生事故，更未有大爆炸之事件，主要為船體結構安全設計、各儲槽具備多道安全裝置，及有受良好訓練之高素質船員，而通常事故好發於裝卸作業過程中，例如裝卸過載導致溢流 (Overfill)、洩漏等。

#### (七) 船舶殘骸之應變

船舶殘骸產生之原因，除了事故外，尚有戰爭、蓄意破壞及蓄意沉船，船隻殘骸可能危害航行安全、影響該海域樣貌，若存有對人類危害之貨物，將對環境或經濟造成傷害。通常評估船體殘骸之危害潛勢相當不易，尤以早期船隻文件較難取得，船隻確切事故地點不明等限制因子。現今技術多以聲納、無人水下觀測載具等技術輔助調查船體殘骸情況，藉由實地觀測及文件搜尋調查判定殘骸內所載運之化學物質，進一步擬定適合之移除策略方法。權責相關單位應針對環境保護與生態衝擊，參考專家意見，對於海岸風險必須要求相關事故責任關係人進行回收或移除作業，必要時採取法律行動。

## 課程七、分組桌面演練

本次桌面演練將參訓學員分成 3 組，各組均為海洋油污染緊急應變小組，模擬情境係假設船隻 MT. Mette Jorgensen 發生事故，為了更貼近真實事故狀況，講師隨著時間演進，陸續地提供事故相關訊息，如船隻移動位置、氣象、支援者狀態等，並在不同的階段提出問題，小組成員則依據實際應變時的應變流程、動作，逐一推演、報告、說明其過程。透過共同的模擬情境、各組個別桌面演練方式，成員分別扮演指揮官、資訊人員、記錄人員、合作專家、安全主任、安全管制人員、及財務人員不同角色，互相討論各階段所獲得之資訊研判情勢並做出決策。期透過情境演練方式，瞭解單位業務及其職責，整合統籌分配及運用各區之資源與能量，以有效地發揮整體應變之功能。模擬情境演練內容紀錄如下：

### 1. 事故起始

〇〇〇〇年〇〇月〇〇日載有「丙烯酸甲酯」及「醋酸乙烯」化學品之丹麥籍「MT. Mette Jorgensen」化學輪於碼頭裝卸完畢，並在上午 6 點 35 分於 AG-275 附近進入航道，朝東方向出海航行。此時 Nuaport 氣象報告為風向：210°，風速：12-15 節、能見度：佳、氣溫：13°C、水溫：11°C、海面狀況：輕度至中度、日出時間：7 點 30 分。

### 2. 上午 6 點 41 分無線電訊息

MT. Mette Jorgensen 目前位於座標 AF-260，引擎室有火災警報發生，船員正前往查看；引擎動力發生問題，船舶失去動力、無法航行；船員正設法使船朝北並下錨，需要拖船協助。領航員已出發至現場待命，1、2 號拖船分別位於 AM-250、AM-265 將於 30 分鐘後抵達現場，3 號拖船則需要 50 分鐘方能抵達。

### 3. 上午 6 點 45 分無線電訊息

引擎室傳來火警，人員進行疏散，並以二氧化碳滅火器進行滅火。

### 4. 上午 6 點 46 分，第一階段問題

- A. 你最初反應是什麼？
- B. 你最初關心是什麼？
- C. 現在你要做什麼？

### 5. 上午 6 點 59 分無線電訊息

該船於 AF5-251 處下錨，船舶似乎停止不動，船艙內佈滿煙霧，船長已停止船舶航行並下令棄船逃生。

### 6. 上午 7 點 06 分，第二階段問題

- A. 你最初反應是什麼？
- B. 你需要什麼資訊？
- C. 你最初的應變行動是什麼？
- D. 你什麼時候啟動應變？

### 7. 上午 7 點 15 分氣象報告（含接下來 12 小時天氣預測）

風向：維持南南西至南風約 13 小時、風速：12-15 節、能見度：佳、氣溫：13°C、海面狀況：輕度至中度、日落時間：19 點 45 分。

### 8. 7 點 20 分無線電訊息

1 號拖船及 2 號托船抵達現場，現場持續冒煙，逃生船員已全數救起。

9. 上午 7 點 45 分、7 點 49 分無線電訊息

持續灑水對船體降溫，持續進行觀測作業。

10. 上午 8 點 0 分、8 點 5 分無線電訊息

環境監測船抵達事故現場，執行周界監測，並於漁業養殖區外佈放攔油索；持續灑水降溫，並派遣直昇機觀察現場情況火勢及煙霧狀況，並向輪機長詢問船體結構。

11. 上午 8 點 10 分，第三階段問題

- A. 你關心什麼？
- B. 依照你所關心事物的優先順序記錄下來
- C. 你的應變策略是什麼？

12. 上午 8 點 30 分準備記者會

為行政首長準備相關說明，其內容包括事件摘要、風險情況、及目前行動。

13. 本次桌面演練所需資料

- A. 海圖一張，圖上各中標示圖形示意圖一張
- B. 應變組織表一份
- C. 設備分布圖一張
- D. 其他索取資料：化學品 SDS、化學品安全資訊卡、危險品倉單、船舶資訊等

14. 模擬應變執行說明

- A. 接獲船舶事故通報後，立即成立應變指揮小組，依權責區分為現場指揮官、資訊人員、記錄人員、合作專家、安全主任、安全管制人員、及財務人員。
- B. 指揮官立即指派資訊人員調查相關資訊。
- C. 第一階段問題回應
  - 1) 指派消防船進行火勢控制，所有應變人員應隨時注意安全。
  - 2) 針對發生時間、地點、人員情況、發生原因、所載送物質種類及數量、媒體所關心議題，例如人員傷亡情況，船舶造成污染情況須即時瞭解。
  - 3) 依據安全、環境與資產保護之應變順序原則，首先指派飛行器及船舶進行人員救助，同時了解船員受傷亡情況。由於該船載運化學品，需立即啟動海上及岸上環境監控，並避免無相關船隻靠近事故區域。
- D. 第二階段問題回應
  - 1) 確認災情是否有惡化趨勢，是否需再增派應變船協助應變。
  - 2) 確認人員是否全數獲救，受指示前往應變船舶是否能力控制情況，是否鄰近生態與環境敏感區位置，並獲取船舶結構圖、化學品 CAS NO.、化學品 SDS、天候海象資訊及足夠的應變人力物資，還有模擬預判可能污染區域範圍。
  - 3) 為避免化學品與油料外洩，考量應變器材數量，派遣應變人員上船進行源頭阻絕方式，同時於下風處佈放攔油索，預防性圍堵可能油污或化學品洩漏，同時持續由船舶與航空器監控海面與事故船舶情況。

4) 人員搜救應變立即且持續進行，並預測可能污染區域後，立即執行預防性應變。

E. 第三階段問題回應

1) 確認應變人員安全情況、可能影響之敏感區是否受到保護、相關預防措施是否足夠、以及媒體對整體事件報導情況。

2) 依照人員安全、環境保護及團隊聲譽之順序記錄優先順序。

15. 演練討論狀況如圖



## 參、心得

- (一) 世界各國均非常重視海洋環境保護，亦都積極運用新的科技進行海洋復育，加強海域執法，確保海洋環境不被破壞。目前國內尚未能仿效法國成立國際級專業應變機構，但透過與 Cedre 訓練交流，可直接獲得國際間許多海洋環境保護相關資源、技術、設施、設備、人員及經驗等跨國污染應變技術及專業知識服務，亦即間接建立專業諮詢機構。
- (二) 溢油事件的應變階段，大致可分為：意外的發生、通報、評估、組織動員、清除作業、災後復原及災後檢討等階段，溢油污染案件皆屬個案，需要針對每一事件溢漏油品數量、物理及化學性質、天候、海象、地形等變因進行分析研判，故應變經驗累積十分重要，以便於下次事故發生時，成立合適的應變組織、擬定更完善的預防機制及管理工具。海上運輸所載運之化學品種類繁多，各式有害化學物質外洩所需應變方式也不盡相同，故平時船運時即須遵守國際相關危險品載運規則與方式，並建立緊急應變機制與流程，備妥相關防護設施，於危險品洩漏時才能有效進行應變處理，降低污染影響層面。
- (三) 在處理海上漏油事件時，必須考量對環境的破壞較小，技術上較簡單，處理時效較快速等有效條件，首應選擇的是在海上即行圍堵並回收油污，使油污不致漂散至岸際。此外，非所有的漏油事件皆可將油污 100% 回收，亦可考慮其它的保護方法和處理，以一種安全且可接受的方式將油引導至適當地點是一種最方便的作法，而一般回收方法使用汲油器或吸附材料。
- (四) 良好的溢油應變計畫，應按地方、區域及全國等層級特性加以整合，對事前的準備、事後的應變均能有效率的反應以及確實的執行。且與溢油事件發生所在地點之各相關應變單位與地方政府與民間的合作與協商亦相當重要。另外，規劃實際可行之應變（行動）計畫、制訂執行附錄、強化應變組織，以確實履行其職責，並時常檢視、演練，以使應變計畫不致淪為紙上作業。
- (五) 污染事故之應變成敗關鍵，除了平時應變訓練外，如何讓應變指揮官儘速取得所需且正確資訊，是一項重要課題，透過案例演練後，讓我深刻瞭解短時間周密掌握各項資訊之難處，故若能在事前多一份準備，俾能在事發時減少不必要失誤與延誤，亦能讓應變指揮官妥善且有次序調度應變人員及物資，進而降低災害損失與環境衝擊。另外，應變過程中之紀錄極具重要性，因其可協助應變團隊了解與檢視過去與目前應變作為，並透過每日應變紀錄檢討機制，修正往後行動方針或策略。
- (六) 海汙危害種類及範圍非常複雜，牽涉之領域涵蓋廣泛，非任何單一應變人員所能瞭解，故針對不同之環境與需求，以及所導入之限制條件，實際考驗應變整體團隊的智慧與專業，因此任何的應變決策，必須廣納各方專業領域之專家學者，避免因資訊與構面不足衍生更多的風險與衝擊。同時在應變團隊之組合完備後，亦須考量溝通協調與磨合，這些準備皆是面對下一次事故所準備之要件。此外，擴散模擬不可能是 100% 正確，針對不同的環境與需求有不同之選擇，決策者必須清楚各種模型的限制與優劣點，透過平常的演練與運算來熟悉，以便因應意外事故的考驗。還有對於所有文獻記錄上之資訊，皆需嘗試再確認，最好能透過實務量測與模式分析進行比對，方能作出適當之策略與行動。

#### 肆、 建議

- (一) 海洋汙染處理科技日新月異，建議持續派員至國、內外參與海洋汙染防護訓練或研討會議，為本事業部及本公司引入更新觀念及技術，完善應變動員機制，亦可和與會權責相關單位人員建立溝通橋梁，提升本公司重視環境保護之形象。
- (二) 本事業部前鎮儲運所乃國內重要石化產品進出口中心，海運油品、化學品種類繁多，可考慮添購合適應變器材設備，例如親油性汲油器、各式吸油棉等，並要求供應商提供教育訓練，務必使第一線人員實地了解如何操作及應用，增強應變處理效率。
- (三) 前鎮儲運所石化碼頭位於高雄前鎮商港區，海象、地形等外在環境變化較外海小，應變時所需考量之變因相對亦較少，惟鄰近人口稠密區域，一旦有外洩事件，易引起周圍居民抗議，故船泊裝卸安全機制、攔油索圍堵及油汙回收效率即是重點所在，爰此，建議增設高效能船岸通聯裝置，確實維護安全連鎖跳脫系統、閘門、管線妥善，並透過定期訓練或演練，以加強相關人員之作業正確性及熟練度。
- (四) 為強化緊急應變處理速度與確實度，建議成立專責海洋汙染應變編組以統一指揮體系，平時經由模擬演練，或與相關應變政府機構、民間單位相互合作、交流，不斷累積知識、經驗，並時常檢視、修正各類型應變計畫及流程，且在接獲事故通報後即能迅速反應，精準地執行應變行動。
- (五) 有鑒於洩油應變處理日益專業化，可考量於高廠土地建立如同法國 Cedre 中心之獨立單位，積極參與國內外重大事故處理及研究，並符合國際海事組織 IMO 認證，成為亞洲區一流專門機構，提供空氣、水、廢棄物、毒性物、土壤及地下水汙染等專家諮詢、實驗研究、技術發展與資訊管理之服務及實務訓練，亦有活化高廠土地利用之效。