

出國報告(出國類別：實習)

108 年法國「海洋油污染及海運化學品 污染應變人力養成訓練」

服務機關：台灣中油股份有限公司

姓名職稱：楊家敦處長

派赴國家：法國

出國期間：108 年 8 月 25 日至 108 年 9 月 6 日

報告日期：108 年 10 月 2 日

摘要

海洋委員會海洋保育署為促進海洋污染應變各相關單位人員提升專業知識，於 108 年 8 月 25 日至 9 月 6 日在法國布雷斯特(Brest)，委託水域意外污染事故調查研究中心(CEDRE，Center of Documentation, Research and Experimentation on Accidental Water Pollution)辦理為期 13 天的「海洋油及海運化學品污染人力養成訓練課程」，課程結束取得國際海事組織(IMO，International Maritime Organization)認可之 IMO Level 3 Oil Spill Management 及 IMO Hazardous & Noxious Substances Spill Management 證書。

訓練內容規劃海洋油污染方面包含油污染事件應變通則、海洋油污染相關的國際公約和規定、法國的油污染預防及應變、應變計畫和事故管理系統、油污染評估和決策、油的性質和行為特性、空中觀察、決策支持系統和工具、應變策略和決策過程介紹、海上油污染應變策略、油分散劑使用、原位燃燒、油污染應變操作、海岸油污染應變策略、清理海岸線、海洋廢棄物管理等，海運化學品包含應變的挑戰、意外事故及統計、化學品在海上的性質、行為及影響、HNS 相關的國際規章、氣體運輸船、散裝船與貨櫃船的應變等。透過完整的訓練課程，希望能提升本公司對海洋污染應變能力，以面對未來可能面臨之挑戰。

目錄

摘要.....	2
目錄.....	3
壹、目的.....	4
貳、行程及訓練課程表.....	5
參、過程(課程內容紀要).....	6
主題一 油污染事件應變通則(General Principles of Oil Spill Response).....	6
一、海洋油污染相關的國際公約和規定.....	6
二、溢油應變原則.....	6
主題二 油污染評估和決策.....	8
一、油的性質、行為及風化的安全操作.....	8
二、空中觀察.....	11
三、應變決策和決策過程的簡介.....	12
主題三 海上溢油應變(Response at-Sea).....	14
一、油分散劑使用.....	14
二、溢油圍堵與回收.....	16
主題四 清理海岸線(Shoreline Cleanup).....	22
一、岸際清理技術.....	22
二、廢棄物管理.....	23
主題五 內部及外部溝通.....	25
主題六 HNS 應變簡介.....	26
一、應變的挑戰與限制.....	26
二、意外事故及統計.....	26
三、HNS 污染的性質、行為及影響.....	28
四、海運化學品對人體健康及環境的衝擊.....	29
五、化學品模擬工具介紹.....	29
主題七 預防及準備.....	29
一、預防 HNS 之國際章程.....	29
主題八 海上 HNS 應變.....	32
一、對氣體運輸船的應變.....	32
二、對散裝船的應變.....	33
三、對貨櫃船的應變.....	33
肆、具體成效.....	35
伍、心得與建議.....	36

壹、目的

本公司從事油輸送之場所依據海洋污染防治法第 13 條「應先提出足以預防及處理海洋污染之緊急應變計畫及賠償污染損害之財務保證書或責任保險單，經中央主管機關核准後，始得為之」規定，總公司及 12 個油輸送作業單位須備有經海洋委員會核准之海洋油污染緊急應變計畫，外海浮筒、深澳專用港及各港口之碼頭才能運作。儲運處負責辦理本公司與各單位海域油污染防治(浮筒及碼頭)及緊急應變計畫內容彙總，透過課程提升海洋污染緊急應變相關之專業知識，建立國內海洋油污染緊急應變自中央、地方政府與業者等應變能力網絡，增進指揮調度緊急應變之專業能力。

貳、行程及訓練課程表

日期	內容
8 月 25 日(日)	臺灣桃園機場飛法國巴黎
8 月 26 日(一)	巴黎至布雷斯特(Brest)
IMO Level 3 Oil Spill Management 課程	
8 月 27 日(二)	<u>主題一 油污染事件應變通則</u> (開幕式及 CEDRE 簡介、海洋油污染相關的國際公約和規定、法國的油污染預防及應變、應變計畫和事故管理系統) <u>參訪一、海上的海洋部門 大西洋或打撈拖船</u>
8 月 28 日(三)	<u>參訪二、MRCC Corsen 或 POLMAR 設備資材庫</u> <u>主題二、油污染評估和決策</u> (油的性質、行為及風化的安全操作、空中觀察、決策支持系統和工具、應變決策和決策過程介紹)
8 月 29 日(四)	<u>主題三、海上油污染應變策略</u> (應變策略簡介、決策過程及淨環境效益分析、空中觀察、油分散劑使用、原位燃燒、油污染應變操作、漁民對油污染應變支持) <u>參訪三、CEDRE 設施</u>
8 月 30 日(五)	<u>主題四、海岸油污染應變策略</u> (清理海岸線、海洋廢棄物管理) <u>主題五、討論</u> (內部、外部)
8 月 31(六) 9 月 1 日(日)	文化參訪、課程資料彙整及討論
HNS Spill Management 課程	
9 月 2 日(一)	<u>主題六、HNS 應變簡介</u> (應變的挑戰、意外事故及統計、HNS 污染的性質、行為及影響) <u>主題七、預防及準備</u> (基於國際法律預防 HNS 和油污染、如何使用安全資料表)
9 月 3 日(二)	<u>主題八、海上 HNS 應變</u> (對氣體運輸船的應變、對散裝船的應變、對貨櫃船的應變、事件回顧)
9 月 4 日(三)	布雷斯特(Brest)至巴黎
9 月 5 日(四)	巴黎 至 臺灣
9 月 6 日(五)	臺灣桃園機場

參、過程(課程內容紀要)

主題一 油污染事件應變通則(General Principles of Oil Spill Response)

一、海洋油污染相關的國際公約和規定

(一)聯合國海洋法公約(UNCLOS)：國家須保護及維護海洋環境、採取預防減輕及控制海洋污染，且能預防與應變來自船舶之污染。

(二)國際海事組織(IMO)

(1)確保安全：海上人命安全公約(SOLAS)、國際海上避碰規則公約(COLREG)、航海人員訓練、發證及航行當值標準國際公約(STCW)。

(2)防止操作及意外事故污染：防止船舶污染國際公約(MARPOL)。

(3)對抗意外事故污染：國際油污防備、反應和合作公約(OPRC)。

(4)提供補償：國際油污損害民事責任公約(CLC)、國際油污損害賠償基金公約(Fund)、燃油污染損害民事責任國際公約(Bunker)、海運化學品責任及損害賠償國際公約(HNS)。

二、溢油應變原則

船舶機械故障、航行失誤、火災爆炸等因素將導致海洋油污染事件，當事件發生後，須長久持續的應變和有效地國際合作，每次事件情況因天候、地點、載運物品不同，應變處理方式亦不同，須視整體狀況評估後擬定應變策略，應變原則須考量下列因素。

(一)通報與立即行動

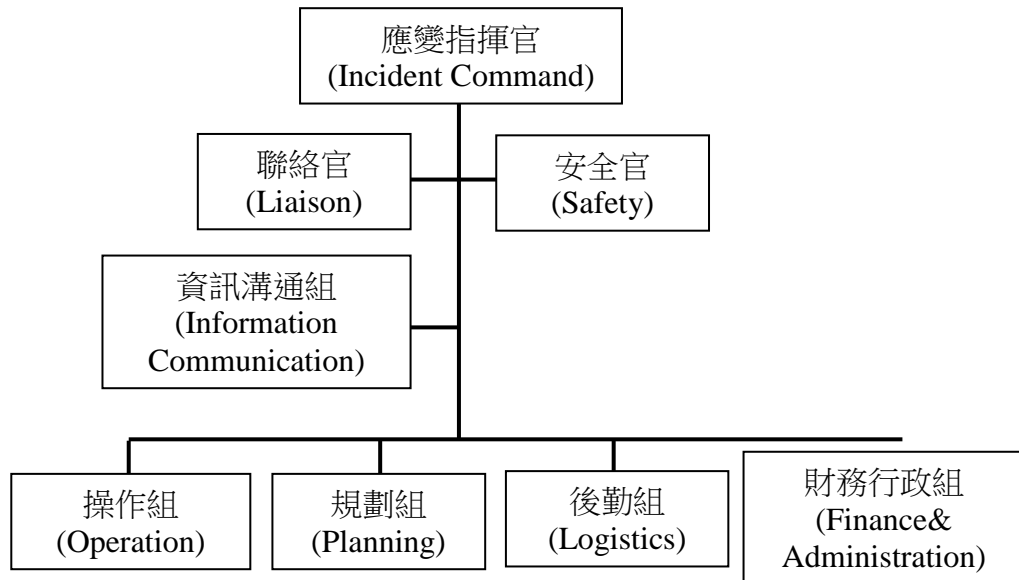
須事先建立通報表格(包含天氣、污染物、地點等)與對象清單，通報對象包含當地、區域、國家和國際層級，並分享所有已獲得之訊息。

(二)應變組織

事故管理系統(Incident Management System, IMS)範例如下圖，可藉由行動卡(Action Card)提醒各組事故發生時不慌亂地各司其職。

1.應變時須有良好的溝通(包含組織之間和公眾媒體)，可事先建立資訊流程圖、作業程序、媒體清單(當地、區域或國家)，以及訓練發言人，以利訊息正確且迅速地傳達。

- 2.擬定應變策略前須自岸際、海上及空中調查、評估及取樣分析，並建立作業程序及表格。
- 3.為確保應變人員、居民及義工的健康與安全，依據污染物毒性、使用的應變方式器材與安全法規，務必正確使用個人安全防護具。



主題二 油污染評估和決策

一、油的性質、行為及風化的安全操作

油的化學組成、外在的環境條件決定溢油行為，影響環境衝擊與應變策略。

(一)油的組成與特性

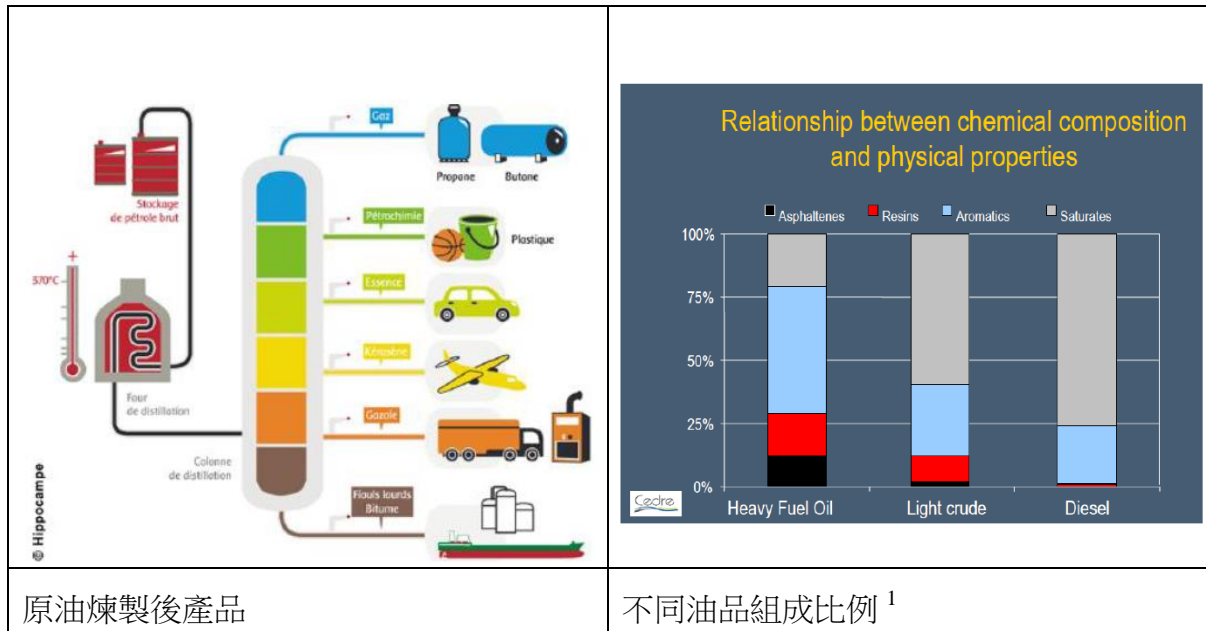
原油是組成不固定的混合物，不同產地的原油組成及特性皆有差異，一般區分為輕質、中質與重質原油，原油經煉製後生成丙烷、丁烷、汽油、航空燃油、柴油、燃料油及瀝青等，化學組成主要分為三類：飽和脂肪烴(X%)、芳香烴(Y%)與極性化合物(Z%，瀝青、樹脂等)，可藉由各類所佔比例預測溢油的行為。

溢油發生時，可藉由現地取樣分析或油品安全資料表(SDS)了解實際的組成，協助現場應變決策的判定。油品品質特性中影響污染行為較為明顯者有：

- 1.流動點(Pour Point)：油品最低可流動的溫度，當海溫低於溢油的流動點時，油污為固態，難以使用泵浦回收。
- 2.閃火點(Flash Point)：油品蒸氣最低可點燃的溫度，與應變人員安全有關，低閃火點的油品如汽油，除較容易揮發外，稍有不慎就可能引發火災，且揮發的有機蒸氣會影響應變人員健康。一般而言，汽柴油(飽和脂肪烴與芳香烴含量高)流動點和閃火點低，溢油擴散快、揮發快；船用燃油及瀝青(樹脂及瀝青質含量高)密度及黏度高。
- 3.密度(Density)：一般油密度都比海水小，油污會浮於海面上；在出海口有淡水時，油污可能下沉，須採行不同的應變策略。
- 4.黏度(Viscosity)：黏度影響油污的流動性，高黏度的油溢出時，須使用高效率泵浦才可回收油污。

油品	密度	黏度 (cSt@20°C)	流動點(°C)	閃火點(°C)
原油	0.80-0.95	3-3,000	-35~30	依產地差異大
汽油	0.65-0.75	0.5-1	-	≥ -40
煤油	0.80	2	<-53	≥ 38

柴油	0.85	15	-3	≥55
重燃油	~1	~50,000(10°C)	12~30	>128



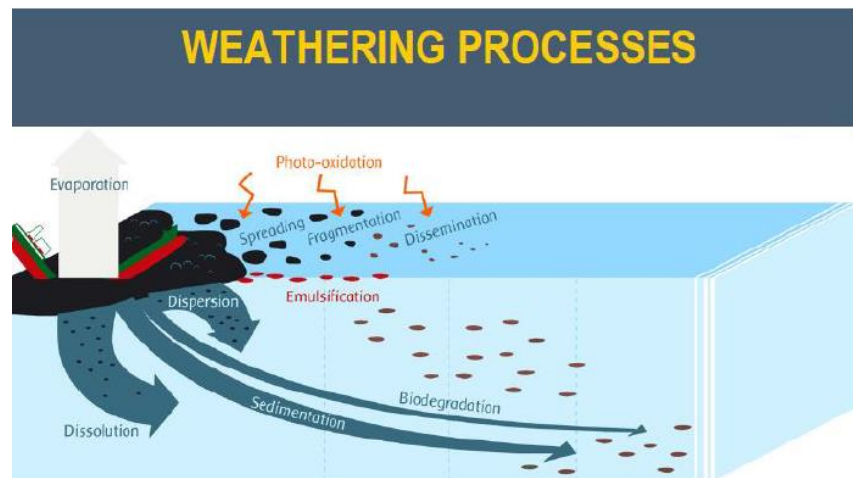
原油煉製後產品

不同油品組成比例¹

(二)環境影響作用

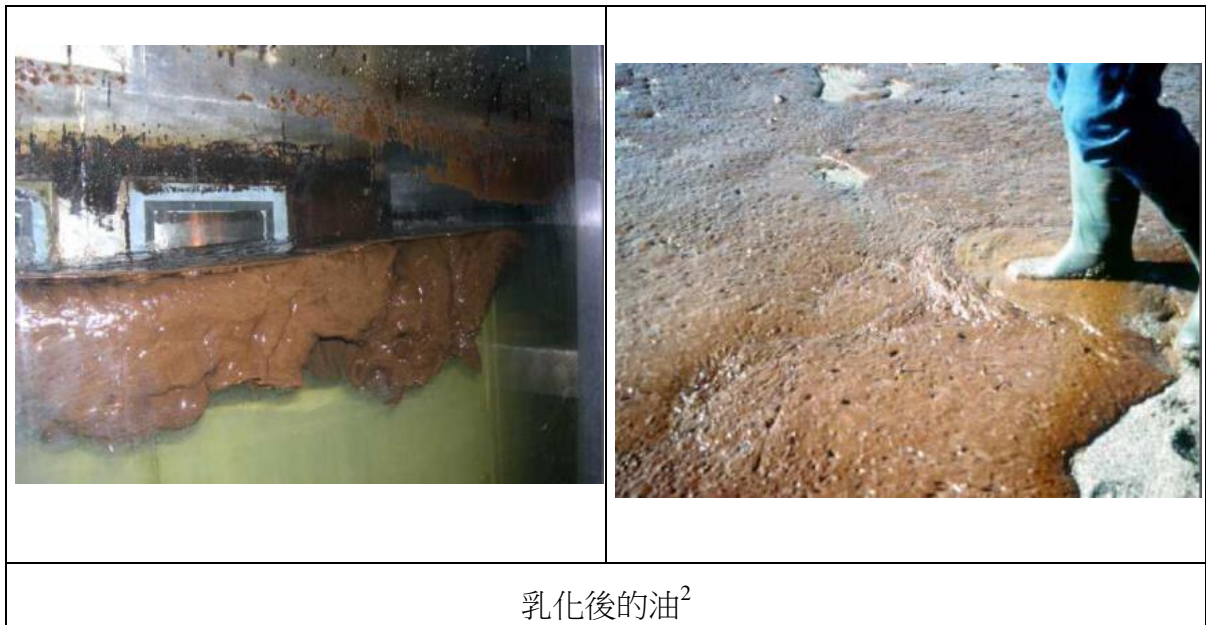
風吹及日曬導致油污揮發量及其黏度增加；波浪導致油污溶解度增大及乳化；溢油發生地點(開放海域或近岸)、洋流、海水鹽度皆有影響，同樣的油品在不同地點發生溢油，會有不同的行為與影響衝擊。

洩油在環境中會有蒸發、擴散、溶解、分散、乳化、沉降、生物降解、光氧化等風化過程，不同的過程所需時間尺度不同，如圖¹示。



¹ 資料來源：CEDRE。

- 1.蒸發(Evaporation)：蒸發速度與油品性質及天候海況相關(輕質油蒸發較重質油快)，蒸發會減少海面上溢油量，但蒸氣有火災爆炸與危害人體健康的風險。
- 2.擴散(Spreading)：擴散速度取決於油的黏度與天候海況，擴散會增加輕質油揮發及自然分散，但擴散後會提升油污圍堵回收的難度。
- 3.溶解(Dissolution)：污染物(如油品或其他化學污染物)中的水溶性物質會溶於水中，取決於成分性質，如極性物質(醇、酮類)易溶於水，溶解至海水中的成分可能會對海洋生物造成影響。
- 4.分散(Dispersion)：自然分散與油的性質、擴散與天候海況相關，輕質油可在幾天內完全自然分散，高黏度或已乳化的油則會長期留在海中。
- 5.乳化(Emulsification)：取決於油的性質，一般而言瀝青(asphaltene)含量 20%以上，須特別注意洩漏油品是否有乳化狀況(與天候狀況相關)，乳化後體積會增加3-4倍，顏色轉變為棕或橘色，黏度亦大幅增加，使油回收泵取難度提升，且降低化學分散效率。



- 6.沉澱(Sedimentation)：當油的密度比海水大、風化(蒸發或乳化)後密度增加或與沉積物作用密度增加，會導致沉澱，海面浮油量雖減少，但下沉物質造成海床污染，影響底棲生物及自然生態，且回收更加困難。

²資料來源：CEDRE

7.生物降解(Biodegradation)：海水中分佈著許多種類的微生物，每種微生物對污染物中的某些特定化合物會發揮作用，在油污的最終清除階段占很重要的角色，但此種作用之進行極為緩慢。

8.光氧化(Photo-oxidation)：當油接觸到空氣中的氧即產生氧化作用，氧化作用視溫度、風力、波浪強度之高低大小有其不同反應速率。氧化作用自油溢出後即開始進行，對油品之原有性質產生不同程度的化性改變。

(三)應變考量因素

實際應變策略須隨時調整且保護人員安全，需考量注意事項：

- 1.黏度隨著風化增加、
- 2.蒸發會對應變人員造成危害、
- 3.乳化會導致黏度與體積增加、
- 4.重質油在淡水中可能下沉、
- 5.浮油漂流時間可能很長，但輕質油長時間漂流後，可能不會對岸際造成衝擊。

二、空中觀察

空中觀察為決策前的第一個步驟，人的肉眼(須受訓練，避免誤判)是最好的偵測器，因此要儘早進行。空中偵察為了得知油污位置、大小、形狀、外觀、預估外洩量、風化資訊、與模式結果比較、及導引應變船隻和飛行器。歐洲國家依據科學實驗，建立 Boon Agreement Oil Appearance Code，對於油膜狀態厚度及預估外洩量如下表：

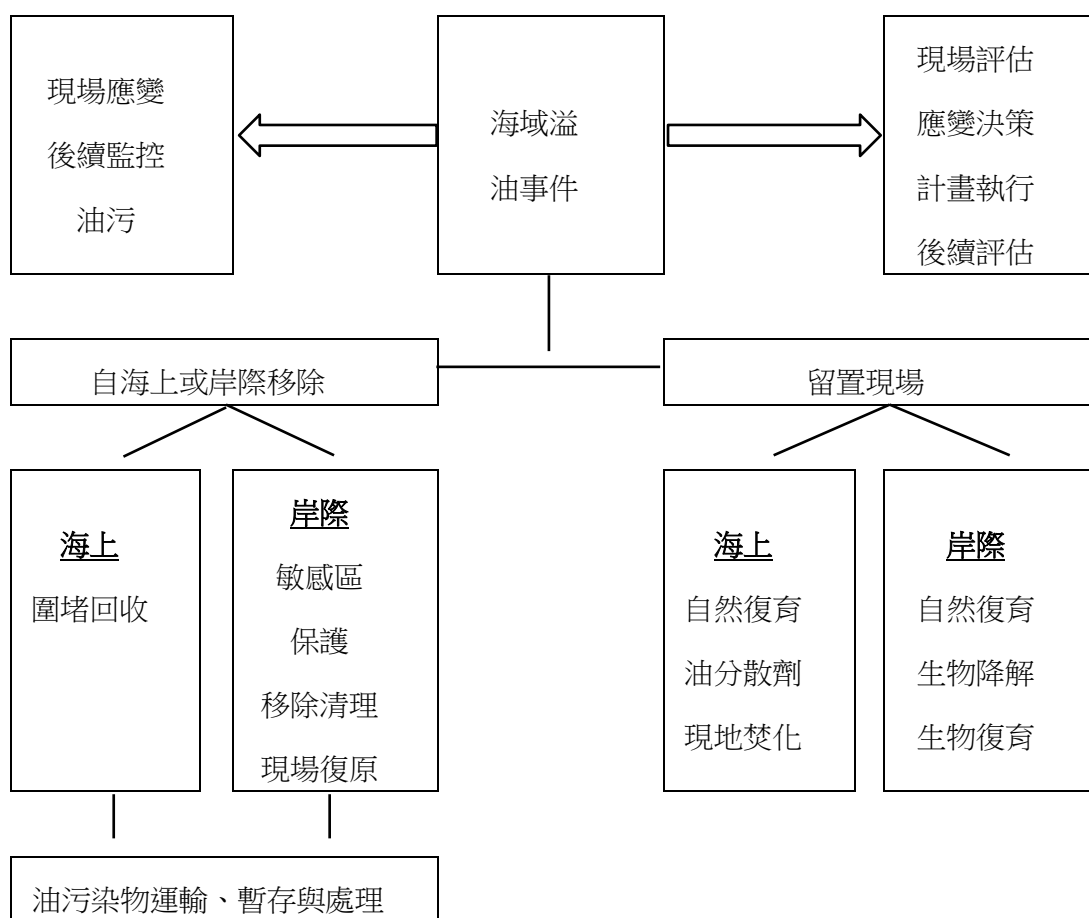
Code	Description - Appearance	Layer Thickness Interval (µm)	Litres per km ²
1	Sheen (silvery/grey)	0.04 to 0.30	40 – 300
2	Rainbow	0.30 to 5.0	300 – 5000
3	Metallic	5.0 to 50	5000 – 50,000
4	Discontinuous True Oil Colour	50 to 200	50,000 – 200,000
5	Continuous True Oil Colour	More than 200	More than 200,000

在專用偵察飛機上亦可使用遙測工具如 SLAR、紅外線(IR)、紫外光(UV)、微波

(Microwave)等偵測油污厚度， 但有時會受天候及污染物影響而有假訊號。

三、應變決策和決策過程的簡介

擬定應變策略時須考量諸多限制，如海象及天候狀況、油污行為及風化程度，應變策略黃金時間、設備可用性、應變時程等，決策選項如下圖。決定策略前考量環境淨利益分析(NEBA, Net Environmental Benefit Analysis)，衡量溢油本身衝擊或是應變對環境、經濟及安全的影響，有時過度的人為干預反而對自然環境造成更大的衝擊。



在海上執行油污圍堵與回收主要目的為減少上岸油污量，減輕對岸際的影響，應變初期在空中觀測指引下使用大型專業船舶，末期可僱用當地漁民使用拖網、人工撈油等方式回收近岸已乳化之油污，雖效率較低但長久累積可回收可觀油污。圍堵與回收受限於天候及海況、設備與廢棄物管理等限制。

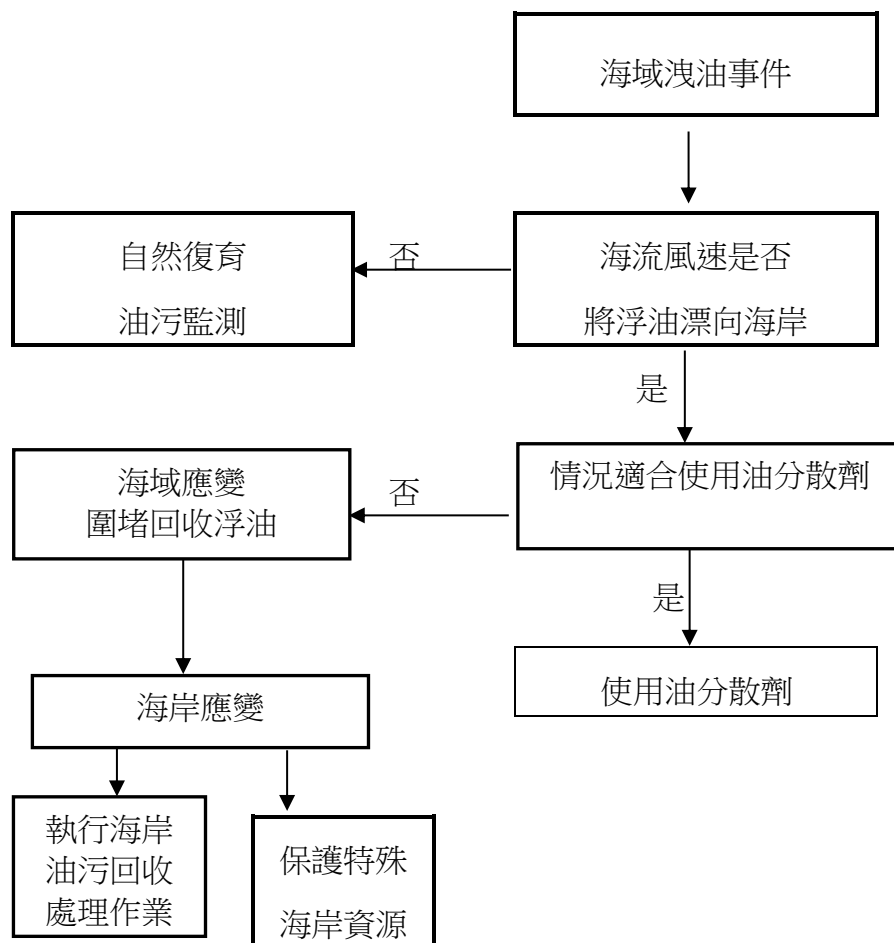
藉由化學分散方式使用油分散劑消散油污，但化學分散受限於噴灑設備(飛機或船舶)、天候海象、溢油的黏度等；或採行現地焚化方式直接點燃油污，但須搭配耐火型的攔油索及特殊點火裝置，上述兩者策略須注意油的行為及風化程度，油風化後

無法使用，有使用的黃金時間。

海上應變決策流程如下圖，如油膜不飄向岸際則不採行應變策略，但須持續監控油膜漂移方向；當油膜飄向岸際必須採行應變策略，如使用油分散劑、保護敏感區域...，可配合環境敏感區域地圖，決定攔油索佈放長度、地點等等。

油污一旦上岸，岸際清理須耗費大量人力、長久清理時間，並配合海岸類型選擇清理方式，且須注意人員、環境安全、廢棄物管理及媒體管理，並每日留存紀錄以便日後求償，廢棄物管理包含儲存、運輸及後續處理為應變中不可忽略之一環，應變計畫須考量納入。

當海污事件發生時，會遭受龐大的媒體輿論壓力，切勿承諾不可能做到的事。
(Don't promise the impossible even if increasing pressure for result is placed on decision-makers and responders)

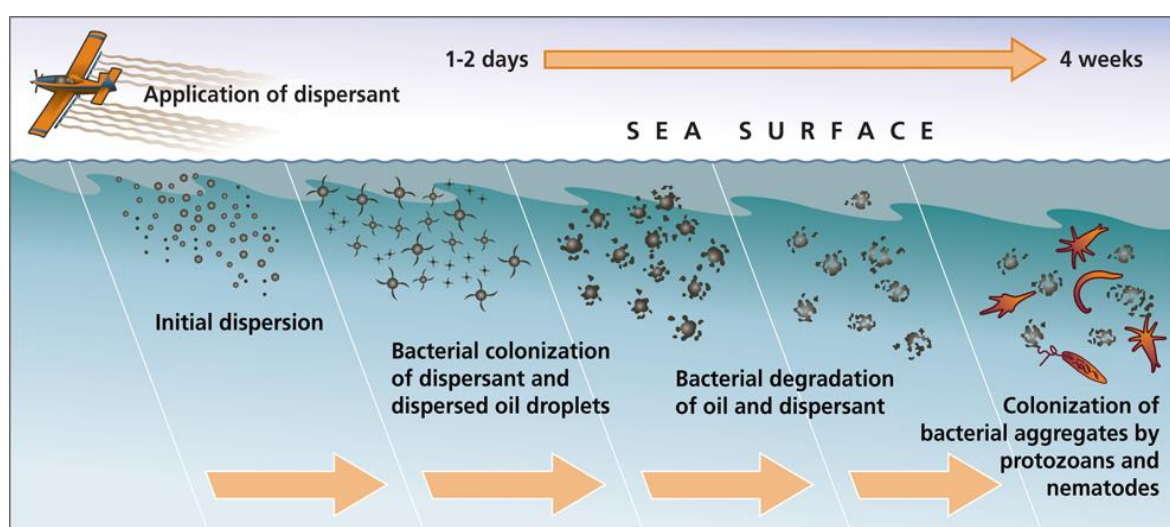


主題三 海上溢油應變(Response at-Sea)

一、油分散劑使用

油分散劑為一種介面活性劑，在法國須經 Cedre 效能、毒性與生物降解性測試核准才可使用。自然情況下，油污會自然消散成小的油滴，但自然消散的油因油滴大小不一，會浮上海面重新形成油膜；化學分散產生的油滴更小及尺寸均一，可以穩定存在水體內，進而被海浪及海流分散稀釋，最終被生物降解。

油分散劑作用流程如下圖示³：



(一)使用油分散劑的優點與缺點：

優點	缺點
1.較圍堵與回收簡易	1.污染物仍存在水中
2.實際運用更快速(尤其使用飛機噴灑時)	2.油分散劑可能對其他海生物造成影響
3.較便宜(減少廢棄物量，與圍堵回收或岸際清理相較)	3.額外添加化學物質於環境中
4.惡劣天氣時仍可使用	4.近岸使用可能使油擴散範圍更廣
5.減少風對油膜的影響	5.當油分散劑使用後，若無效，機械回收將變的困難
6.降低油污對鳥類和哺乳類的衝擊	6.效率限制
7.限制乳化生成	

³資料來源: <http://acer.disl.org/news/2016/07/27/word-wednesday-louisiana-sweet-crude-oil-and-chemical-dispersants/>

8.加速油污自然降解	
------------	--

在法國是否使用油分散劑，由海上應變、河川應變或港口應變官方決定，每個國家有不同規定。

(二)油分散劑使用限制如下

1.溢油黏度

油的黏度(cSt)	狀況
2,000~5,000	Dispersible
5,000~10,000	Possibly Dispersible
>10,000	Probably not Dispersible

油分散劑/油使用比例約1/20，油乳化後的黏度可能高達15,000即無法使用化學分散。除了考量油的黏度外，尚須考量油本身特性，如海溫較油的流動點低，則無法使用化學分散。油的黏度隨溫度升高而降低，但也隨著揮發而增加，油分散劑有使用黃金時間的限制。

油的種類	應變選項	備註
輕質油(汽、柴、煤油)	Useless	導致擴散更嚴重，且輕油揮發快，不須使用分散劑
黏度<5,000cSt(輕-中已風化原油、重原油、燃料油)	Dispersion Possible	
高流動點原油	Dispersion Impossible	

2.適度海象攪動：海象 2-3 級，太平靜海象無法提供足夠能量攪動，太惡劣的天候反而使油與分散劑接觸時間不足。

3.足夠水量分散溢油：高濃度已分散的油比原先溢油更毒，但經過稀釋可加速溢油降解。在法國有劃設油分散劑可使用劑量地圖，且在近岸 0.5nm 內不可使用，可使分散油的濃度需低於 10ppm。

(三)油分散劑使用決策

使用油分散劑需考量下列因素，在實際使用前，可小規模測試是否對污染物有效

(15-30 分鐘)。

(1)化學分散可能性：油污染物資訊(黏度、特性)決定是否可化學分散

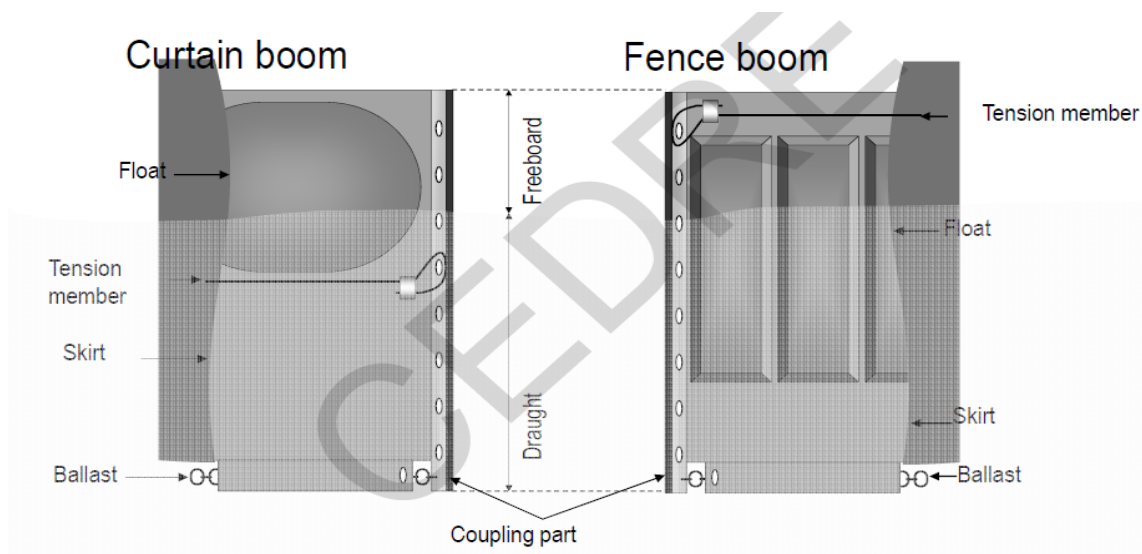
(2)化學分散接受度：污染物的地理位置限制(水深、離岸距離、週遭敏感區)

(3)化學分散可行性：後勤支援與資源是否可行，可用船、飛機或直升機噴灑

二、溢油圍堵與回收

需要有攔油索(圍堵)、汲油器及泵浦(回收)與暫存空間(儲存)，始得進行溢油圍堵及回收。圍堵主要功用為防止溢油擴散、增加油膜厚度，提升汲油器回收效率；汲油器則用來將油從水面回收，泵取至儲槽暫存，如沒有空間暫存，則回收就無法執行，三者缺一不可。

(一)攔油索的構造與類型



攔油索主要構造具有

- 1.浮體(Float)：使攔油索漂浮於水面，並防止污染物通過攔油索頂部，浮體可為固體填充式或充氣式。
- 2.裙部(Skirt)：浮體下方的帶狀部位，防止浮油自攔油索底部通過(流失)。
- 3.壓載(Ballast)：利用鍊或鋼索本身之重力，於裙部底部保持攔油索垂直。
- 4.張力元件(Tension Member)：為承受攔油索因執行油污處理拖曳作業、風、浪及洋流所產生之應力，利用鍊或鋼索作為張力元件穿過裙部下緣。

5.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。

6.吃水(Draught)：為浮體在水部分加上裙部之深度，防止浮油自攔油索底部通過(流失)。

攔油索主要分為 Fence 和 Curtain 兩大類，再依其用途及填充物分為不同類型。

Fence Boom 牆式	Curtain Boom 簾式
Type 1 : Permanent 永久固定式	Type 3 : Foam-Filled 固體填充式
Type 2 : Foam-Filled 固體填充式	Type 4 : Inflatable 充氣式
	Type 5 : Self-inflating 自動充氣式
	Type 6 : Shore-Sealing 潮間帶
	Type 7 : Specific Booms 特殊形式

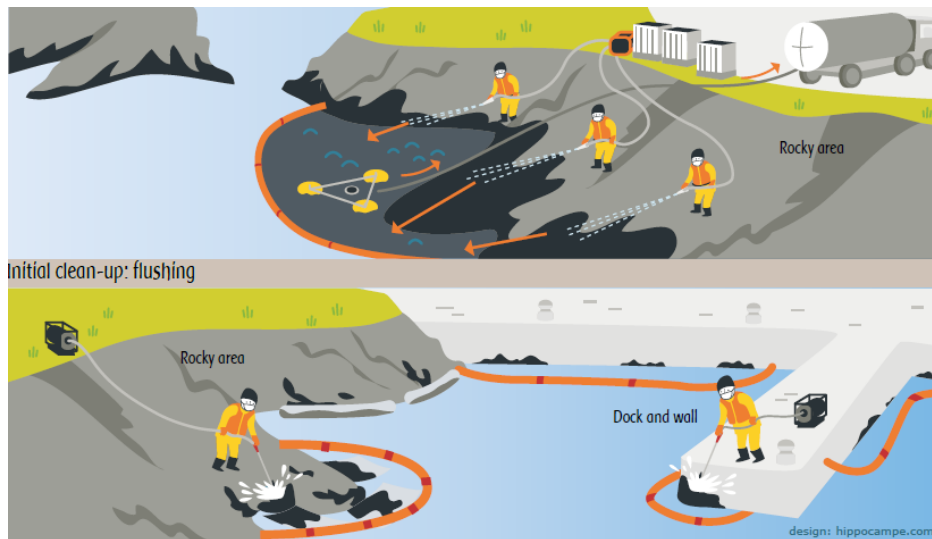


各種形式的攔油索

(二)攔油索的功用

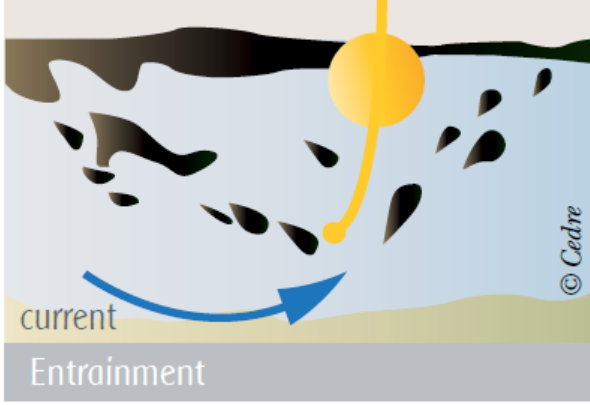
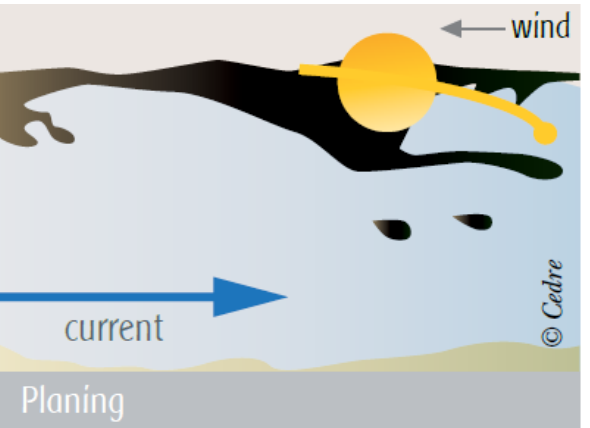
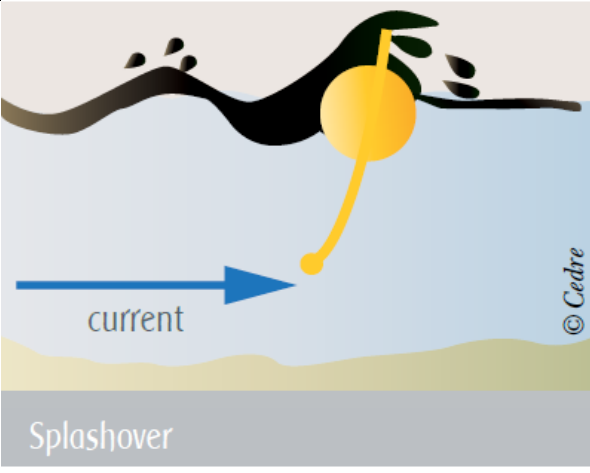
1.阻止洩漏源擴散：限制污染物擴散漂移，在溢油風化儘速回收

- 2.保護敏感區：保護敏感度較高區域，如發電廠進水口、港口、海水浴場等
- 3.轉移污染物：將污染物轉移至較不敏感區域回收
- 4.促進污染物回收：利用圍堵增加油膜厚度或靠近岸邊增進回收效率
- 5.協助岸際清理：岸際清理時將油污圍堵於岸際並回收，如下圖⁴。



⁴資料來源：CEDRE

(三) 攔油索使用限制

攔油索失效圖示 ⁴	說明
	<p>當垂直攔油索流速超過 0.7 節時，即易發生夾帶(Entrainment)現象，或當油污累積超過一定厚度時，些許油污會隨海流從攔油索底部漏出(Drainage)。</p>
	<p>當強烈的風與海流反向時，若壓載重量不足會導致攔油索失效。</p>
	<p>當海況惡劣時溢油飛濺(Splashover)越過攔油索乾舷，或在高流速區域使用、以太高速度拖曳攔油索時，導致攔油索下沉(Submerge)，而無圍堵效果。</p>

(四)攔油索佈放技術

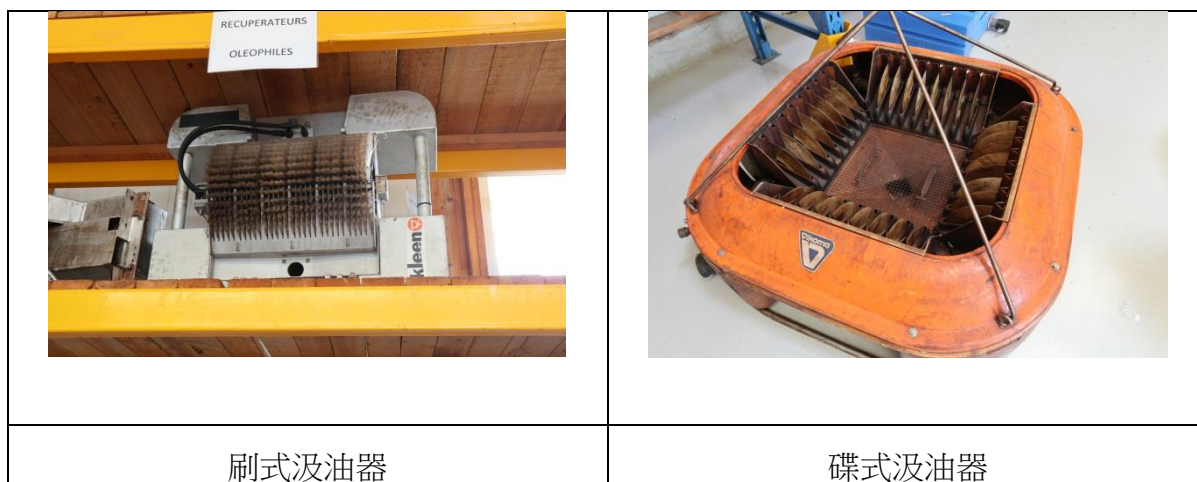
攔油索可靜態(Static)或動態(Dynamic)佈放，靜態圍堵主要置於洩漏源附近，避免污染物持續擴散，動態佈放可分為單船、雙船(U、J型)或三船(V型)拖掃，但須注意端點流速低於 0.7 節，避免油污自攔油索下方夾帶漏出，但目前亦有新型攔油索




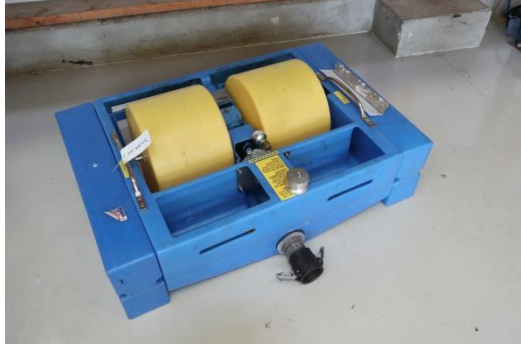
(Current Buster、Norlense、Speed Sweep、Mas Sweeper 等)，拖曳速度可達 4 節⁵。

(五)汲油器類型

- 1.機械式汲油器(Mechanical Skimmer)：直接將油污吸入，選擇率低(90%水)，容易被垃圾堵塞，如堰式、真空式汲油器。
- 2.親油式汲油器(Oleophilic Skimmer)：選擇率高(90%油)，但速度較慢，一般對乳化後油污效率較低，如碟式、刷式、帶式、鼓式汲油器。



⁵資料來源：CEDRE

	
<p>堰式汲油器</p>	<p>鼓式汲油器</p>

(六) 泵浦的種類

- 1.離心式：用離心力原理，主要吸水非油，可吸水再用水管沖油污，協助集中油污。
較便宜，但會造成油水乳化現象，後續處理無法使用吸油棉。
- 2.移動式：以緩慢的速度擠壓容器空間，產生吸力。
- 3.膜片式：以空間排擠效應來產生吸力。
- 4.螺旋式：利用螺旋轉動，以緩慢旋轉的速度擠壓容器空間產生吸力。

主題四 清理海岸線(Shoreline Cleanup)

一、岸際清理技術

(一)基本概念：岸際清理須先評估遭受油污染海岸，了解區域遭受油污染程度，並建立清理優先順序及目標，再依海岸特性選擇適合的清理方式。

- 1.岸際清理評估技術(SCAT, Shoreline Cleanup Assessment Technique)：評估對於決策很關鍵，錯誤評估將導致錯誤決策，可藉由空中調查(快速、巨觀、易受天候影響、有誤判風險)、海上調查(到達遙遠的區域、可能取得樣品)或地面調查(評估詳細、耗時)。填寫評估表格時，用字須一致且未知的資訊不要隨意填寫，避免造成錯誤，表格內容包含遭受油污染海岸的長、寬及油厚度，據以估算洩油量，以及海岸的類型、油是否風化、後勤的人車路線規劃等等。
- 2.依據前述評估洩油量、油的類型與風化、洩油的狀態與海岸特性(敏感度、殘骸垃圾、使用度、敏感度/季節等)、及可用的人力後勤資源，與各方達成共識決定清理優先順序及使用方式。

(二)岸際清理可人為清理(有時人為過度干預可能造成更大的衝擊)或自然恢復(自淨速率慢)，包含以下兩階段

- 1.移除大部分油污：限制污染程度、降低生態環境衝擊、盡快移除大量洩油。
- 2.最終清理階段：讓受影響區域恢復使用、幫助環境恢復正常狀態、接受些許殘存油、定義 How clean is clean 及何時終止清理。

決定策略前，須納入環境及溢油應變專家入團隊，採取對環境友善的清理技術，依現況採取測試技術與設備，並不斷依最新情況時時調整，有時以高溫高壓清洗岩石，雖將油污完全清除，但也將環境中存在之微生物殺死，反而需要更長時間復原。

依不同類型海岸線簡介清理技術：

- 1.沙灘：第一階段有抽取、汲取、機械式、手工式回收(幫浦、汲油器、吸取系統設備、空氣運送機、車輛)、水柱沖洗等方式，可搭配利用大型機具(如挖土機等)提高效率，但須避免移除過多的沙(影響後續廢棄物清理)，機具無法到達之處，可採用人力清

理，選擇性高但效率慢。第二階段可用特殊機具回收已風化的焦油球，底下殘存的油污以水下沖洗方式將油污沖出。

2.礫石：第一階段以水柱沖洗或人工方式移除大部分的油污，第二階段以高壓高溫沖洗，但須逐步增加壓力及溫度，沖洗時人員須穿著個人防護具，下方須挖設溝槽並鋪設防水布，海上再佈放攔油索避免油污擴散或污染下方沙灘。亦可將礫石放入水泥攪拌機加入清潔劑清洗。

3.溼地/紅樹林：紅樹林為生物重要的棲息地，具有許多樹枝樹葉難以進入清理，且當海浪能量低時油污會殘留很久，清理時踩踏紅樹林的氣根可能導致死亡，因此當溢油時應優先保護紅樹林敏感區。可採用低壓水柱、油吸附材料、汲油器或人力回收清理。

(三)法國應變指引：包含「清理評估」及「結束清理評估」兩個團隊，由政府部門、社區代表、專家(Cedre、環境、生態)、污染者、承包商等 5-7 人組成，執行相關污染事件之評估及決策，決定清理程度及範圍。之後再由相關專業人員開始進行清理工作，由專家人員監督，事後再行針對整個事件實施檢討。

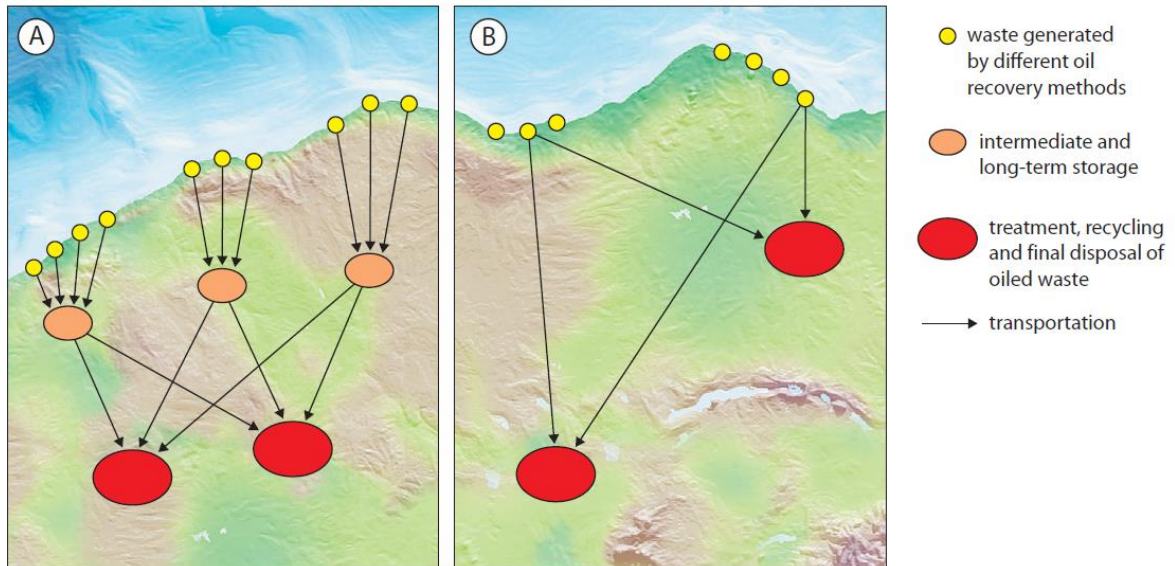
二、廢棄物管理

一個溢油事件實際回收含油廢棄物量可能是溢油量的十倍，在一個大型溢油事件中，廢棄物處理通常為耗時最久且最貴的一個步驟；當後勤失效時，將阻礙前端應變回收程序，因此廢棄物管理應在緊急應變計畫中事先規劃。

(一)溢油應變過程產生含油廢棄物可能為液態(油)、黏稠狀(風化油)或固體(含油垃圾、沙石殘渣、使用後吸油棉防護衣等)，廢棄物管理包含以下步驟：

1.收集油及含油垃圾：海上應變利用海上儲油囊、油駁船、袋子或倒卸車將回收油運至岸上回收；陸上回收則利用太空包、塑膠袋、暫存桶、陸上儲油囊、桶子等儲存。收集回來的含油廢棄物須依狀態分類。

2.中間儲存：由暫時港埠/工作地點設施儲存→中間暫存點→長期儲存點→處理單位，廢棄物外包裝上須標示並每日紀錄進入儲存場廢棄物的體積。儲存場須做好排水、防水層避免污染下方土壤、規劃車輛進出路線、監控地下水質等。如下圖示⁶。



3.運輸：運輸時須避免二次污染(滲漏、保護土壤)。

4.處理：可用物理化學方法(沖洗、鈍化)、生化復育(含油 5% 以下沉積物)、熱處理(焚化)，液態污染物可由當地煉油廠處理回收，處理選項如下圖。

5.最終處置：掩埋未處理含油污染物或焚化後的灰燼。

(二)國家油污染緊急應變計畫應事先規劃含油廢棄物處理，包含界定各官方單位、工業支援單位職責與角色、有毒廢棄物的儲運運輸和處理、建立特殊服務業者/污染器材供應商的聯絡資訊、國內合格廢棄物處理廠商清單、適合收受廢油的工廠、適合做為中間儲存場的地點、以及提供記錄表格作為日後求償的依據。

⁶資料來源：IPIECA

主題五 內部及外部溝通

不良的危機溝通將導致危機處理失敗。

(一)公眾與媒體期待

1. 資訊等於部分的民主
2. 揭露秘密
3. 特殊事件為訊息基礎
4. 反對文化
5. 接受問題訊息
6. 最終目的 – 獲得獨家新聞

(二)資訊的三步驟

1. 訊息競賽
2. 了解狀況
3. 究責

(三)需避免的錯誤

1. 隱匿
2. 傲慢
3. 拒絕任何責任

(四)原則

1. 事故前：制定應變計畫、指定發言人
2. 事故中：迅速溝通、透明、承擔責任、即時調整溝通規則
3. 與媒體溝通：簡短、開放問答、承認錯誤、表明積極的關鍵點

主題六 HNS 應變簡介

一、應變的挑戰與限制

離岸應變受限於環境天候狀況、污染物的確切狀況不得而知、有限的應變人員、難以精準的風險評估與距離遙遠等。拖帶船隻因貨物的反應性、毒性、惡劣天候狀況及船上可能沒有船員，或拖帶過程中船隻沉沒、貨櫃船上要鑑別出危害物質的位置、數量等，因此接近施能船隻有諸多限制及挑戰。

因此須注意

應變前	應變時
1.資訊收集：貨物、船舶資訊、天候狀況 (資料庫查詢、國際章程) 2.狀況評估：HNS 行為、衝擊、觀察、模擬及風險評估 3.化學品種類眾多：狀態(液體、氣體)、反應性(空氣、水、火、熱、貨物本身)、危害(腐蝕性、毒性、可燃性)、行為(SEBC 預測，但不是絕對) 4.風險評估：可能對應變人員產生危害(UCVE、BLEVE、急毒性、腐蝕性)	1.第一線應變不確定性(氣體組成、船舶資訊、能見度、工作範圍、通訊、高壓環境) 2.藉由飛機、直升機或其他船舶接近失能船隻執行定位與監控 3.再次評估狀況(船殼狀況、流速及洩漏預估、濃度(空氣、水)監測) 4.穿戴防護具

二、意外事故及統計

HNS 為 Hazardous and Noxious Substance 縮寫，在 OPRC-HNS 2000 公約定義：除了油以外，對人類健康、海生物有危害的任何物質皆屬 HNS。

因海運載運容量大且經濟，2016 年統計有 48% 散裝貨物、18% 液體貨物、17% 貨物(貨櫃)透過海運方式運輸，海運船舶類型及載運貨品分類如下表。

船舶種類	載運貨品	類型
散裝船(Bulk Carrier)	散裝固體，如煤礦、穀物、	<35,000T：Handysize

	鐵礦木材等	35,000~50,000T : Handymax 50,000~80,000T : Panamax >80,000T : Capesize
化學船(Chemical Tanker)	精煉後油品或化學品如二甲苯、辛烷、硫	油/化兩用輪、多用途(隔艙)船、特殊化學船(硫)
氣體船(Gas Carrier)	液化天然氣(LNG)或石油氣(LPG)	Fully pressurezed:5~18 bar Semi-pressurized:5-7 bar Fully refrigerated:0.25-0.3bar
貨櫃船(Container Ship)	包裝貨物	Feeders:1,000~3,000TEU Panamax:3,000~5,100TEU Post-panamax:5,100~10,000TEU Newpanamax:10,000~14,500TEU UVC: >14,500TEU

與 HNS 相關的事故類型統計如下圖(2005 至 2015 年),溢漏的化學品包含礦物油、穀物、酸(硫酸、磷酸)、肥料、硫磺、石化品(甲苯、苯)、植物油(棕櫚油)等。因 HNS 貨物類型種類繁多,造成的危害包含爆炸(丁二烯)、產生有毒物(小麥接觸海水產生硫化氫、殺蟲劑)、腐蝕(硫酸)、火災(磷)、與水反應(鐵礦)等。

雖然 HNS 事故不多(一年約 1-2 件),但因貨物類型種類更廣、船舶類型廣泛,較溢油應變更具挑戰, HNS 與溢油比較如下表。

HNS	Oil
物質性質與行為廣泛	性質與行為較均一
對人類健康危害高/危險性高	對人類健康危害較低/危險性低
對特定化學物質有特定器材	有標準器材
各種物理狀態皆有	液體
一般無色(低能見度)	一般有顏色(高能見度)
應變困難	應變與整備完整

三、HNS 污染的性質、行為及影響

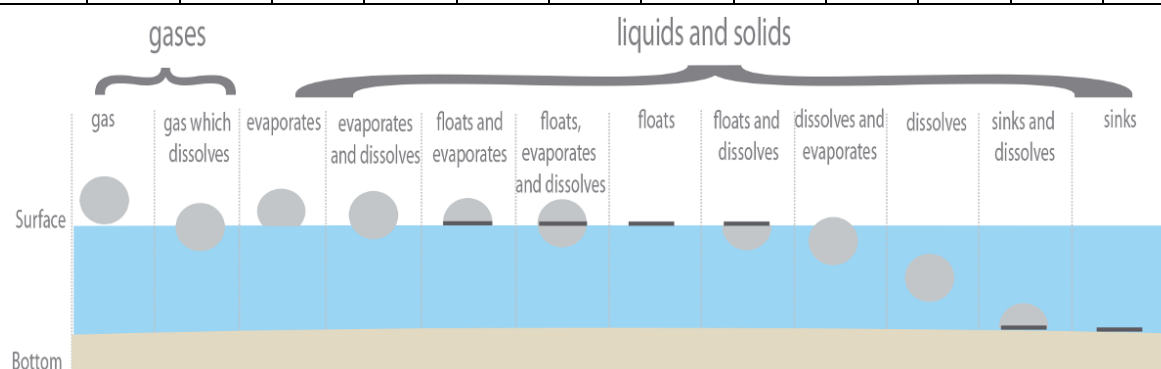
(一)性質

HNS 可由安全資料表(SDS)得知物理化學性質如：分子量、沸點、閃火點、密度、蒸氣壓、黏度、溶解度，以及生態毒性資料如 LC50、TLV 等。HNS 在海上的行為受運輸狀況與環境條件影響。HNS 的行為可分為立即性、短期和長期行為

反應性(立即)	短期(前幾小時、天)	長期(一週後)
狀態改變 與氧氣(火災爆炸)、光(產生毒性或爆炸性物質)、水(放熱，產生腐蝕及可燃物質，如 Li,Na,K)或聚合反應	物理化學狀態 <u>SEBC Code</u>	物理化學狀態 毒性與環境

(二)短期行為(SEBC Code)：HNS 短期行為分類如下⁷，但一般 SEBC Code 資訊為純物質在 20°C 淡水條件下得到資訊，故在實際應變時可能有差異。

類型	Gas		Evaporator		Floater				Dissolver		Sinker	
	G	GD	E	ED	F	FE	FED	FD	D	DE	S	SD
範例	甲烷	氨氣	苯	乙酸 乙烯 酯	棕櫚 油	二甲 苯	丙烯 酸乙 烯酯	丁醇	磷酸	丙酮	硫	二氯 乙烷



(三)長期行為：只要考量 HNS 的生物累積性，當 HNS 為 GE、F、D 或 S 時，即可能影響生態，配合環境參數變化亦會導致 HNS 行為變化，如海面擾動(乳化)、水溫鹽度變化(溶解)、懸浮物質(下沉)、光和氣溫(揮發)。

⁷資料來源：HNS-MS

四、海運化學品對人體健康及環境的衝擊

HNS 可能對人類(船員、應變人員或居民)、環境(群體、生態系統)或其他貨物產生風險，風險(Risk)=危害(Hazard) x 暴露時間(Exposure time)。化學品的毒性區分為急性和慢性影響，途徑藉由皮膚黏膜接觸(腐蝕性物質等)、吸入(氣體)或攝入人體，化學物質在生物體內可能會轉變，劑量決定了毒性，可能的毒性有致癌、生殖毒性等。

五、化學品模擬工具介紹

模擬的目的為了解 HNS 在海上的行為、評估對操作人員與環境的危害並比較與實際觀測的差異，並提升緊急應變策略(如優先保護可能遭受污染區域、定位並回收污染物、疏散居民等)。

目前市面上有的模擬工具有：CHEMMAP(美國 3D Model)、CHEMSIS(英國 3D Model)、ALOHA(NOAA)、DREAM(挪威 3D Model)。輸入污染物(資料庫)資訊、洩漏位置與數量(水面上/下、持續洩漏或一次洩露)、水深地形、海象及氣象資料等，即可模擬 HNS 漂移軌跡預測、大氣中及水體中的數量等，但須注意的是模擬並非 100% 準確。

主題七 預防及準備

一、預防 HNS 之國際章程

船舶運輸化學品的國際章程有 IGC Code(氣體，本次課程未介紹)、IMSBC Code(散裝固體)、IBC Code(化學液體)和 IMDG Code(包裝危險貨物)。

(一)IMSBC(International Maritime Solid Bulk Cargoes) Code(2011/1/1 生效)，區分為三類，有些貨物可能兼具兩類特性(A+B)

1.Group A：船運過程中可能液化的貨物，溼度不可超過運送濕度限制(Transportable moisture limit,TML)。

2.Group B：船運過程可能引發化學危害的貨物。

3.Group C：非屬上述兩類貨物。

依據 IMSBC Code 所有貨物裝船前須填寫 Bulk Cargo Shipping Name(約 100 種化學品)，

在 IMSBC Code 附錄一有所有貨物的詳細介紹、分類、危害與緊急應變程序等。

Coal (See also the appendix to this schedule)

DESCRIPTION

Coal (bituminous and anthracite) is a natural, solid, combustible material consisting of amorphous carbon and hydrocarbons.

CHARACTERISTICS

ANGLE OF REPOSE	BULK DENSITY (kg/m ³)	STOWAGE FACTOR (m ³ /t)
Not applicable	654 to 1266	0.79 to 1.53
SIZE	CLASS	GROUP
Up to 50 mm	MHB	B (and A)

HAZARDS

Coal may create flammable atmospheres, may heat spontaneously, may deplete the oxygen concentration, may corrode metal structures. Can liquefy if predominantly fine 75% less than 5 mm coal.

(二)IMDG(International Maritime Dangerous Goods) Code：依據 UN Model Regulation on the Transport of Dangerous Goods(依 GHS 準則)訂定，定義包裝、標示與配載要求，並提供緊急應變建議。IMDG Code 將貨物區分為九大類，分別為爆炸物(第 1 類)、氣體(第 2 類)、易燃液體(第 3 類)、易燃固體(第 4 類)、氧化性物質(第 5 類)、有毒物質(第 6 類)、輻射物質 (第 7 類)蝕性物質(第 8 類)及其他危險物質(第 9 類)。

緊急應變程序 Emergency Schedule(EmS)：針對船上貨櫃的失火情況，依海運化學品種類有 10 種緊急處理方式。貨櫃本身的物品外洩情形則有 26 種緊急應變處理方式，每個應變方式有針對特定危害分類，如風險或特定危害防護措施、甲板上外洩情形、規模或是在密閉空間發生的外洩，亦或針對特定危險貨物特別的說明及緊急狀況的建議。

(三)IBC(International Bulk Chemical) Code：危險有害液體物質，可能包含石化原料、溶劑、臘、潤滑油添加劑、及植物油動物油等。在第 17 章規範運送要求，其危害可以 GESAMP 評估。

GESAMP(Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environment Protection)

1. GESAMP 分為 A-Persistent in the Environment、B-Aquatic Toxicity、C-Acute

Mammalian Toxicity、D-Irritation Corrosion & Long term health effects、E-Interference effects。細分為生物累積性 bioaccumulation(A1)、生物降解性 biodegradation(A2)、水中生物急毒性 acute aquatic toxic(B1)、水中生物慢毒性 Chronic aquatic toxicity(B2)；此外，利用毒理學評估人體健康，並以老鼠進行實驗觀察，取得相關毒性資料數據包含 Oral toxicity LD50(C1)、Dermal Toxicity LD50(C2)、inhalation Toxicity LC50(C3)、skin irritation and corrosion(D1)、eye irritation and corrosion(D2)、long-term health effects(D3)；最後考慮干擾效應 interference effect，包含污染 tainting(E1)：例如貝類浸泡在石油中就有油味、Physical effects on the wildlife and benthic habitats(E2)、Interference with coastal amenities(E3)，如下表。

Columns A & B Aquatic environment					
Numerical Rating	A Bioaccumulation and Biodegradation		B Aquatic Toxicity		
	A 1 Bioaccumulation		A 2 Biodegradation	B 1 Acute Toxicity	B 2 Chronic Toxicity
	log Pow	BCF		LC/EC/IC ₅₀ (mg/l)	NOEC (mg/l)
0	<1 or > ca. 7	not measurable	R: readily biodegradable NR: not readily biodegradable	>1000	>1
1	≥1 - <2	≥1 - <10		>100 - ≤1000	>0.1 - ≤1
2	≥2 - <3	≥10 - <100		>10 - ≤100	>0.01 - ≤0.1
3	≥3 - <4	≥100 - <500		>1 - ≤10	>0.001 - ≤0.01
4	≥4 - <5	≥500 - <4000		>0.1 - ≤1	<0.001
5	≥5	≥4000		>0.01 - ≤0.1	
6				<0.01	

Columns C & D Human Health (Toxic Effects to Mammals)						
Numerical Rating	C Acute Mammalian Toxicity			D Irritation, Corrosion & Long term health effects		
	C 1 Oral Toxicity LD ₅₀ (mg/kg)	C 2 Dermal Toxicity LD ₅₀ (mg/kg)	C 3 Inhalation Toxicity LC ₅₀ (mg/l)	D 1 Skin irritation & corrosion	D 2 Eye irritation & corrosion	D 3 Long-term health effects
0	>2000	>2000	>20	not irritating	not irritating	C – Carcinogen M – Mutagenic
1	>200 -	>1000 -	<10 - <20	mildly irritating	mildly irritating	

Column E Interference with other uses of the sea			
E 1 Tainting	E 2 Physical effects on Wildlife & benthic habitats	Numerical rating	E 3 Interference with Coastal Amenities
NT: not tainting (tested) T: tainting test positive		Fp: Persistent Floater F: Floater S: Sinking Substances	0
	1		slightly objectionable <i>warning, no closure of amenity</i>
	2		moderately objectionable <i>possible closure of amenity</i>
	3		highly objectionable <i>closure of amenity</i>

主題八 海上 HNS 應變

一、對氣體運輸船的應變

首先鑑定氣體船的種類和貨物類別，進行危害評估後，再採取行動。

危害	爆炸、缺氧、船殼破裂、冷爆(Cold Explosion)、燃燒、毒性、腐蝕性、致癌(Vinyl Chloride)
風險評估	<ol style="list-style-type: none"> 1.釐清船舶類型 2.事故種類 3.立即/可能後果 4.導致狀況變糟的主要因素 5.中程危害
應變措施	<p>船舶</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.移動/拖帶船隻 2.滅火 3.降低火災風險 4.破壞船隻 5.示警其他接近船隻 6.不直接行動 <p>貨物</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.轉駁，減輕船舶重量 2.止漏(關斷閥門、堵塞洩漏點) 3.保護貨物(隔絕、降溫、加入惰氣) 4.固定貨物(錨碇貨櫃) 5.洩放貨物(空氣/水霧稀釋) 6.不直接行動(持續監控) <p>洩漏氣體</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.化學處理 2.限制進入危險區域

	3.疏散非應變人員 4.隔離非應變人員 5.不直接行動(持續監控)
--	---

二、對散裝船的應變

依據風險區分為，當不作為時須持續監控

No Intervention	Risk too high(Reactivity) No Risk
Intervention not possible	Remoteness HNS 行為(溶解度、蒸氣壓)
Intervention	Persisting Pollutant Contained Pollutant Known Risks Appropriate Equipment

依 SEBC Code 分類應變類型

SEBC 分類	危害	應變策略
E	毒性、可燃性、爆炸、 腐蝕氣體	水霧(保護、以水稀釋蒸氣) 泡沫限制蒸發(須確認泡沫與污染物相容性)
F	HNS 漂移污染	圍堵、回收、吸油棉、分散
D	污染物溶解造成 環境衝擊	稀釋、過濾污染水域(困難，除非在侷限水域) 長期監測污染物
S	污染物沉積造成 環境衝擊	回收(需注意貨物與水接觸可能產生有毒物質，水深時困難) 環境監測

三、對貨櫃船的應變

貨櫃船應變時須儘速取得貨物積載圖(Stowage Plan)與危險品報關資訊，鑑定危險品位置及可能危害。

應變程序分為四個步驟

- 1.搜尋(Search)：可能在海面或水下搜尋
- 2.接近(Approach)：接近貨櫃前注意是否洩漏、內容物為何、評估回收的方式與是否干預
- 3.標示(Marking)：以浮標(海面)或聲波發射器(水下)
- 4.中和(Neutralization)：回收(拖帶、網子)或沉沒貨櫃，沙灘上應變(穿著 PPE→偵測→取樣→再包裝 Overpaking→Reconditioning→Storage-Elimination)

肆、具體成效

海污事故涉及利害關係的單位很多，隨著時間演進，事故的複雜性及應變處理的困難度也會成正比的相對增加。無論是對現場應變人員或是週遭居民的生命安全及生態環境影響也都是一樣，往往還要考量經濟、政治、媒體及民眾觀感等層面因素，所以應變處置的正確性及時效性就相當重要，本次課程要著重在指揮人員能力之養成與知識之傳授，對未來本公司海洋污染緊急應變組織、人力配置、處理程序能有一定程度瞭解。

透過課程提升海洋污染緊急應變相關之專業知識，增進執掌業務之專業能力(海洋油污染防治計畫、海洋油污染緊急應變計畫彙編與協調與本公司海污訓練課程安排規劃等)。再廣泛蒐集研究污染應急相關之國際文書，針對本公司計畫不足處調整強化，並參考本次課程，將重要課程內容納入未來本公司海污訓練課程中。

伍、心得與建議

- 一、本次訓練課程提供應變單位人員汲取國外累積數十年應變經驗，並了解海污相關的國際公約及規定，不僅提升相關專業知識，更與國際接軌，在未來應變決策上有很大幫助。
- 二、海洋溢油事故會對於環境生態及經濟活動造成影響，透過 Cedre 中心參與及研究國際各重大污染事件之經驗與完整的訓練課程內容，如累積相關應變經驗所產出的洩漏應變通則，藉由過去經驗擬定更為完善的應變機制、應變計畫等，有效降低事故可能造成之風險，降低對生態環境之損害。
- 三、每一海上污染事件皆為獨立之個案，因此在應變上需有相當之經驗，藉由蒐集國際已發生過之事故報告學習，分析檢視本公司不足之處，降低海洋污染事故風險。另平常的演練也是非常重要的，人員方面包括人力配置及技術訓練；設備方面包括攔油索、汲油器、汲油泵浦、油分散劑及吸油棉等設備器材使用訓練。平常時多一分準備練習，需要時則可少一分延誤及疏漏。
- 四、除原有之北部(桃園煉油廠)與南部(大林煉油廠)應變基地外，增設中部及東部應變基地，為強化本公司區域聯防機制，定期辦理各作業區與應變基地支援演練，真正事故發生時才不會慌亂，落實應變迅即化。
- 五、持續每年辦理公司內部教育訓練，課程參考 IMO OPRC Level 1 編排，並納入海洋知識教育內容，各作業區逐年編列預算，參加海保署舉辦之國外訓練，提升專業應變能力、以利海污業務推展。
- 六、蒐集海污相關國際文書，適度納入本公司應變計畫內容，提升強化整體應變能力。
- 七、海洋污染應變決策主要以回收作為優先考量，但洋油污染若飄流至岸際時，其污染量將會膨脹 10 倍、處理所需之時間及耗費之人力與資源將難以估計，故但當環境條件或是污染物面積過大之前提下，並經過仔細評估可能危害程度(對於人類、生物及環境)後，經主管機關核可後，適度使用除油分散劑幫助污染物的清理作業。