

主題三、海上油污染應變策略：簡介應變策略、決策過程及淨環境效益分析、分散劑使用、圍堵與回收

(一) 前言

本日課程主要學習海上油污染應變策略 (OIL SPILL RESPONSE STRATEGIES AT SEA)，其中包括應變策略、決策過程及環境效益分析、分散劑使用、油污染應變操作 (圍堵與回收)、就地燃燒以及參觀 CEDRE 設施 (展示廳及參觀國家設備儲備庫)，以瞭解 CEDRE 如何協助法國政府處理海洋污染事件，經完整分析污染相關資訊後，擬定適合之應變操作策略，再輔以充足緊急應變器材庫進行一連串應變作業。

(二) 內容

1. 海上油污染應變策略

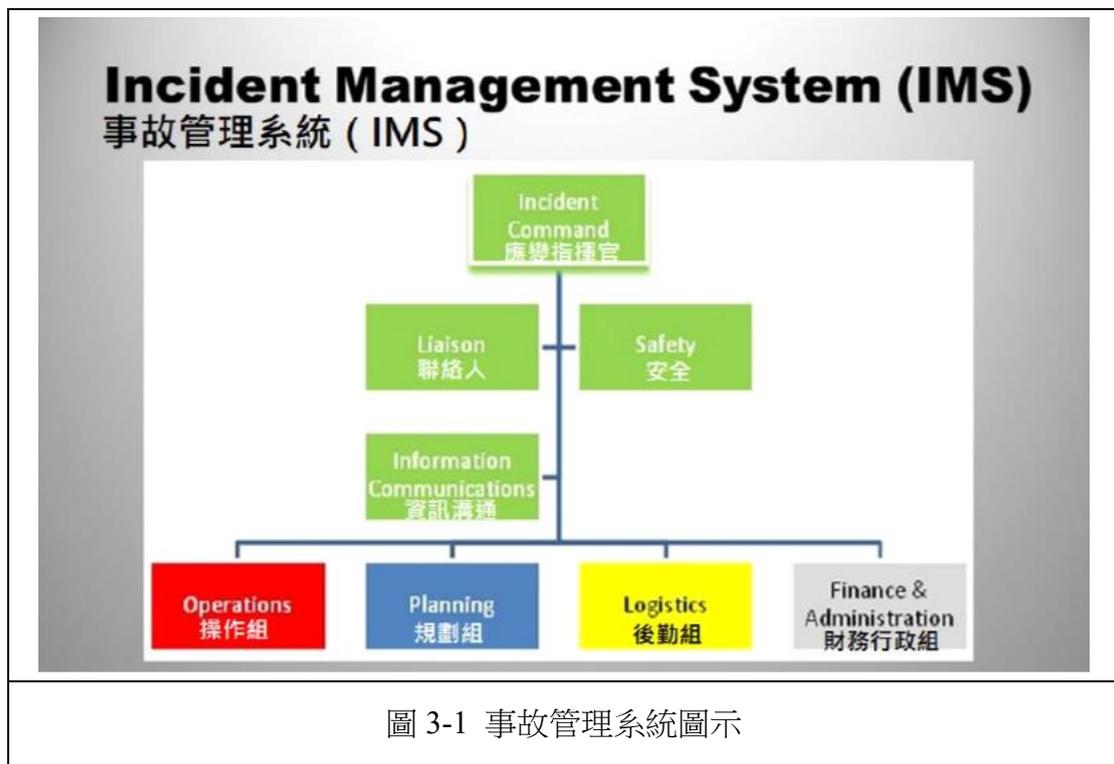
(1) 應變程序

油污外洩常見原因如機械故障、結構缺陷、導航誤差、火災/爆炸等，肇因大多是人為疏失，不同的原因、位置及時間會導致應變策略有所不同，大部分的油污外洩都會對海岸線造成衝擊，每個地方的生態敏感性不同，所以會有不一樣的後果與衝擊，有時需要國際合作與支援來處理及應變。一般來說，依不同的污染程度及區域可分四個層級：地方、區域、國家及國際性，將應變資源做有效利用，依上開不同層級，政府在處理油污染之警報及通報系統就相對重要，經由多次測試及訓練隨時更新，且通報的資訊格式一致化，以利正確訊息順利傳達。

(2) 緊急應變團隊依 IMS 原則成立及分組

- A. 應變指揮官 (Commander)：負責事件整體指揮管理、決定目標執行、管理溝通及訊息傳遞，並判定結束應變時機。
- B. 執行操作 (Operation)：直接管理各應變分組資源、管理各應變分組，並委派前進指揮官。

- C. 規劃(Planning): 維護應變資源狀態與應變情形解決環境問題、持續評估應變情形、統籌集中數據並記錄。
- D. 後勤(Logistics): 提供所需資源(設施、人力設備), 確保應變的生活需求(食物、住宿等), 確保並協調應變所需援助和要求。
- E. 財務行政(Finance/admin): 記錄所有支出、管理合約(承攬商、人員設備)、監督及授權付款支出和預算控制、實施索賠程序檢查 IOPC 基金的使用情形、與 P&I 之聯繫。

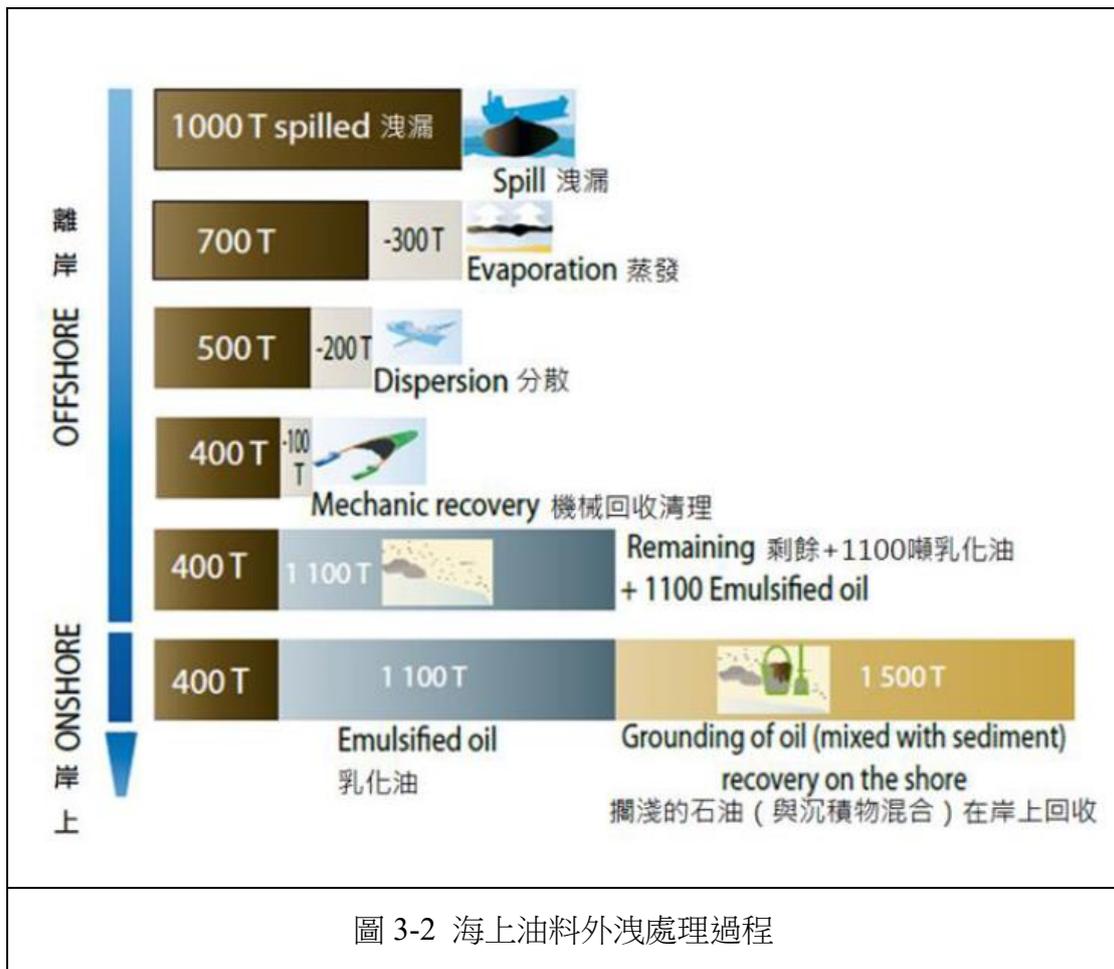


(3) 溝通

- A. 在溝通開始前, 先瞭解大眾(媒體)想要什麼。
- B. 單一發言人: 對內部組織成員任務進行之事前溝通、過濾媒體疑問及請求。
- C. 對外溝通關鍵: 事件的正確說明、有效應變的做法。
- D. 事先準備: 照片、資訊說明表、聯繫方式及相關新聞

緊急應變團隊在任何決策前，可藉由在陸上、海上及空中觀測方式瞭解污染現況，現況觀測人員最好藉由受過相關表格訓練，並使用格式化文件來收集定性及量化資料，利於決策。另外要注意相關現場人員健康及安全，瞭解物質安全資料並提供足量及相對之安全防護設備。

一般海上油料外洩處理過程，外洩量與處理過程中所產生或減失情形，可參考下圖：

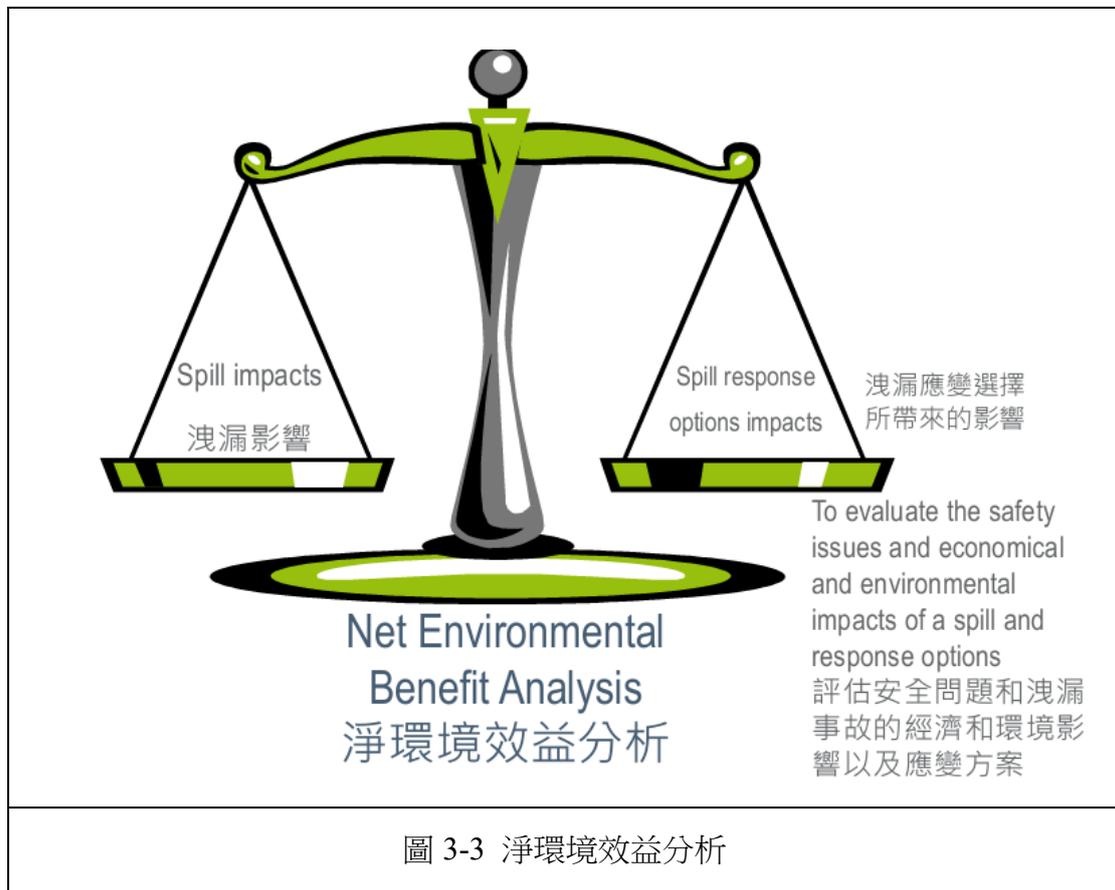


以 1,000 噸油污在離岸區域外洩為例，其中 300 噸揮發，總溢油量剩下 700 噸；透過使用分散劑可減少 200 噸，溢油量剩下 500 噸；再透過海上回收 100 噸，溢油量剩 400 噸。但隨著時間經過及天候等因素影響，油品產生乳化情形，油污量增加 1,100 噸，總溢油（含油污部分）大幅增加到 1,500 噸；倘未能妥善即

時處理，油污從海上飄散至岸際，則處理/清洗所產生的污染廢棄物，將大幅增加 1,500 噸，使總溢油量（含油污與污染廢棄物）為 3,000 噸，與原始 1,000 噸溢油相差甚大。因油污隨時間而變化，擬定海上油污應變處理策略，將影響岸際處理多寡難易，因此須有研判污染的團隊針對海洋污染即時進行評估。

2. 環境淨利分析

應變方式執行決策及模擬分析時，須針對環境進行最佳狀況之考量，評估最合適應變策略，即為環境淨利分析（Net Environment Benefit Analysis, NEBA），包括衡量油污的衝擊、油污的應變選擇、選項的衝擊，在選項間比較相關事物影響權重，權衡利弊得失後做出最佳決定。



3. 油分散劑

(1) 概述

使用分散劑之操作最主要須依據油品類型，與其風化速度、

程度來確定分散劑使用的效果，受污染區域與環境的生態因素亦是使用分散劑的考量之一。分散劑使用時，也同時須整體規劃包含後勤工作，如分散劑的庫存、人力操作、噴灑設備與運輸等。分散劑為界面活性劑，並有小部分輕質油與溶劑的液體混合物，其中極性部分為親水端，而非極性部分為親油端。

(2) 原理

- A. 自然漂浮狀態的油品，在沒有分散劑的情況下，漂浮在表面的油類自然消散，或形成油包水的乳化狀態，又稱為「反向乳化」。而添加了分散劑後，油品開始在水中形成細小的油滴，分散並減輕其乳化現象。
- B. 當乳化現象發生時，會形成類似油包水一般巧克力慕斯的形狀和色澤，經過添加及使用分散劑，使油水分散成細小油滴，以分散形式形成。在有效的分散劑使用案例中，講師分享分散劑在 CEDRE 實驗室水槽中的情況，以及由空中俯瞰分散後的油品所呈現的橙色翎狀。
- C. 使用分散劑最主要的原因，為將污染物從表面轉移到水體中，避免油污染衝擊海岸線；油污染物若漂浮在水面上並乳化，也會對水面上的鳥類及哺乳動物造成生態衝擊。除此以外，分散劑的使用也有利污染物的回收，也能降低火災等二次污染造成的危害，這些都是使用分散劑加速油品降解的常見優點。
- D. 在本次課堂當中，由 CEDRE 講師分享分散劑的使用，必須依其使用的時間、油品類型與當下風化程度來判斷分散劑使用的成效，進而決定是否需要使用。
- E. 依據油品黏度評估化學分散效果：
 - (A) 油品黏度在<500 cSt 時，化學分散效果是最佳的，普遍容易分解。
 - (B) 油品黏度在 500~5000 cSt 時，化學分散效果為一般可行。

(C) 油品黏度在 5000~10000 cSt 時，化學分散效果需進一步分析檢查。

(D) 油品黏度在>10000 cSt 時，化學分散效果是最差的，一般來說不可行，因此當油品黏度達於此標準，因較無成效而不建議執行。

(E) 油品黏度在>15000 cSt 時，又會因油品已經乳化的原因，使得分散劑的使用又有一定的成效。

(3) 決策制定

A. 獲得油品黏度資訊後，接著要確認油品的類型，如輕質原油、中度風化的原油，或是某些產地如委內瑞拉、波斯坎等原油，通常能進行 50% 的降解，因此在應變方式如無其他生態等因素考量，尚可使用分散劑。其他油品在輕質精煉油品 (Light refined products)，例如汽油、柴油、煤油等，雖能實施應變措施，但成效通常較為不彰。此外，另有石蠟基油及重質精煉油品 (如重油類)，則因傾點可能>初始或風化原油，因此不可以分散劑進行分散。

B. 分散劑的使用，也須評估環境限制等其他因素，同時比較其他清理油污之應變方式，但並非絕對。在環境限制因素下，分散劑的使用有助於分解油品，特別在低濃度的情況下，能夠進行生物降解，達到稀釋污染物質的效用。若油品污染處於高污染濃度時，則情況改變。高污染濃度的油品在使用分散劑後，會增加生物體與油品接觸，也會造成高濃度時的毒性。整體來說，需綜合考量未分散油品在水面上的相關風險，與使用分散劑後油品分散在水體中的相關風險，才能達到有效之淨環境效益分析，進而達到最大清理油污染、減少生物體衝擊的目的。

C. 關於海上油污染與近岸的距離遠近，也是判斷是否使用分散劑的因素之一，需綜合考量距離岸上最短的距離，以及最低使用

深度等，才能確保海洋體有足夠的稀釋潛力，同時也不會造成其他影響，以求達到最佳生物降解條件。

- (A) 離岸距離非常遙遠且人員前往困難的情況下，若是油品種類適合也能考慮使用分散劑。
 - (B) 需要分散的污染量達 10 公噸以上時，最低深度須達 5 公尺，並且距離岸上最短的距離應不超過 0.5 海里。
 - (C) 需要分散的污染量達 100 公噸以上時，最低深度須達 10 公尺，並且距離岸上最短的距離應不超過 1 海里。
 - (D) 需要分散的污染量達 1000 公噸以上時，最低深度須達 15 公尺，並且距離岸上最短的距離應不超過 2.5 海里。
- D. 對於分散劑的使用方式，可以禁止、限制使用或是須經許可的管制方式，個案考量污染源與所在海域位置、油品性質、是否具備良好的稀釋條件與避開生態敏感地區。

(4) 決策執行

- A. 為了使用分散劑，同時也須考量整體的污染防治規劃的後動工作（分散劑庫存、噴灑設備等），噴灑人員也必須注意其個人防護具的等級與規格，以達到噴灑使用分散劑人員的健康與安全等預防措施。
- B. 在準備相關噴灑使用分散劑人員上的個人防護具上，需考量以下幾點：
 - (A) 分散劑的安全說明書（SDS）
 - (B) 此分散劑是否會對對眼睛/黏膜有刺激性
 - (C) 相關工作人員應穿戴防水工作服、護目鏡、橡膠手套（面具）
 - (D) 在使用分散劑時，對應之油品是否有容易起火等特質

- C. 在設備與器材上則須注意以下事項：
- (A) 分散劑的溶劑作用 (Solvent effect)
 - (B) 檢查分散劑與噴灑系統兼容性及黏度 (Viscosity)
 - (C) 工作結束後對設備進行沖洗
- D. 在預防措施的準備劑量上，講師也分享了非乳化物質，乳化物質及特別黏稠物質的劑量比。
- (A) 預防措施 (劑量) 非乳化物質劑量率為 5%，則分散劑與油比率 (DOR) = 1 : 20。
 - (B) 乳化物質劑量率為 2-5%，則其分散劑與乳化比率 (DER) = 1 : 50。
 - (C) 特別黏稠的物質非乳化為 10% 的劑量率，是以兩階段處理，包括 DER-1.50 (打破乳化狀態)，然後為 DOR=1 : 20，以分散浮油。
- E. 除使用分散劑外，也需考量人為的催化與生成。在規劃上，可能需要加入動力的攪動，以使分散劑達成該有的作用。除人力運作外，在海上也可因為海況到達三級，達到分散的效果，然而海況作為攪動的穩定性或許不足，也需考量在分散劑的使用上。
- F. 關於分散劑的噴灑方式，目前已知可行且確有操作的是藉由船、直升機或飛機等，按處理面積計算的分散劑噴灑量 (升/公頃)。
- 分散劑數量：5%-50 (升/公頃) (0.1 公釐的薄膜)，也包含粒度的重要性為 400-700 微米。最常見使用分散劑的方式則是使用船舶。關於使用船舶噴灑分散劑，已知的優點例如：帶動分散 (藉由船舶動力帶動頭波)、處理分散的浮油，依據速度、噴灑設備等可以進行劑量率的調整，不因風力而造成浪費，並可以長時間不需補充等。而使用船舶噴灑分散劑量的缺點為緩慢

且普通的效率、容易受海況影響。

G. 在噴灑分散劑須注意以下事項：

- (A) 可行的方式為從浮油的邊緣到中等厚度區域，由邊界開始處理，通過平行接近的方式處理浮油，這也是覆蓋所有浮油唯一的方法，並考量是以上風處或下風處來處理（對於船舶來說上風處為較好的選擇），才能保證噴灑最佳條件。而空中噴灑另須考量噴灑設備的反應時間、以及需要開始或停止噴灑時因風向引起的漂移情況。噴灑過程中則須避免把浮油切開並切成碎片，否則很難將所有油污染進行清除，也會造成判斷上的困難。
- (B) 講師在上課的過程中也分享了實際噴灑分散劑量上的規劃與後勤作業，在空中噴灑需注重有適宜的跑道、機場、燃料、適當的供應分散劑的輸送方式及相關的倉儲，同時也需要海面的引導。由船舶進行噴灑分散劑，在後勤準備上，同樣也需要適當的噴灑設備、供應幫浦及過濾器、分散劑的倉儲，以及空中的引導指示。
- (C) 無論是海上或是由飛機進行噴灑，同樣都能在污染海域事先佈署及預做準備。例如引導飛機、引導船舶、浮標、信號燈、海岸線指引等。在相關的後勤工作，須確保油污染應變上有足夠的物資與庫存，從距離最近的當地庫存（港口、機場）：可以從第 1 天開始噴灑，以及後續由中央調度的分散劑庫存，能在 24 小時內將庫存運送到應變基地，也可以從其他預先準備好的庫存中先使用，或是後續由供應商及製造商等提供。

4. 圍堵與回收 (Containment & Recovery)

(1) 海上回收

對於海上持久性之污染物應優先以回收方式處理，並應隨時監控現地情況滾動式調整適宜措施及做法。海上回收措施在使用上，必須考量需有良好的天氣條件，才有辦法去執行，因執行人員之安全必須優先考量，而且海上回收仍有技術上之限制，無法完全回收污染物。此外，仍必須考量其他適宜措施，以因應當回收措施無法達到預期效果時之使用。通常採取海上回收之措施，易讓大眾明瞭政府之作為，故通常都能讓大眾留下良好的印象！

而為何要進行海上回收呢？主要是為了要降低海上污染物之影響程度，包含直接影響（如對生態環境及經濟之影響）及間接影響（如產生廢棄物之相關處理）。另外海上溢出物如在抵達海岸線前無適當處理，抵達海岸線後其體積將大幅增加，將導致須耗費更多人力物力處理，故條件允許下應優先執行海上回收。

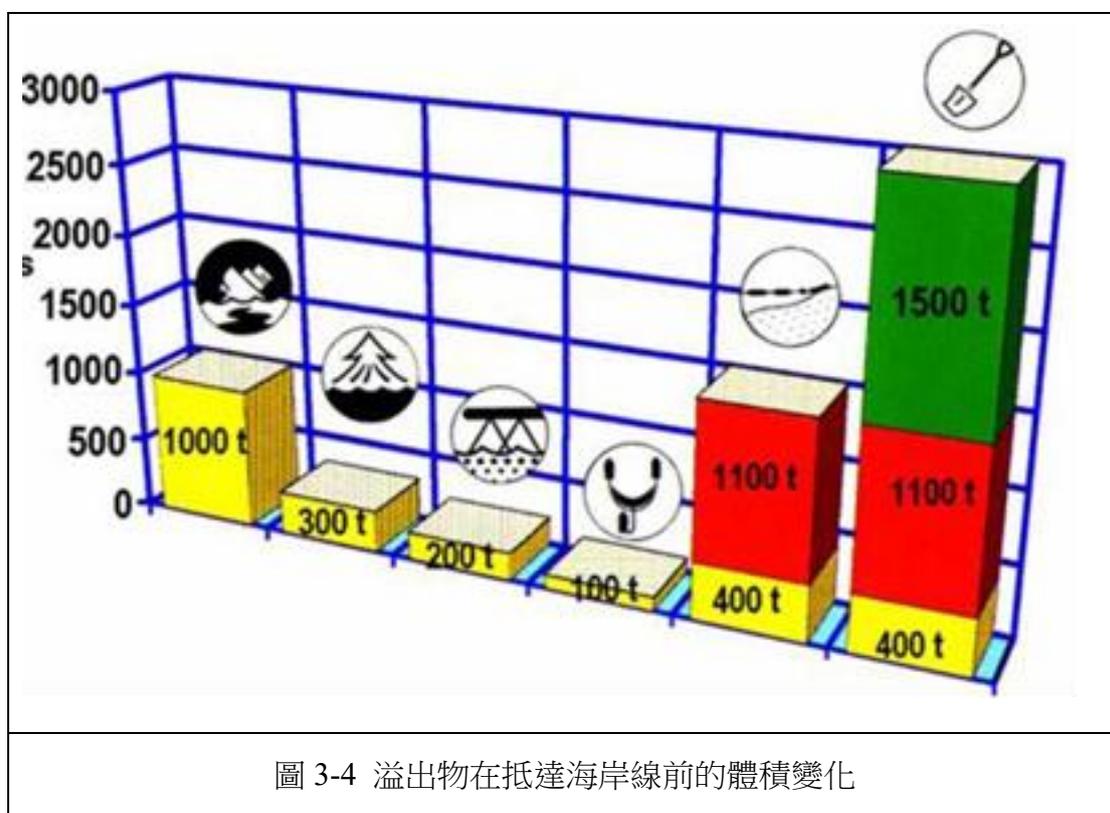


圖 3-4 溢出物在抵達海岸線前的體積變化



圖 3-5 海上回收作業鏈

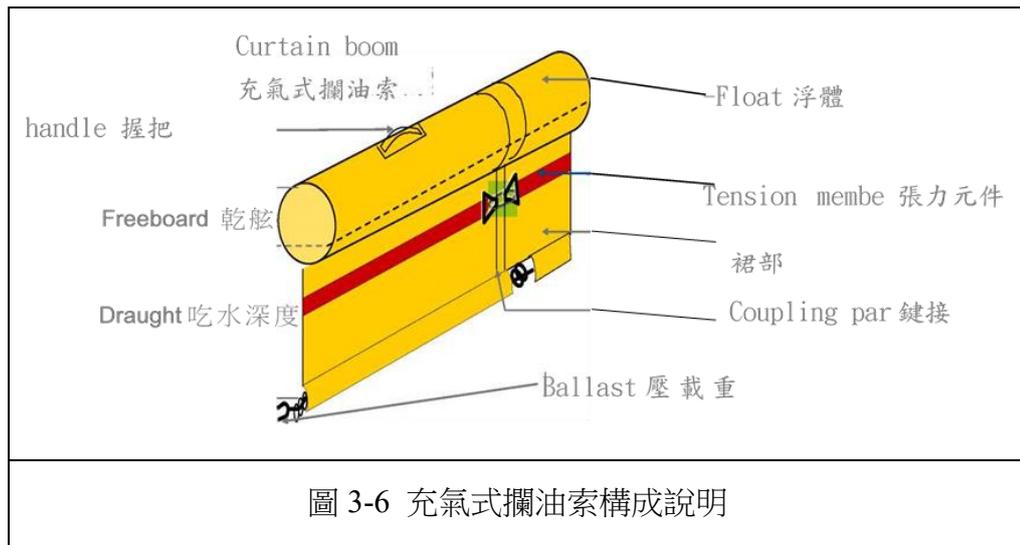
(2) 圍堵 (Containment)

A. 攔油索的構成及類型

(A) 充氣式攔油索

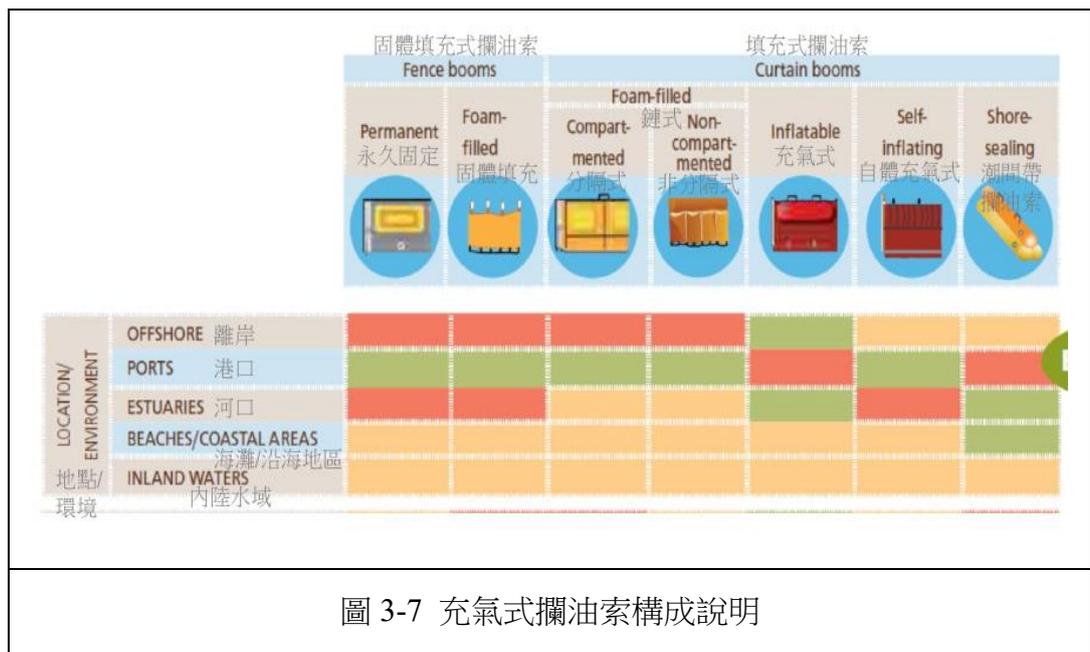
(B) 強化攔油索

(C) 固體填充式攔油索



B. 攔油索的尺寸分類

- (A) 保護區/港口 (Sheltered area / harbor)：小型/近岸 (Small/inshore)，高度小於 0.5 公尺。
- (B) 港口及保護區 (Harbor and sheltered area)：中型/沿海 (Medium / Coastal)，高度 0.5 至 1 公尺。
- (C) 外海 (High sea)：重型/海上 (Heavy/ offshore)，高度大於 1 公尺。



C. 攔油索功能

- (A) 保護海岸線：保護敏感區域（屏障）、避免溢油擴散及防止滯留的溢出物漏出。使用攔油索雖然可能會犧牲部分低敏感度區域，但這些區域通常會較容易恢復。
- (B) 使污染物較容易回收：可影響擴散方向使其偏離保護區或海岸線、增厚浮油層厚度可使其較容易回收、可以收集更多的污染物、可以從源頭阻止擴散。

D. 圍堵方式

- (A) 靜態 (Static)：利用風及海流方向進行佈設，可以從源頭上阻止擴散或漏出。





圖 3-9 利用攔油索保護海岸線 Deepwater Horizon (2010)

(B) 動態 (Dynamic)：利用攔油索增加溢出物之厚度，將有助於後續使用汲油器進行回收作業。



圖 3-10 利用船舶拉攔油索進行溢出物圍堵 (J型)



圖 3-11 利用船舶拉攔油索進行溢出物圍堵（U 型）

(C) 特殊的攔油索：防火攔油索，可使用於控制著火的浮油及進行就地溢出物之燃燒作業。

E. 圍堵的局限性：攔油索之使用仍需注意相關限制，例如波浪太高會濺水或浸水造成洩漏、攔油索坍塌造成洩漏及水流過快會有水流挾帶洩漏情形等。

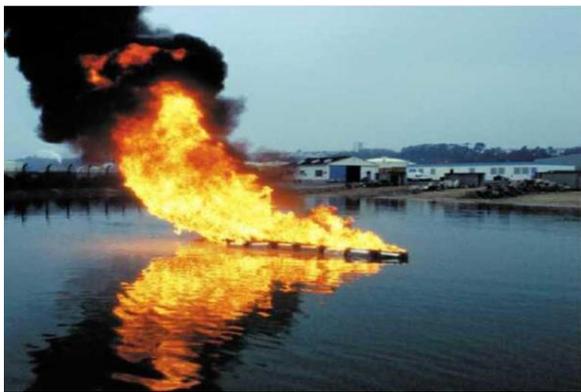


圖 3-12 用於控制著火的浮油及進行就地溢出物之燃燒作業

(3) 回收 (Recovery)

A. 汲油器功用

- (A) 從水表面收集油品
- (B) 使油品及廢棄物分離
- (C) 將污染物輸送到儲存槽

B. 汲油器種類

(A) 機械式汲油器：類型分為旋刮板臂直接抽取類型的汲油器、直接抽取-內陸型、堰式汲油器及帶式汲油器等 4 種。機械式汲油器通常回收量較大，但篩選力較低，需要較大儲存槽將油水分離後，再進行轉移油污回收處理。

- a. 直接抽取-內陸類型的汲油器優點為儲存/運輸在同一時間進行及能快速回收，缺點為需要使用重型引擎、篩選力低及需要轉移注入到儲存卡車。
- b. 堰式汲油器優點為高回收率（抽取量>20 立方公尺/小時）、可以用幫浦來優化篩選能力、適用於許多的油品，缺點為低篩選力(>40%水)、需要高容量的儲存罐並進行轉移，且易因大型廢棄物而受到影響，易受水的流動影響效能。
- c. 帶式汲油器優點為抽取能力相當強、可以應變黏稠的污染物，缺點為低篩選力(>40%水)、會受水的流動影響及易因大型廢棄物而受到影響。

(B) 親油性汲油器：類型分為鼓式、碟式、刷式等 3 種。優點為篩選力高、適用於廣泛的黏度範圍、不需要高容量的儲存槽，缺點抽取能力低、在低黏度的油中回收率較低、對乳化的污染物不起作用、需要維護之頻率較高。

C. 汲油器使用限制及選擇

汲油器之使用及選擇，需視不同環境、天候條件因地制宜，並依污染物種類及特性去選擇適宜類型之汲油器，如地點之環境條件（當地水深、潮汐、水流、風、洋流等）是否適宜汲油器之操作；污染物是否有爆炸性、毒性等安全性需納入考量；污染物密度、黏度及隨時間之狀態演變、污染物溢出特性（係屬持續溢出或一次性溢出）；污染物厚度將影響汲油器之篩選力及抽取力，考量需抽取污染物之體積，選擇適當抽取能力之汲油器，並有相對應之儲存設備等。汲油器使用限制、選擇種類及類型如下圖。

		Type de récupérateur										
		Mécanique						Oléophile				
		A seuil	A seuil autoajustable	A seuil avec vis de gavage	A seuil à plan incliné	A bandes de transport	Barrage récupérateur	A tambours	A disques	A cordes	A bandes oléophiles	A brosses
Environnement	Pleine mer	Red	Red	Red	Yellow	Red	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Green	Yellow
	Eaux abritées	Yellow	Red	Red	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
	Eaux calmes	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
	Fort courant >1 nœud (>0,5 m/s)	Red	Red	Yellow	Green	Red	Yellow	Red	Red	Yellow	Yellow	Yellow
	Eau peu profonde (<30 cm)	Green	Yellow	Red	Red	Green	Red	Yellow	Yellow	Green	Red	Yellow
	Macro déchets (y compris glace)	Red	Red	Green	Yellow	Green	Red	Yellow	Red	Green	Green	Green
Viscosité de l'hydrocarbure	Très visqueux	Red	Red	Yellow	Red	Green	Red	Yellow	Red	Red	Green	Green
	Moyennement visqueux	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
	Faiblement visqueux	Green	Green	Yellow	Green	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Red
Caractéristiques du récupérateur	Sélectivité	Red	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Yellow	Green	Green	Green	Yellow	Yellow
	Débit aspiré	Yellow	Red	Red	Green	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Red	Yellow	Yellow
	Facilité de mise en œuvre	Green	Green	Yellow	Green	Yellow	Red	Green	Green	Yellow	Green	Green

圖 3-13 汲油器使用限制及選擇種類

5. 參觀 CEDRE 設施：展示廳

(1) 海洋垃圾監測技術與分析

透由監測來瞭解海漂垃圾的來源及分布，將蒐集到的資訊分享歐盟相關國家，作為後續環保政策的研究與制訂。透過講解瞭解到海漂垃圾亦是歐盟國家頭痛問題，相較於國內臨海縣市亦是要積極解決的問題，如圖 3-14：



圖 3-14 Silvere Andre 先生講解海漂垃圾

(2) CEDRE 的海污設備

說明不同防污等級之防護衣、汲油器的構造及使用方式、各類攔油索的組成及使用時機等，各類裝備及設備如圖 3-15~21。

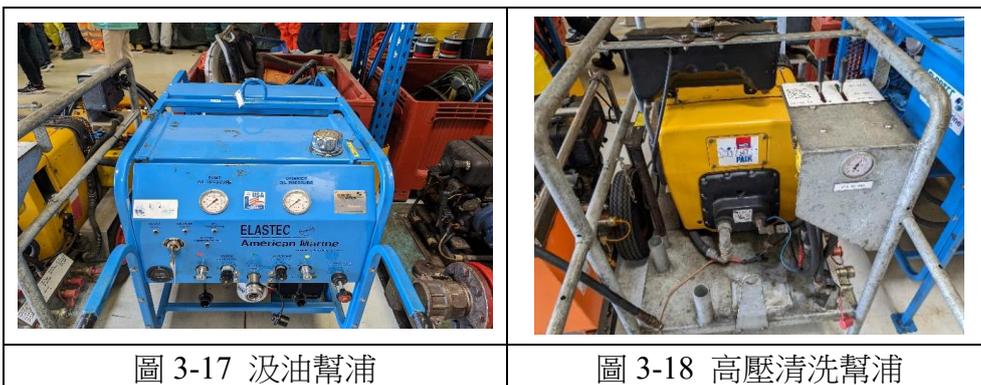
A. 各類防護衣如圖 3-15



B. 各類汲油器設備如圖 3-16



C. 各類幫浦如圖 3-17、18



D. 各類攔油索如圖 3-19



圖 3-19 講解各類攔油索及原理

E. 洗砂除油設備如圖 3-20、21

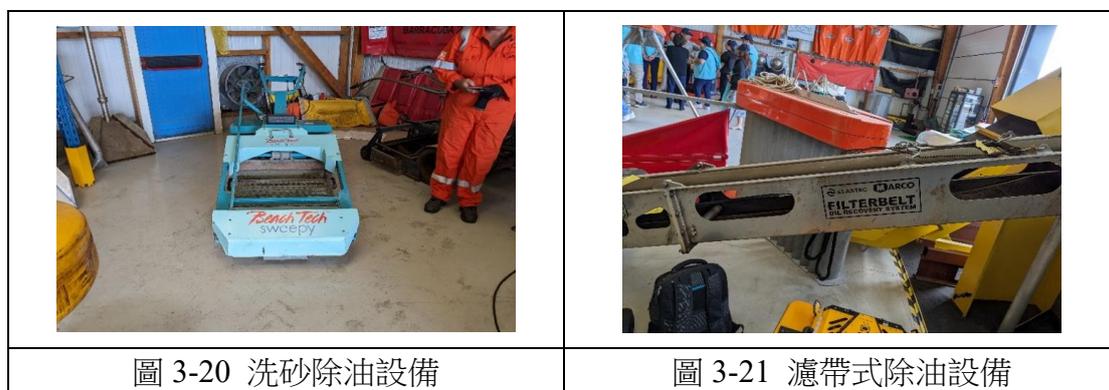


圖 3-20 洗砂除油設備

圖 3-21 濾帶式除油設備

6. 參觀法國 POLMAR 資材庫

由 POLMAR 資材庫 Gwenaëlle Floch 女士為我們講解國家儲備庫的各項海污儲備機具及設施。如圖 3-22 所示法國有 10 個海污應變器材庫，其中有 2 個最重要且最大的海污應變設備儲備中心，一處位於馬賽，另一處就是布雷斯斯特。

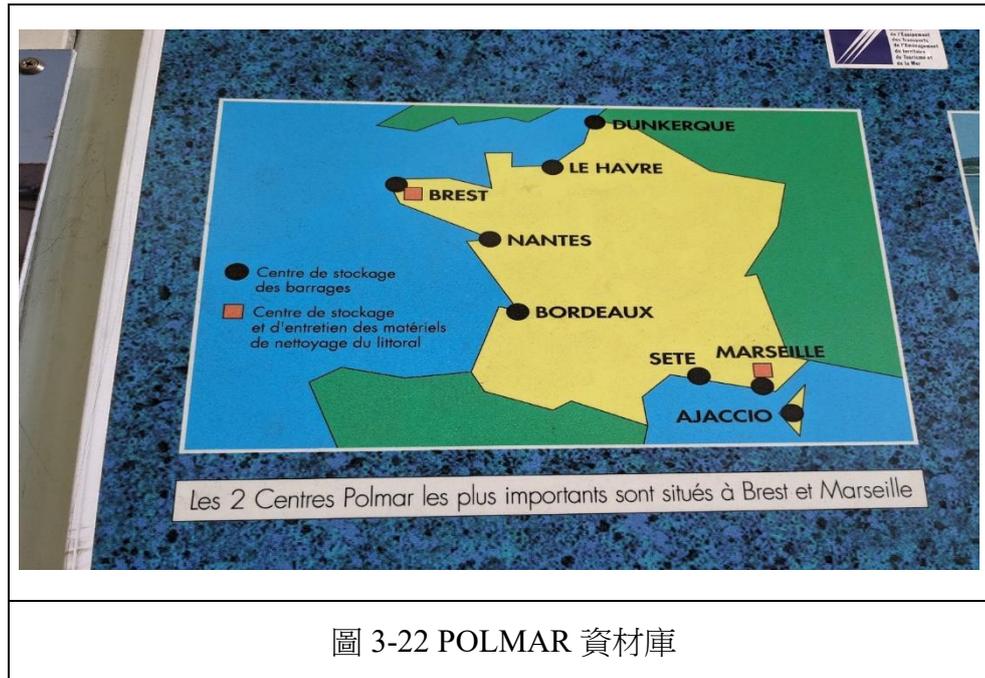


圖 3-22 POLMAR 資材庫

參訪位於布雷斯特的應變器材庫，由 Gwenaelle Floch 女士解說設備機具及種類如圖 3-23。



圖 3-23 倉庫及設備

儲備倉庫中設備如下：

- (1) 包括防護衣、面罩、手工具等個人防護器具，如圖 3-24
- (2) 鏟子、耙子及獨輪車等沙灘清油及載運設備，如圖 3-25~27
- (3) 發電機、高壓清洗機、抽水機、濾沙沖洗器等，如圖 3-28~31
- (4) 鏟挖機、堆高機、橡皮艇，如圖 3-32~34

- (5) 各類儲水箱，如圖 3-35
- (6) 洗砂儲油機、各類攔油索，如圖 3-36、37
- (7) 固定浮標、沉重水泥塊、攔油索和固定浮標運用模型，如圖 3-38~41。



圖 3-24 護衣、護目鏡、鞋等



圖 3-25 防護物資及獨輪車



圖 3-26 耙子



圖 3-27 耙子和鏟子



圖 3-28 發電機及載運設備



圖 3-29 高壓清洗機



圖 3-30 抽水機及附屬設備



圖 3-31 濾砂沖洗器



圖 3-32 鏟挖機



圖 3-33 堆高機



圖 3-34 橡皮艇



圖 3-35 儲水箱

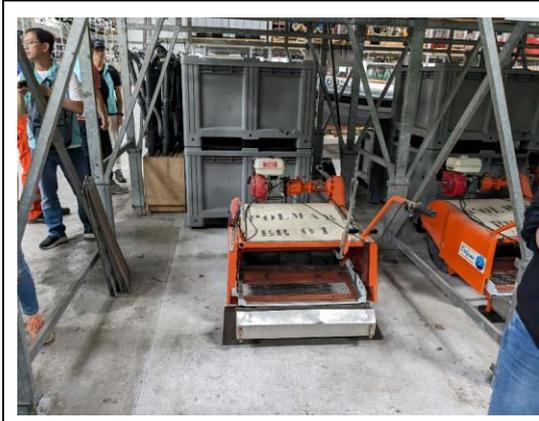


圖 3-36 洗砂除油機



圖 3-37 攔油索



圖 3-38 攔油索



圖 3-39 固定浮標



圖 3-40 水泥沉重塊



圖 3-41 攔油索和固定浮標運用模型

(三) 小結

沒有一種萬用的海洋污染應變處理作業，須蒐集案發當時污染物性質、海氣象條件、污染區域生態敏感環境以及所能運用的應變資材，統整相關資訊後，配合環境淨利分析，決定最有效果/效率之應處程序。

是否使用分散劑，須取決於油品本身是否能有效分散的特性，要看其黏性與其他性質，並且主要考量是否需要緊急處理避免生態污染，或是因生態敏感因素而不得使用分散劑。課堂中老師帶領學員分組，針對實際發生的案例進行個案桌面兵棋推演，其中也包含將案例中外洩的油污染是否需以分散劑使用作為應變處理方式，進行詳盡的演練。整體來說，須以油品物理及化學性質、應變時間、生態與環境敏感與其他因素，後勤操作準備作為分散劑使用的應變決策，配合生物降解作用以達到降低污染之目的。整體來說，須以油品物理及化學性質、應變時間、生態與環境敏感與其他因素，後勤操作準備作為分散劑使用的應變決策，配合生物降解作用以達到降低污染之目的。

藉由參觀 CEDRE 海污展示室及法國國家設備儲備庫，用以規劃中央及各地方政府應變資材、設備短中長期購置項目，慢慢備齊各項除污設備及能量。

主題四、海岸油污染應變策略：海岸線清理階段及技術

(一) 前言

從一開始的調查評估污染事件、清理策略的規劃、工作站設置與運作到應變技術的選擇，都攸關海岸線清理作業的成效，各部門單位應當拋開本位主義，以維護人民生命財產、降低對生態的衝擊為首要目標。平時應做好災前應變物資整備、人員設備訓練及各類資料庫建置等工作，才能於事件發生時，短時間做出最有效的海岸線清理應變，完成階段性任務。

(二) 內容

1. 海岸線清理階段

(1) 調查及評估被油污染的地點

A. 瞭解污染物質的特徵：

掌握油污染的種類與性質（黏性、沾黏度、持久性等）、油品在環境中呈現的型態（油團、焦油球等）、油品溢漏的體積與分佈情形，才能判斷污染事件的規模及影響層面。油品的種類及性質等，可透過所有人提供的資訊或現場採樣化驗取得；當確認油品的種類與性質後，就能依據其物質特性推斷出油品在環境中呈現的型態；溢漏分佈情形則需要蒐集相關氣象資料搭配油品性質及其在環境中呈現的型態，才能分析判讀。

B. 瞭解污染地點的特徵：

主要應該包含蒐集調查受污染海岸的基質（沙岸、礫岸）、暴露程度（風向、風速、潮汐及海浪大小等）、可接近的程度（交通狀況）、岸邊堆置廢棄物情形、海岸用途及季節性變化等。

(2) 初步清理

A. 快速清除大部分的油污：

主要目的是限制油污持續擴散及降低溢油被海洋再度移動的風險，以減少生態受到油污干擾的時間與範圍，降低油污對

生態環境的影響。

B. 不忽視環境的敏感性：

快速行動並不意味著是要倉促行動，係經思考與組織後的應變策略，貿然行動可能會適得其反。在快速完成清除大部分油污任務時，應防止對場址造成二次傷害（例如：植被、乾淨的基質等被破壞），以及油污被人為傳播至未受影響區域（例如：沾有油污的腳印踩踏或是使用會滴漏的容器等）。

(3) 最終清理

油污是不可能完全清除乾淨的，隨著殘餘油量逐漸減少，清理工程的效益也隨之減少，所以需判斷後期繼續清污的必要性，如殘餘油量透過促進生態系統的自然恢復力及自然風化作用等清除，會更有效益。然而在無法完全清除且考量繼續清污的效益成本下，應做好橫向及對外的溝通協調，取得各方的共識，避免產生誤解。最後要依據場址特性及復原狀況，來規範使用標準，允許及逐步放寬開放場址之活動及用途。

(4) 工作站支援：開始運作、監督、簽核

A. 建立工作站監察組：

成員應包含中央主管機關代表、地方民意代表、污染場址管理單位、油污事件關係人、清除處理單位、專家學者以及保險公司代表等。

B. 為每個站點擬定一份共同報告：

工作站開始運作後，針對污染狀況、敏感性和預防措施、清理目標（設立結束點標準）擬定報告，並定期召開會議檢視及檢討達成情形。

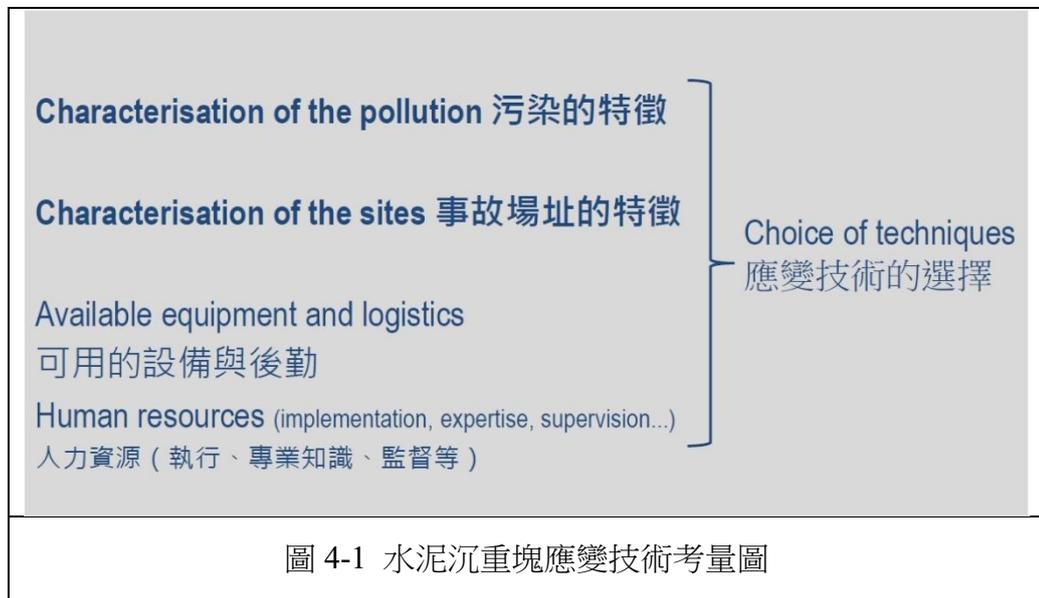
C. 就結束點達成共識：

建立停止清理作業所需的標準，透過工作站表單簽核紀錄

中，檢視清理作業是否已達前述標準。

2. 技術

(1) 應變技術的選擇，應考量以下情形



(2) 依據基質選擇應變技術：軟質沉積物（沙子、鵝卵石/圓石）

A. 幫浦抽取：主要針對漂浮在水邊的油污。



B. 機械式收集油污：

主要是運用運土設備，透過收集、清除沉澱物及刮除等模式，進行油污清理作業。此方法優點在於設備取得容易且處理成效高，但由於其低篩選力及油污掩埋行為，可能對環境影響會有較大風險，另外也需注意作業人員安全及訓練，避免發生工安事件，較適用於大型油污洩漏場址。

C. 人工收集油污：

清除油污運送以人鏈的方式進行，主要適合難以進入的地點，對於應變人員要有良好的組織與監督，才能展現出效率，並盡可能動員機械輔助支援，採人力搭配機具設備方式，會有較佳的效果。此種應變技術優點在於能適應地形環境的靈活度高、對於油污清除篩選力佳和對生態影響低；缺點就是看似簡單，但是件相當消耗人力的艱辛工作，需要平時對應變人員的培訓及精確組織，而且其成效通常比機械式收集技術低。



圖 4-3 人工收集圖

D. 篩沙：

此技術主要是運用篩沙機或人工方式進行，僅適用於受風化的黏著性污染物（油球/油團）入侵的均質沙灘，混合石頭/鵝卵石的異質沙灘、植被區沙灘及有較多殘餘廢棄物的沙灘都不適合採用。針對沙灘的基質，需要選擇適當的篩孔尺寸和型號，若沙灘屬於濕沙的情況下，要經測試過後再採用此技術。海灘的坡度及場址現存的殘餘廢棄物多寡都會影響其清理效率。另外，人工篩沙主要運用在小規模污染、收尾階段或者是敏感區域，透過簡易的人工處理就能達到目的，並減少對敏感區域的干擾。

E. 滾輪：

利用親油性的滾輪吸附油污後，再將其刮除收集，需注意不同型號適用的類型，主要適合在退潮時光滑且潮濕的沙灘，如果沙灘上有較多石頭、海藻或殘餘廢棄物的話，就不建議採用此技術，會大幅減少清理效果。



圖 4-4 滾輪圖

F. 海浪沖洗：

此技術較為少見，需要專業知識和行前測試，主要用於埋藏在沙灘下的油污或是混有沙子或鵝卵石的油污，而沉積在前灘中部的油污沉積物，則可以利用碎浪將沙油分離/分類，再使用攔截網捕捉分散的浮油。

G. 沖洗：

運用低壓軟管，適合較乾之沙灘，只能處理表面油污。

H. 耕作：

運用機械式翻攪，以增加通氧量，促進微生物降解作用。

I. 引流：

透過將油污染液體導引至收集池方式，將油污集中處理，並避免其四處溢散。

J. 水下攪拌：

適用於蓄積埋藏在水下死角的油污，利用文丘里效應，將消防水管插入沉積物中，使油污重新再移動，最後透過圍堵及回收作業，將油污清除。

K. 就地清洗：

遇到黏度高的油污，可以先以人工將附著在石頭上的厚油層刮除，再以熱水/高壓沖洗，並以地工織布回收油污。

(3) 依據基質選擇應變技術：岩石與基礎設施

A. 幫浦抽取

B. 人工收集

C. 沖洗：

去除厚層的油污，並需做好廢水回收工作。

D. 人工刮除

E. 高壓清洗：

需依據耐油性來調整水溫，另外需按照岩石的易碎度/硬度來調整水壓，必要時可以添加溶劑或分散劑來協助清理。在執行時，應將海岸線分區作業，掌握可靠的海水或淡水供應來源，預防油污濺射及滴漏情形發生，適當做好保護措施，清洗完的廢水應落實回收工作，而應變人員的安全與隔離防護也需要注意。特別需要留意的是，高敏感度環境要審慎使用此技術，避免損害原有生態（如：地衣或植被）或遺跡價值，造成不可逆的破壞。



圖 4-5 高壓清洗圖

(4) 依據基質選擇應變技術：沼澤與紅樹林

因沼澤與紅樹林環境特殊，通常是流體動力低（水流緩慢）、沉積作用多、植物的型態適合浸泡在水與泥中、生物多樣性高（擁有無脊椎動物、鳥類及魚類等），屬於高度敏感區域且自淨能力低的場址。在污染情形小時，清理對於環境的破壞可能更嚴重，此時不作為可能是較好的選項；若有執行清理作業之必要，應做好充分規劃與準備，保護為首要任務，設好清理通道（對生態影響最小）及做好污染管理，以下為幾個主要清理策略：

- A. 不進行清理
- B. 幫浦抽取
- C. 低壓沖洗
- D. 引流
- E. 人工收集
- F. 人工割除
- G. 灌木切割機
- H. 機械切割（非常少見）
- I. 圍堵：使用浮動的攔油索、吸油棉材料或是過濾性材料，將油污包圍，避免繼續溢散，並於範圍內將油污清理去除。

Technique selection criteria 技術選擇標準	Fluid pollutant 流體汙染物	Viscous pollutant 黏著性汙染物	Phase 1 階段1	Phase 2 階段2
Skimming/pumping 抽油/汲油	■			
Manual collection 人工收集油污	■	■		
Mechanical collection 機械收集油污	■			
Sand screening 篩沙	■	■		
Adhesive rollers 膠黏滾筒	■	■		
Surfwashing 海浪沖洗	■	■		
Flooding 水淹	■			
Flushing 沖洗	■	■		
Underwater agitation/Tilling 水下攪拌/翻攪		■		
Drainage 排水		■		
Pressure washing 高壓沖洗		■		
Scything/cutting 割除/切割	■	■		

基質 R = Rocky/quays 岩石狀/碼頭 S = Sediment (sand or pebbles) 沉積物 (沙子或鵝卵石) Sp = Sediment (pebbles only) 沉積物 (只有鵝卵石) Ss = Sediment (sand only) 沉積物 (只有沙子) V = Vegetation 植被
"Alternative technique" 其他技術: ■ NO CLEAN-UP 不清理
Support techniques 支援技術 ■ Effluent recovery 污水回收 ■ Capture with nets 網撈 ■ Search for buried oil 搜尋被埋住的油污 ⁰

圖 4-6 應變技術選擇標準彙整表

(三) 小結

海岸線緊急應變措施須依據事件情況及其變化，於基本原則上做適當的調整與應對，最重要的是確保應變措施不會產生與溢油本身一樣多(或更多)的危害及環境衝擊(如破壞沉積物、對地面和植被的損害、油污影響範圍擴散等)，並破除「某些技術會自然產生有害影響」的迷思，應依據實際狀況與執行方式來決定應變措施的適用性。

主題五、案例演練及討論案例研究： CSL Virginia-Ulysse 碰撞事故

(一) 前言

2018 年 10 月 7 日發生「Ulysse」滾裝船和「CSL Virginia」貨櫃船碰撞事故，一艘「Ulysse」的突尼西吉滾裝船撞到與一艘錨泊在貨櫃船停泊在科西嘉角以北約 28 公里公海的塞浦路斯籍集裝箱船「CSL Virginia」碰撞，導致「CSL Virginia」的燃油槽立刻開始洩漏到海中，燃油在海流的影響下漂移，並對法國沿岸地區的生態系統和經濟產生了嚴重影響。

事故發生後，法國迅速啟動了海洋緊急管理系統，成立了危機管理團隊和應變小組，採取了各種手段進行燃油回收。由於海況惡劣，回收工作變得困難，但仍有大量的燃油被成功回收。



(二) 內容

1. Offshore phase 離岸階段

- (1) 2018 年 10 月 7 日污染蔓延約 25 公里，形成 7 個獨立的浮油，估計約 520 立方公尺的重燃油溢出，緊急救援拖船 Abeille Flandre 與溢油應變船舶 Jason 抵達現場，並由法國地中海區 Prefect 啟動由法國、摩納哥和義大利共同簽署的海污相關 RAMOGEPOL 協議。
- (2) 在幾天不成功的拖船努力後，2018 年 10 月 11 日船舶因浪濤而分開。2018 年 10 月 12 日 Ulysse 得以駛往突尼斯港口。在清理剩餘油污期間，CSL Virginia 保持錨定，周圍圍起應變漏油的隔離圈，並於 10 月 24 日在一艘拖船的護送下啟程前往羅馬尼亞港口。
- (3) 2018 年 10 月 13 日油污漸漸變得非常零散（追蹤困難），逐漸漂向海岸。法國和義大利努力集中並再回收靠近海岸線的油污。
- (4) 2018 年 10 月 14 日（第 7 天）進行了空中監測和使用無人機來促進油污回收工作，漏油應變船舶回收了超過 1,000 立方米的水和油混合物，共有 34 艘船舶和 13 架飛機參與了這項工作。
- (5) 2018 年 10 月 15 日/16 日（第 8 天/第 9 天）天氣情況惡化，油污開始沿岸漂上岸邊。
- (6) 海上應變問題：
 - A. 惡劣的天氣阻礙了海上的回收工作。
 - B. 離岸和陸上當局之間的溝通困難。
 - C. 文件獲取延遲。
 - D. 減少海上剩餘石油量。
 - E. 僅有很少時間做好準備工作。

2. Onshore phase 陸上階段

- (1) 2018 年 10 月 16 日下午 4:25，法國 Var 省的行政長官啟動了陸上海洋污染應急計劃，以協調受影響海岸的清理工作並成立事故應變小組，同時當局請求 CEDRE 提供專業知識。
- (2) 2018 年 10 月 17 日所有油污的海灘在應變工作組織期間對公眾關閉：由消防人員進行海岸線評估和繪製地圖，從國家庫存中提供設備，技術團隊的組建 P&I 專家和當局制定行動計劃。
- (3) Var 省岸上階段長達 6 個月（總計 16,000 人/日的工作量），11 個市鎮共有 49 個受污染的海灘。
 - A. 第一階段（2018 年 10 月 22 日至 25 日）參與人數約 150 人，包括消防人員、國家民防機構、市鎮/省議會、來自森林火災市級民防委員會的志願者、保險公司及 ITOPF（國際油污應急基金）。
 - B. 第二階段（2018 年 10 月 27 日至 2019 年 5 月）：由保險公司聘請的私營公司 Le Floch Dépollution（LFD）接手清理工作，在 ITOPF 的監督下，由 Var 省行政長官負責，CEDRE 繼續提供法國當局所需的技術專業知識支持。
- (4) 陸上應變面對社會經濟挑戰，污染影響著名的旅遊區域。法國里維埃拉（St Tropez，Ste Maxime...），在處理期間具有非常大的壓力，包含地方政府、媒體、環境部長立即到場、非政府組織/平民等。
- (5) CEDRE 在海岸線修復中扮演獨立技術專家和顧問的角色，透過與省的合作，協調中央及地方單位、清潔公司和事故船舶的保險公司代表。

3. CEDRE 進行的行動

- (1) 緊急階段，與第一線應急人員（SDIS）進行勘查，然後對整個海岸進行訪問，編制約六十份詳細且圖文並茂的報告，並提供技術

建議。

- (2) 清理期間的技術註解/預防措施，依據不同類型的海岸線，使用不同的技術，進行選擇性收集重油污染。
- (3) 為當局制定監測工具，每週依據岸線評估和工地進展，更新污染演變的綜合地圖、準備工地摘要（人力、收集的廢物等）。
- (4) 對 HFO 特性的化學分析。
- (5) 支援應急現場，包含開放、監測、關閉程序，並澄清工作的目標、限制和停止的標準、尋求共識及撰寫報告。

4. 結果

CSL Virginia-Ulysse 碰撞事故動員了非常大量的資源，在進行清理工作時，採取了環境預防措施，已達到對景觀美化、經濟和旅遊活動的等各種條件，對環境影響非常有限，截至 2019 年 4 月底，在 Var 省：

- (1) 清除了 1,327 個大袋垃圾、進行了 472 次直升機運輸（運輸垃圾和清理設備）。
- (2) 平均每天有 132 名工作人員（工作 129 天/ 135,000 小時）。
- (3) 沿岸線長達 38 公里（輕度、中度至高度污染）。
- (4) 總廢物量為 576 立方米。

（三）小結

這次海洋污染事件對法國沿岸地區造成了嚴重的影響，但也展示法國應對這種重大環境災難的能力。整個應對過程需要跨機構、跨國界的合作和協調，透過海上和岸上的努力，動員了大量的人力和物力，在對環境及經濟的平衡下，有效將燃油回收和清理，減少了對生態系統和人類活動的影響，能如此成功仰賴平常海洋資源調查、防污資材的整備、科學專業分析及公私部門間通力合作等。

當發生海洋污染時，往往政府會受到各界的壓力，會被要求必須完全清

除並回復原狀，但往往會忽略，自然界有其恢復能力及承受度（如生物降解或光氧化），清除目標應是把污染的影響降到最低，若一味追求完全清除，有時清除所造成的傷害可能對污染對環境傷害更大。

CEDRE 在這次事件中發揮了重要作用。作為一個專業機構，他們提供了專業知識和技術建議，協助指導清理工作的進展。他們使用了離岸燃油漂移預測模型，以提供清理工作的指導和預測燃油可能抵達岸邊的情況。此外，他們還對燃油的型態進行了研究和分析，爰建議我國可設立類似專業機構或研究單位，平日可以進行海洋污染分析及調查，發生污染事件時又可提供公家單位專業建議。

主題六、責任和賠償制度

(一) 前言

地球是我們共同的家園，為確保永續發展與生態繁榮，海洋和海岸線的維護是無國界的責任。因此，為因應國際海上運輸行業所產生的污染，IMO 與各會員國和利益關係人合作，制定一系列旨在防止海洋污染並確保海洋環境的可持續發展的國際公約和法規。

本主題提供有關意外洩漏污染與預防之相關國際公約和法規之框架資訊，作為瞭解國際公約法規之初探。

(二) 內容

關於意外洩漏預防及應變的國際公約和法規制定起源，係因對於 1978 年 3 月 16 日阿莫科卡迪茲號沉沒，導致 227,000 噸原油洩漏事件之檢討(如圖 6-1)，大約可分類為以下：



1. 聯合國海洋法公約

於 1982 年 12 月 10 日在牙買加的蒙特哥貝開放簽署，1994 年 11 月 16 日生效。一般規定包括各國保護和保全海洋環境，並採取措施，防止、減少和控制對海洋環境的污染，且這些措施應涉及所有類型的污染及防止船舶事故及緊急情況處理之義務。

2. IMO 下之相關公約與規範

IMO 轄下定有一系列旨在防止海洋污染並確保海洋環境的可持續發展的國際公約和法規，依其宗旨與目的分類如下：

(1) 有關確保安全之公約與規範

A. 海上人命安全國際公約 (International Convention for the Safety of Life at Sea, SOLAS)：

規定船舶建造、設備和操作符合安全性之最低標準，還包括環境方面之要求。

B. 海上避碰規則國際公約 (Convention on the International Regulations for Preventing Collisions at Sea, COLREG)：

共包括 38 條規則，包括針對分道航行制、船舶行為、燈號與速度...等之規定。

C. 航海人員訓練發證及航行當值標準國際公約 (International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers, STCW)：

針對 300 至 500 總噸位以上於近岸與遠洋國際航行的商船船員相關訓練、發證、資格及設置相關標準來規範。

(2) 有關操作和意外導致之污染防治-防止船舶污染國際公約 (International Convention for the Prevention of Pollution from Ships, MARPOL)

該公約於 1973 年經 IMO 採納，並於 1983 年生效。MARPOL 為國

際海運行業提供了全球性的法規，旨在減少船舶和海洋設施對海洋環境造成的污染。該公約規定了一系列措施，包括船舶廢棄物的處理和管理、油污染預防和控制、空氣污染防治等。

(3) 有關意外污染之對抗

A. 國際干預公海油污事故公約（INTERVENTION 1969）：

此為有關國際上針對公海油污事故干預之公約，規範沿海國有權在公海上採取措施，不論船舶船旗國籍為何，但僅限於在嚴重和緊迫的污染風險，且可能會產生非常重大後果之情形。並明訂除非情況緊急需要採取立即行動，否則沿海國必須先諮詢其他有關國家，特別是船旗國，且應告知其所設想的應變措施。

B. 國際油污防備、反應和合作公約（International Convention on Oil Pollution Preparedness, Response and Co-operation, OPRC）：

此為國際間應變海洋污染重大事件之框架約定，建立了締約方在本國或與其他國家合作制定處理污染事件的措施。

C. 危險與有毒物質意外事件之準備以及應變及合作議定書（Protocol on Preparedness, Response and Co-operation to pollution Incidents by Hazardous and Noxious Substances, OPRC-HNS protocol）：

於 1995 年 5 月 13 日生效。旨在建立準備和應變系統，並為重大海洋污染事件提供國際合作之框架。締約方必須在國內或與其他國家合作制定處理污染事件的措施。船舶必須配備船上污染應急預案，專門處理涉及危險和有毒物質的事件。危險和有毒物質被定義為除石油以外，於海洋環境可能會對人類健康或生物資源產生危害之物質。

(4) 有關賠償之機制

目前國際上就污染相關之賠償公約包括國際油污損害民事責任公約（International Convention on Civil Liability for Oil Pollution Damage, CLC）、設立國際油污損害賠償基金國際公約（International Convention on the Establishment of an International Fund for Compensation for Oil Pollution Damage, FUND）、國際燃油污染損害民事責任公約（International Convention on Civil Liability for Bunker Oil Pollution Damage, BUNKER）與國際海上運輸有毒有害物質損害責任和賠償公約（International Convention on Liability and Compensation for Damage in Connection with the Carriage of Hazardous and Noxious Substances by Sea, HNS Conventions）。這些賠償機制對於定義和程序各有異同之處，茲分述如下：

A. 賠償之前提條件與評估標準：

賠償之前提條件為意外事故導致之油污損害。賠償之範圍包括損害與防護措施，其中要構成損害是對海岸線、領海與專屬經濟區之損害，且必須符合以下要件，必須是合理且符合比例之支出，並排除非物質及生態的損害，除非此生態損害有國內法作依據衡量：

- (A) 持久性之油污染。
- (B) 財產之損失。
- (C) 直接與間接經濟損失。
- (D) 環境復育。
- (E) 清理作業之花費。

B. 賠償適用之公約：

當損害符合上述前提條件與評估標準後，則依兩種情況來分類

適用不同公約補償機制：

(A) 由貨物 (cargo) 造成之油污染：

此類別先適用國際油污損害民事責任公約 1969/1992(年)，由船東負無過失客觀之有限責任，即強制責任險概念之(船東責任保險 P&I)，賠償上限為九千萬特別提款權。另如果求償方為會員，則尚可適用 1992 年國際油污損害賠償基金國際公約與 2003 年國際油污損害賠償基金國際公約，分別提供高達 2 億 3 百萬特別提款權與 7 億 5 千萬特別提款權之賠償上限。

(B) 由燃油 (bunker) 造成之油污染：

此情況下適用 2001 年燃油民事責任公約，此補償機制設計為船東責任，不能使用基金且無須先行執行司法行動之要求，提供上限為七千萬特別提款權的賠償上限。

(C) 非油污所致損害：

如意外事件所致之非油污污染且符合有害物質之定義，則可適用國際海上運輸有毒有害物質損害責任和賠償公約賠償機制，惟此公約尚未生效。此公約針對船東的客觀責任提供一億特別提款權之賠償上限，其中特定基金更可提供兩億五千萬之特別提款權。

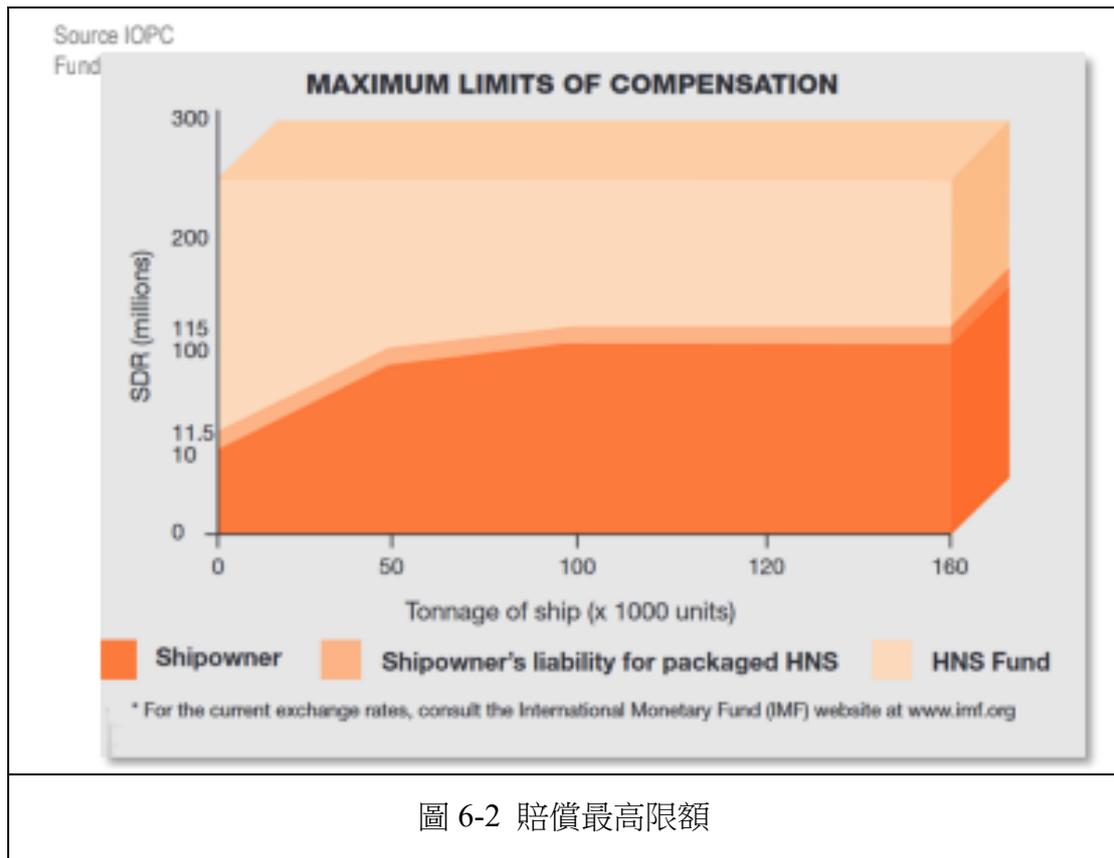


圖 6-2 賠償最高限額

(三) 小結

海洋環境保護和海洋污染防治是全球性的挑戰，需要各國和國際組織的合作和努力。國際海事組織（IMO）制定了相關國際公約和法規，主要目的即是致力於確保海上運輸行業的責任和賠償制度，以及預防和應變意外洩漏污染事件。

《聯合國海洋法公約》是一項重要的國際法規，旨在保護和保全海洋環境，要求各國採取措施防止、減少和控制對海洋環境的污染，並確保船隻事故和緊急情況的應變義務。

另外，IMO 制定了一系列的公約和規範，以確保海洋污染的防治和可持續發展。這些公約和規範包括《海上人命安全國際公約》、《海上避碰規則國際公約》和《航海人員訓練發證及航行當值標準國際公約》等，旨在確保船舶建造、操作和航行遵守安全性和環境方面的要求。

《防止船舶污染國際公約》（MARPOL 公約）是國際海運行業的重要法規，

旨在減少船舶和海洋設施對海洋環境的污染。該公約規定了船舶廢棄物的處理和管理、油污染預防和控制、空氣污染防治等措施，對於保護海洋環境至關重要。

在意外污染對抗方面，國際公約和規範也有相應的制度。例如，《國際干預公海油污事故公約》和《國際油污防備、反應和合作公約》建立了干預和合作機制，以應對重大的海洋污染事件。此外，還有《危險與有毒物質意外事件之準備以及應變及合作議定書》，針對涉及危險和有毒物質的事件提供了國際合作的框架。

有關賠償的機制，主要是針對意外事故導致的油污染所造成的損害。根據不同的情況，適用的賠償公約有所不同，如《國際油污損害民事責任公約》、《油污損害國際賠償基金公約》、《燃油民事責任公約》和《國際海上運輸有毒有害物質損害責任和賠償公約》等。這些公約為受害方提供了一定的賠償保障，以應對意外事故造成的損失。

主題七、HNS 應變措施介紹：應變的挑戰、HNS 運輸：統計分析及事故學化學應變處理小組

(一) 前言

各國科技業及工業發展均需仰賴各式各樣的化學品，並由貨輪載運至目的港口國，運輸期間可能除船舶本身安全事項外，尚有氣候、海象、地形、地物、化學品安全管控、化學品反應等問題，其中化學品安全管控、化學品反應等項目需派員定時及不定時長期監測，如發生危難救助案件時，往往針對當地海域發生不可預測的事件，對於當地環境衝擊，均需長期並擬定相關計畫復育生態。

化學品事故等同危險與有害物質洩漏，也需考量產品的確切性質、事故發生的地點和環境條件，而化學產品種類多且複雜，不同化學可能伴隨連鎖反應，常難以完成風險評估，故於發生事故時，有必要立即成立應變中心。

應變中心組成設置指揮官、對外新聞、調度人員、操作、資訊、後勤、財務等工作小組，分別針對決策、新聞輿情反應、資材調度、現場船舶與資材運用、載運物品或化學品危險評估、政府機關相互協調與後勤整備及向船東提出賠償責任，並透過貨物污染、燃油污染等國際公約向船東提出詳盡和細緻的書面索賠，並請船東應負起責任，恢復原有海岸及海域生態。

(二) 內容

1. 化學品事故應變的挑戰

化學品海上事故與陸上事故相比，較難快速有效的應變，在陸上事故能夠快速取得工廠對產品的資訊，且應變訓練頻繁，事故禁區定義明確，在陸上化學品應變上較為容易；海上事故因難以進入災害現場，且海上應變人力有限，風險評估受海氣象變動的影響，需不斷依現況變更應變措施等，例如：拖引事故船的危害、廣泛的產品及情境、環境的困難，綜合上述可能性，如經評估該化學品洩漏不會對人員、環境或洩漏產生即刻的危險且難以應變時，可以選擇不採取任何措施，但應該持續監控並尋覓適合的措施將貨物安全的取出。

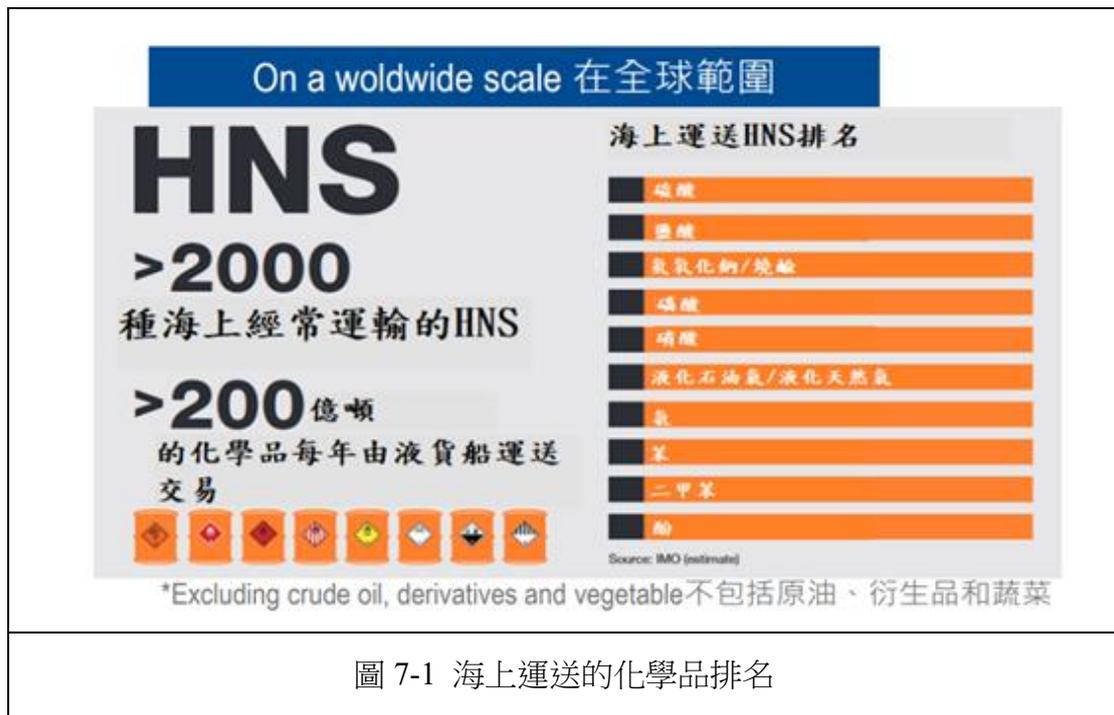
化學品種類繁多，從液體散裝、液化氣或固體散裝等貨物，而化學品通常具有危害性，如：易燃性、毒性等，如不慎洩漏，可能會產生一連串的化學反應，而且化學品具有五種狀態變化（氣體 G，蒸發 E，漂浮 F，溶解 D，沉澱 S），所以化學品發生洩漏會因複雜性而難以處理，同時需考量船舶上所有化學品的特性，才能找到合適的處理方式。

因此，人員訓練與保持冷靜做出正確的決策對於應變相當重要，應變措施需隨著各種情況調整內容。

2. HNS 運輸：統計分析及事故學

(1) HNS 分析

- A. 大約有 2,000 種海上經常運輸的化學品通過海運，並只有約幾百化學品是散裝運輸，並大約有 200 億噸的化學品每年由液貨船運送。



- B. 有害有毒物品的海上運輸連續 20 年增加，涉及重大污染事故的風險，其潛在危害性比石油更嚴重。而化學品可能涉及長期環境影響，如洩漏對公共安全的風險可能更加嚴重；而隨著海

上運輸化學品的增加，涉及的化學品船的事故也隨之增加；此外由於化學品溢出，特別是當氣體或揮發性物質釋放時，蒸氣雲所產生的物質可能有毒、易燃或易爆，因此有必要保護船員、附近的人員以及環境和涉及海洋污染的利益相關者。

C. 事故分析需依據多訊來源，需依據多種資訊來源，並仰賴案件具體內容、專業知識、污染類型實施交叉比對數據，以擴充資料庫，應變不可預期事件。

(A) 在發生事故時：涉及的結構、情況、產品、地理區域的信息。

(B) 在普通狀況下：瞭解設備、服務提供者、業務機構、專家、國際機構、研究中心、國際規範及協定。

D. 往往發生 HNS 事故，以評估環境危害程度最高的化學品為優先主要處理(如苯乙烯對有機生物危害最高)，其他類型危害，經評估後採釋放不處理為原則，Ievoli Sun 事件案例說明如下：

Type of ship 船舶類型	Tanker (115 meters long, 6.3 meters draught) 液貨船 (長 115 公尺、吃水深度 6.3 公尺)
Nature of accident 事故性質	Leak at the bottom of the ship 船底部洩漏
Localisation 位置	Offshore (45 nautical miles from the shore) 海上 (距岸邊 45 海里) 70 meters deep 70公尺深
Nature/quantity of the chemicals transported 運輸之化學品的性質/數量	4,000 tons styrene 苯乙烯 4,000 噸 1'000 tons methylethylcetone 丁酮 (MEK) 1,000 噸 1'000 ton isopropylic alcohol 異丙醇 1,000 噸
Quantity spilled 洩漏數量	Totality 全部
Strategy of the emergency response 緊急應變策略	Recovery of styrene, controlled release of the other chemicals 苯乙烯回收、有控制地釋放其他化學品
Comment 評論	Ship has sunk during towing (9 nautical miles from shore) 船隻於拖曳時沈沒 (距岸邊 9 海里)


 Challenges of the response on chemical incidents

圖 7-2 Ievoli Sun 事件

(A) 背景說明：

2000 年 10 月 30 日 Ievoli Sun 化學品船事故發生在靠

近奧爾德尼海峽島之英吉利海峽，該船裝載了有害及有毒的物質，如乙炔基苯(苯乙烯)、異丙醇酒精溶劑和丁酮(甲基乙酮)，從英國福利港前往巴塞羅那港的途中發生事故並沉沒。事故不是由於船員的疏忽造成的，而是因為惡劣天氣條件導致。油輪的船頭(船首)首當其衝受到惡劣天氣的影響，導致海水湧入船舶並對其在水面上的穩定性施加壓力。幸運的是，機組人員的警覺性和由此產生的海上救援協調中心(MRCC)的遇險呼叫，有助於法國海軍直升機及時疏散機組人員。



(B) 回應處理：

該船沉沒在法國、英國和海峽群島領土交界處的國際水域。在 **Manche** 計劃的框架內，英國當局派遣海事和海岸管理局(MCA)代表前往瑟堡，海事長官在那裡啟動了POLMAR 指揮中心。10月31日海峽部門省長實施了POLMAR 土地計劃，並在聖洛州設立了POLMAR 指揮中心。

11月1日法國西部防區作為POLMAR-TERRE(陸地)計劃的協調者，在其位於雷恩的指揮中心設立了一個應

急中心，該中心仍在處理 1999 年埃裡卡油輪斷裂漏油事故污染問題。

在海洋總局的帶領下，與國家專家和船東顧問就減輕沉船風險的技術解決方案進行了深入討論。在英國和法國當局的同意下，船東及其保賠協會於 2001 年 4 月 10 日與 Smit Tak Co. 簽訂合同，對 Ievoli Sun 船的貨物實施應變行動：控制釋放 MEK、IPA 和柴油，然後從船中抽出苯乙烯和重質燃料油。沉船處理作業於 2001 年 5 月 31 日完成。

在這次事件中，國際合作非常迅速和有效。Manche 計劃是與英國一起啟動，英國密切參與了行動的各個階段。Neuwerk 是一艘德國特種船舶，是通過波恩協定動員的。在整個事件期間，與歐洲聯盟委員會一直在交流資訊。在義大利政府的倡議下，作為歐洲工作隊的一部分，有 7 名專家前來協助法國同行。

在埃裡卡油輪斷裂漏油事故發生一年後，Ievoli Sun 洩漏事件提醒我們，油輪的意外污染並不是威脅我們海岸的唯一危險。就海洋污染領域的人類安全而言，化學品船可能是一個更大的威脅，因為它們運輸的化學品，當然也是它們的船用燃料。

此外，這次事故再次向我們證明了我們在這一領域的知識局限性，無論是在化學品與海水接觸或被困在沉船水箱中時的行為，它們對海洋動植物的潛在影響。這些化學品因其在水中的不可溶解性而被認為極其危險，這進一步加劇了化學品意外事故後對海洋生態的威脅。

(2) HNS 事故統計

A. 從 1947 年到 2012 年，全球已發現 101 起導致化學污染的事故。

對這此事故的分析表明，化學品船和化學品貨輪是最常發生海上化學洩漏事故的船舶，大部分化學污染是由於船舶碰撞、擱淺或船上爆炸後，儲罐破裂造成，通常是導致海上大量化學品洩漏的原因，從而成為主要污染源。桶、鋼瓶或小罐包裝位居第二。最常發生的原因是不利的天氣及海洋條件導致海上損壞。

B. 依 CEDRE 統計數據，排放到海水中的 HNS 在 1998 年至 2018 年油漏量面積共 65 立方公尺，其中海洋發生率 37%，累積數量 57%，港口發生率 36%，累積數量 10%。

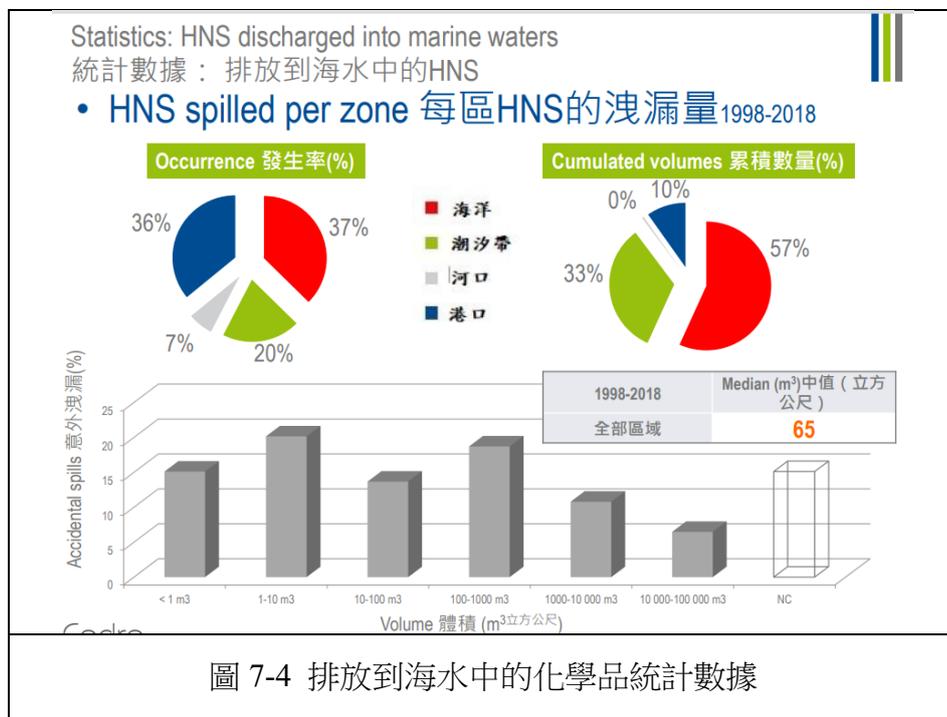


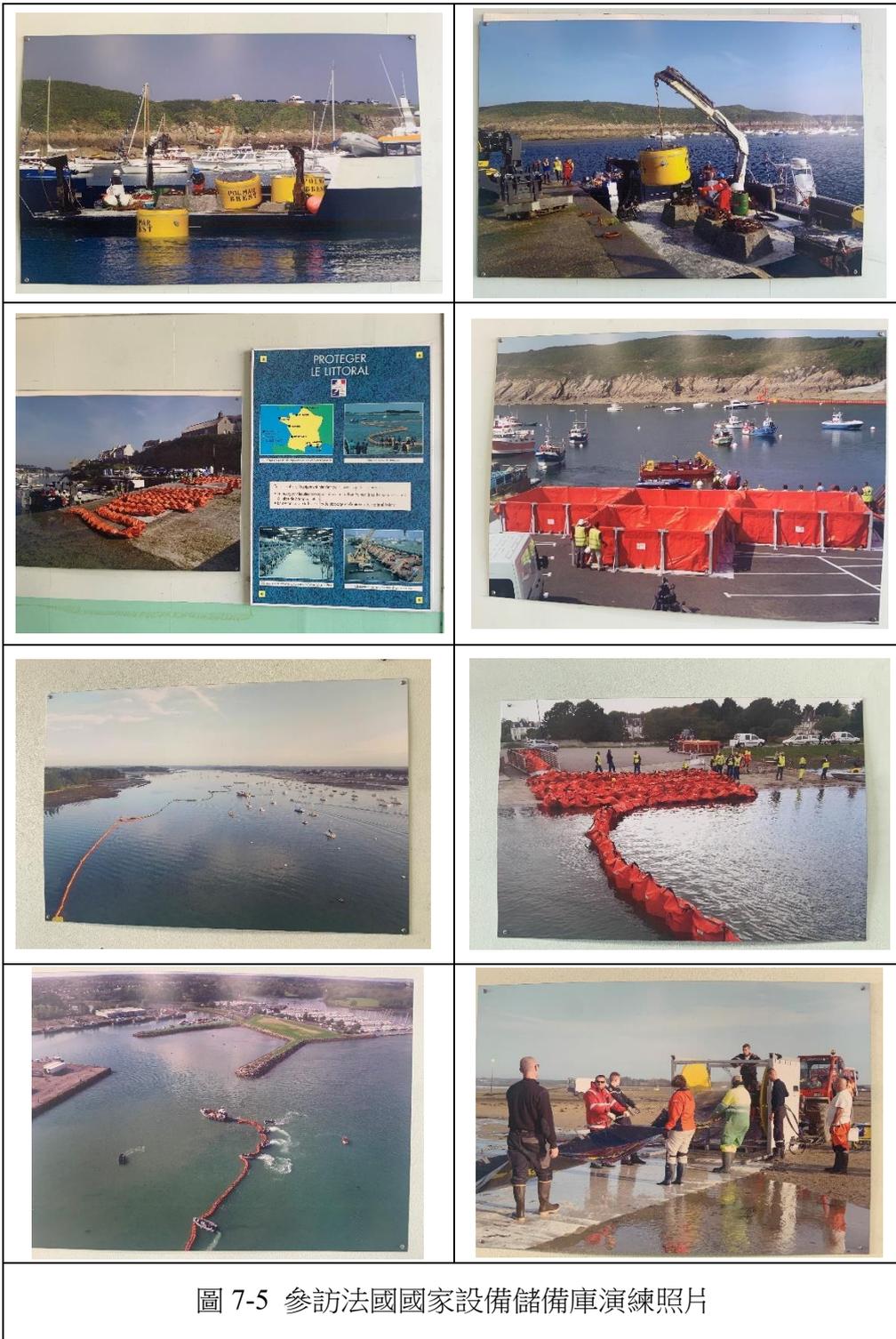
圖 7-4 排放到海水中的化學品統計數據

C. 如 HNS 洩漏在海中，可能來自化學品、散裝船、貨櫃船等，洩漏物品可能是化學品或重質油品，通常可能導致數百立方公尺的洩漏量，往往動員應變人力多且規模大，也是較難處理；而在港口發生，通常漏油量較小，約 10 立方公尺，處理面積較小，通常槽運船及散裝船最容易發生事故。

(3) 培訓訓練

為預防各種狀況，初次應變行動將面臨意想不到的狀況，因此，

應變人員的培訓是很重要的。



3. 化學應變處理小組演示

本日由 CEDRE 邀請法國負責化學應變的消防單位至中心，展示化學

溢漏時第一線人員應具備的 HNS 洩漏緊急應變現場裝備與其操作能力，並展演以正確的防護方式，來進行應變海洋運輸 HNS 污染事故，能在洩漏時先採取防護行動，再加設阻隔設施、安全隔離、通報等。



當地負責化學應變的專責消防人員將設備與車輛展示於中心的空地



D-A 級防護衣展示並試著裝



化學物質偵測儀與紅外線測儀



化學品應變指引手冊



防爆無火花之鈦金屬手工具



單人式淋浴桶槽



木屑砂(吸收有毒化學物質或堵漏)



(1) 情境模擬演練

化學品桶槽發生溢漏，現場應變人員須將閥門關閉後離開現場，並於緩衝區域內進行清潔，緩衝區設置要領：

A. 地點：

- (A) 上風的冷暖區交界處。
- (B) 靠近供水處或電源可供給。
- (C) 緊急救護單位能快速到達的地方。

B. 準備：

- (A) 除污帳、抽水機、除污桶、吸附材等。
- (B) 其他必要設施（例：照明、通風、污水收集等）
- C. 動線：
 - (A) 進入點及離去點應有明確指引。
 - (B) 應變動線與除污動線區隔
 - (C) 各除污程序/單元必需獨立，避免交叉污染。
- D. 除污走道概念：設備移除區-衣服移除區-二次除污-更衣區。

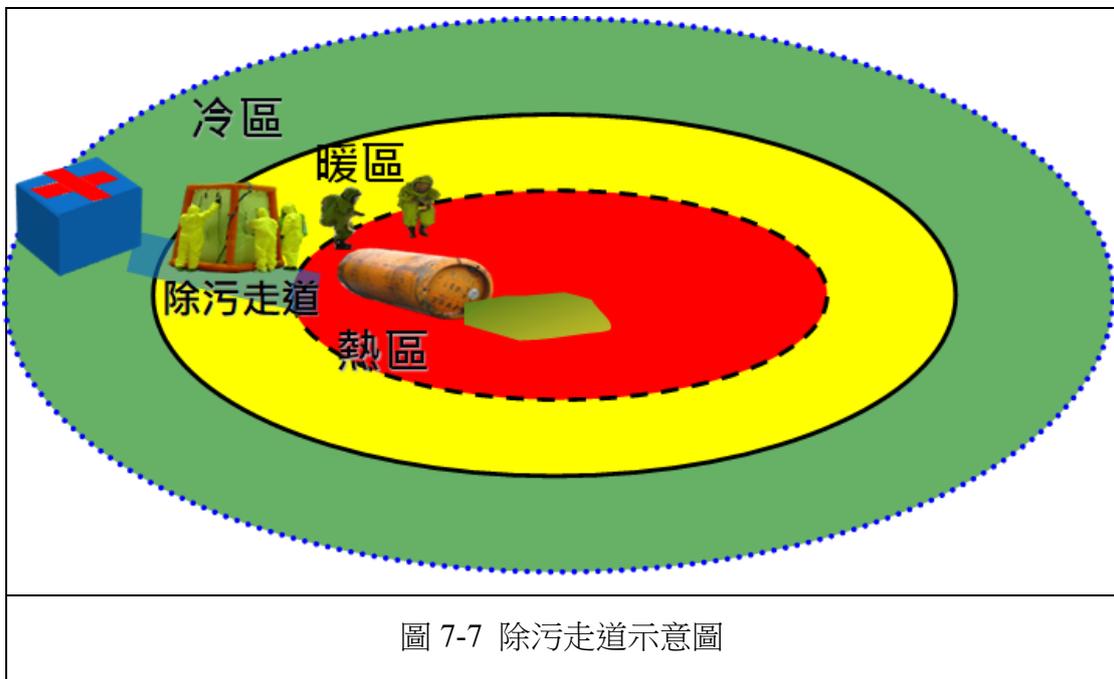


圖 7-7 除污走道示意圖

(2) 除污走道演練

- A. 進入除污間時，由外側的防護組協助將欲卸除的裝備脫掉。
- B. 用清水大量的沖洗防護衣並於除污走道上將污染衣物卸除以防止二次污染。



圖 7-8 除污走道演練

(3) 除污帳篷：充氣式除污帳篷，專為緊急應變所設計

- A. 重量輕、架設快速。
- B. 除污後廢水可收集於充氣式除污帳篷內，避免污染環境，造成二次危害。
- C. 除污後廢水亦可以幫浦吸取收集於廢水儲存槽中，以進行運送、儲存或其他後續處理。
- D. 可提供大量的水沖洗（低水壓）以大幅降低污染物的濃度。



圖 7-9 充氣式除污帳篷

(三) 小結

臺灣四面環海，其經貿活動和工業發展所需資源之運送均以海運為主，而有毒有害物質（HNS）運送量也逐年增加，因此運輸上的風險也相對的提高，包括人為管理不善造成的事故或自然因素的保護不足，都可能導致有毒、有害物質（HNS）發生意外事故，造成社會及人身安全危害及生態環境衝擊等問題，故近來危害性物質的事故預防及應變更益顯其重要。讓現場及應變人員作能在第一時間辨識物質的危害特性，在事故初期可以瞭解危害並選擇適當之防護裝備，或採行適當的應變作為，進而確保人員應變時之安全並降低危害風險因子。

為面臨新興化學品的不同反應特性與案件應處，參照 CEDRE 的合作夥伴 MANIFESTS 的最終目標，是通過開發揮發性有害物質洩漏的業務決策支持系統（DSS），解決這些不確定性，並提高應對和培訓能力，並以 6 個專案小組專責策應專案管理、加強關於揮發性有害物質的知識和數據、應對工具的應用—現場培訓和桌面練習、改進建模工具、決策支持系統、傳播戰略與資本化與知名度等，均可作為借鏡參考效仿模式。