

出國報告（出國類別：實習）

# 113年法國國外海洋油及海運化學品 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：周佳瑩副處長

陳鴻文經理

派赴國家/地區：法國,布雷斯特

期間：113年5月19日至113年5月31日

報告日期：113年6月20日

## 摘要

海洋委員會海洋保育署為提升國內各機關單位、海事公司及各項許可業者應變人員能力並精進應變人員的知識及相互間聯繫溝通能力，辦理符合國際海事組織( **International Maritime Organization, IMO**) 認證海洋污染緊急應變訓練。本次國外訓練課程為 **IMO LEVEL 2 Oil Spill Response at Sea and on the Shoreline**及 **HNS IMO Operational Level**，赴法國**CEDRE**（水域意外污染事故研究調查中心）舉辦訓練課程，期許提升我國相關單位對海上及海岸線上大規模溢洩事故的現場實際應變能力，同時了解國際上專業機構對於海洋污染事件是如何從國家制度、事前研究一直到實際執行應變，進行交流與學習。

# 目次

壹、	目的.....	4
貳、	研習過程及內容.....	5
一、	IMO LEVEL 2 Oil Spill Response at Sea and on the Shoreline .....	6
	(一)、 意外污染事故介紹 .....	6
	(二)、 油品在海洋及海岸線中的特性、狀態演變和風化作用 .....	8
	(三)、 水上應變 .....	9
	(四)、 海岸線應變 .....	18
	(五)、 危機管理 .....	20
二、	HNS IMO Operational Level.....	23
	(一)、 有毒有害物質應變介紹 .....	23
	(二)、 有毒有害物質的危害和狀態演變分類 .....	27
	(三)、 有毒有害物質應變 .....	41
	(四)、 有毒有害物質應變 .....	52
參、	具體成效.....	65
肆、	心得及建議.....	68

## 壹、目的

海洋保育署為提升國內各機關單位、海事公司及各項許可業者應變人員能力並精進應變人員的知識及相互間聯繫溝通能力，辦理本次「113 年度法國海洋油及海運化學品污染應變人力養成訓練」，委託法國水域意外污染事故研究調查中心(CEDRE)代訓。

本公司為培養海洋污染應變知識與熟悉國際應變實務，並協助本公司蒐集國際訓練教材及與主管機關海洋保育署聯繫作業順暢等任務，派員參加訓練並進行人才培養。學習IMO LEVEL 2 Oil Spill Response at Sea and on the Shoreline及 HNS IMO Operational Level課程，希冀能藉由本次訓練增進本公司現場人員對海洋油染緊急應變能力，同時加強對HNS 事故之認知，冀以能增進本公司有關化學品作業港口對HNS應變之能力。

## 貳、研習過程及內容

### 課程日程規劃

日期	行程	備註
第一天 (5月19日)	搭機前往法國：桃園機場至法國戴高樂機場	臺灣-法國巴黎
第二天 (5月20日)	搭火車(TGV)前往布雷斯特	巴黎-布雷斯特
第三天 (5月21日)	於 Cedre 接受油污染訓練課程 主題一、介紹 主題二、油品特性及狀態演變 主題三、水上應變	布雷斯特
第四天 (5月22日)	於 Cedre 接受油污染訓練課程 实操演練	布雷斯特
第五天 (5月23日)	於 Cedre 接受油污染訓練課程 实操演練 主題四、海岸線應變	布雷斯特
第六天 (5月24日)	於 Cedre 接受油污染訓練課程 主題五、危機管理 結業(頒發證書)	布雷斯特
第七天 (5月25日)	自由活動	
第八天 (5月26日)	自由活動或自費文化參訪	
第九天 (5月27日)	於 Cedre 接受 HNS 訓練課程 主題一、HNS 應變簡介 主題二、預防及準備 主題三、HNS 應變	布雷斯特
第十天 (5月28日)	於 Cedre 接受 HNS 訓練課程 化學應變行動小組演示	布雷斯特
第十一天 (5月29日)	於 Cedre 接受 HNS 訓練課程 主題四、桌面演練 結業(頒發證書) 搭火車(TGV)前往巴黎	布雷斯特-巴黎
第十二天 (5月30日)	搭機返回臺灣：法國戴高樂機場至桃園機場	法國巴黎-臺灣
第十三天 (5月31日)	臺灣桃園機場	臺灣

## 一、 IMO LEVEL 2 Oil Spill Response at Sea and on the Shoreline

### (一)、 意外污染事故介紹

海洋污染事故的起源大多發生在船隻碰撞、擱淺、火災爆炸、管線破裂及非法排放等等，其中有人為過失、設備故障、自然災害或人為故意行為。

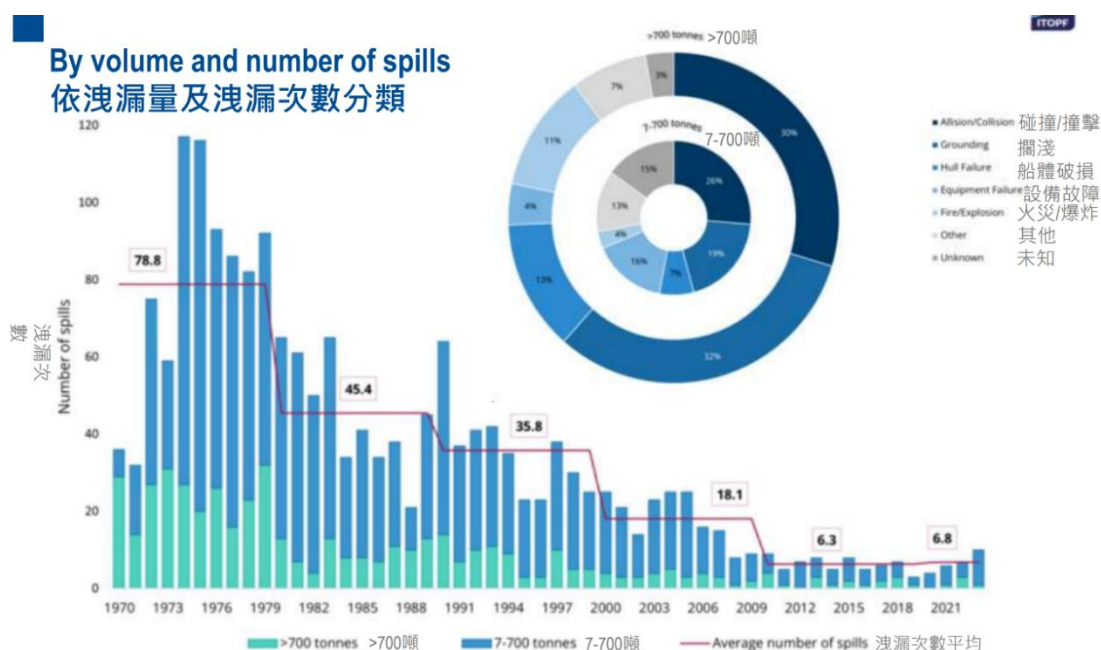


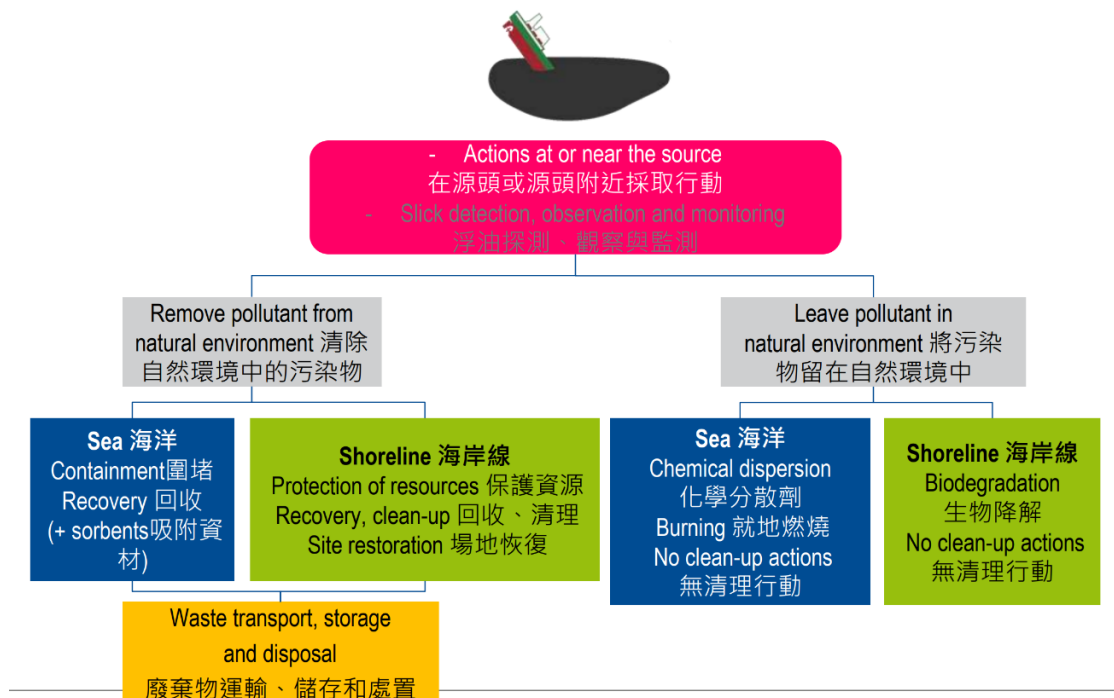
Figure 1: Number of medium (7-700 tonnes) and large (>700 tonnes) tanker spills, 1970-2023

圖一、海洋污染事故趨勢

從圖中可觀察到自1970年代後，油品溢洩事故已有大幅度下降，事故發生最主要的兩個原因是船隻碰撞及擱淺，大約共佔了6成以上的比率。而海洋油污染的影響大致上可分為直接影響與間接影響兩大部分：

1. 直接影響：因油污染本身洩漏所造成的毒性、生理影響、基因突變及食物鏈中的累積
2. 間接影響：為應變行動所造成的，例如化學分散劑、水壓沖洗等

海污事件發生後，對當地的居民、海岸線上使用者及應變人員都會造成影響，同時對於當地的社會及經濟活動也會造成重大影響。所以應變團隊所採取的應變策略要全方面的考量及評估，要以淨環境效益分析來做評估，在不採取應變行動、採取應變行動間，仔細評評何種方式對整體環境的效益為更大。有時候可能不採取應變行動對於事件本身及整體環境是更好的選擇，但是必須做好隨時監控工作，避免後續朝向非預期的方向發展。



圖二、海洋污染應變策略

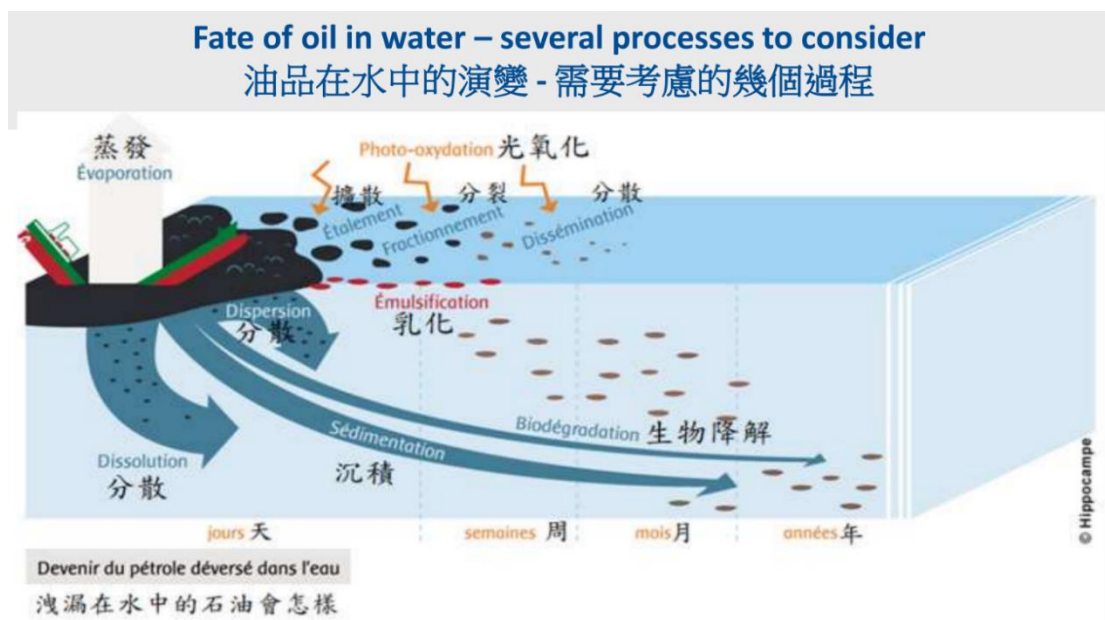
在擬定應變策略時，海上觀測及取樣工作非常重要，觀測油污的擴散方向將決定未來採取的應變策略(海上及陸上)及應變工作所在地點。油污的取樣也關乎油品回收方式的選擇、是否採用化學分散劑或是現地燃燒等應變策略的採用。

如果油污有擴散至海岸線的可能，就要立即考量陸上應變策略：環境或經濟敏感區的預防保護、海岸線油污清理、後續廢棄物處理及生態復育等。

所有的應變策略在擬定前一定是以整體淨環境效益分析為依歸，有時不採取應變策略，反而是對整體環境更為有利的選擇，但這通常會與一般民眾的認知與期待相衝突，此時，媒體溝通工作就是非常重要的一環。當然，所有的應變工作都有其成本，秉持著污染者付費原則，第一時間找到污染者，並要求其保險公司加入整個應變工作是非常重要的，可以避免後續許多不必要的法律及求償爭議。

## (二)、 油品在海洋及海岸線中的特性、狀態演變和風化作用

油品在海洋及海岸線中的特性、狀態演變和風化作用，以原油為例，不同的產地所產出的原油成分及特性皆不同。經過了不同的精煉過程也會產出不同的成品油成分與特性。油品是否會擴散、漂浮、下沉、分解、溶解，抑或是蒸發？



圖三、油品在水中的演變

上圖中的不同週期下，油品狀態及特性會一直改變，這也影響著應變方案的擬定。油品的化學特性對應著不同的物理性質，而不同油品的物理性質差異，也會影響著接下來的擴散模式。雖然目前已有一些擴散模型可以用來預估油污的擴散發展，但是還是需要現場取樣得到一些重要參數來修正模型，以取得較準確的預測結果。

Properties 特性	Comportement 狀態變化
Density 密度	Buoyancy 浮力
Viscosity 黏著度 (cSt @ 20°C)	Spreading 擴散
Asphaltene content 瀝青質 (%)	Emulsification 乳化
Flash point 閃點 (°C)	Ignition risk 燃燒風險
Vapour pressure 蒸氣壓 (kPa)	Volatility 揮發
Pour point 流動點 (°C)	Congelment / solidification 凝固/固化

圖四、油品化學特性與物理性質對應

不同油品的化學特性對於現場應變方案及人員也是影響重大，例如輕質油料的污染，常常會有爆炸危險及使應變人員中毒的風險。這類油污很容易在水中破碎分散，此時油品漂流擴散不再是由風力決定，而是由水流來決定。

重質油料因無法自然分散，在水中經過數小時至數天的週期，會開始乳化(取決



於瀝青質比例)，一旦開始發生乳化現象，化學分散劑效果會大打折扣了。所以，化學分散劑的使用是有其時間限制的，並不是無限期皆有用。這也引出一個問題，如果應變方案確定要採取使用化學分散劑來讓油污分散，加速環境的分解，現場的應變團隊的後勤能力是否有辦法在油品尚未乳化前，將化學分散劑投放到適當的地點。這包含了陸地上的運輸、應變船舶的動員、海上觀測來引導投放的地點，而通常這些工作要在污染的1~2天內完成，有時候可能會更短。

### (三)、 水上應變

#### 1. 海上觀測與評估

在海洋油污染的事件中，海上觀測及評估通常是應變工作的第一步。因為應變策略的擬定要先能定位出油污、描述出油污狀況、繪製污染的範圍，而這都是為了監測污染(溢油到岸際和附近設施的狀態變化及風險)、調整漂移(擴散)模型及引導應變行動。

常採用的平台或工具有以下幾種：



圖五、海上觀測平台種類

不同的觀測平台各有不同優缺點，並沒有哪一種最好，而是要視現場狀況而定。有時候是需要幾種不同工具來做，例如利用衛星做大面積定位，再以飛機、直升機或無人機來做較細部的觀察與監控，最後可能採用浮標或船隻來做

範圍的監控。除了觀測平台外，觀測的技術也有所不同，目前大致分為：

- (1) 目視可見：望遠鏡、相機、光學攝影機
- (2) 依靠探測儀器：紫外線(UV)、紅外線(IR)探測儀、側視航照雷達(SLAR)、高光譜探測儀(Hyperspectral)

海上觀測主要的任務在紀錄：油污地點、油污顏色、外觀、與附近的海岸或設施距離及整體油污的大小範圍等等。同時藉由一些估算數量的方法，估算油污覆蓋區域面積、覆蓋比例及估計的油層厚度(可以依波恩協定來估算)等等，大致上可以評估出污染的數量，這對於後續應變的策略及工作準備，是非常重要的。在空中觀測時，通常時間都很緊迫，為了能很有效率的進行觀測及紀錄，事前的準備工作不可少。通常會先備好一份標準紀錄表格，用來方便快速地進行空中觀測的紀錄。這也有一個好處，當一個大型的油污事件發生時，有時需跨不同國家或單位來進行應變，空中觀測工作也會要大量的進行，當不同的觀測員間使用同一份標準的紀錄表格，會有助於後續資料的彙整以及減少觀測及紀錄的誤差。

海上觀測有時也要注意不同的觀測技術通常會有其限制，如果沒有仔細比對不同觀測結果，有時候會有誤報的情形。

## 2. 使用分散劑-策略及執行

其實分散劑就是界面活性劑、小部分輕質油餾份和溶劑（酒精）的液體混合物。通過添加分散劑，油品會在水中形成細小的油滴，分散並減輕乳化現象，此時從空中俯瞰分散的油品呈現橙色羽毛狀。

使用分散劑的原因通常是要將污染物從海水表面轉移到廣大的水體中。抑制對水面上的鳥類和哺乳動物的損害、減少需要處理的廢棄物量（回收的情況下）、減少火災危險，降低救援人員接觸暴露及促進及加速油品降解。

但其實並不是所有油品都適合使用分散劑，一般根據油品的黏度：

Oil viscosity (cSt) 油品黏度 (厘鐸)	Effectiveness of chemical dispersion 化學分散的效果
< 500	Generally easy 一般來說容易
500 < viscosity 黏度 < 5,000	Generally possible 一般來說可能可行
5,000 < viscosity 黏度 < 10,000	Uncertain – Requires checking 不確定 - 需要檢查
> 10,000	Generally not possible 一般來說不可行
Up to 15,000	Possible if oil is emulsified 如果油品已經乳化則有可能可行

圖六、油品黏度對化學分散劑的效果

雖然化學分散劑有一定好處，但是使用前必須要進行一些評估：

- (1) 分散有助於分解油品
- (2) 淨環境效益分析(分散會增加水中生物與油品的接觸)
- (3) 在離岸時，要考慮是否有足夠大的水體來稀釋並進行生物降解
- (4) 在沿岸時，要避開生態敏感區並取得使用許可

在使用上要先詳細了解該分散劑的物質安全資料表(SDS)，其中使用的限制、人員保護措施及使用劑量的限制。通常用在非乳化狀態下，濃度不大於5%劑量，而且要有良好的攪動才能支持分散劑的效果。如果此時海面上風平浪靜，有時就需要一些額外的外力來驅動。

為了要執行分散劑的使用，需要良好的後勤能力，首先要有充足的緊急應變資材儲備，當地的應變資材量通常不多，有時需由中央應變中心來協助調撥鄰近的庫存量至當地。為確保分散劑策略有效，這些工作常常要在24小時內完成。才能在時限內運至船上或飛機上，進行後續噴灑的工作。

### 3. 攔油索

攔油索在洩漏應變中的作用主要在兩大方向：(1)在源頭控制洩漏及離岸回收油料；(2)保護敏感區及在受保護的區域進行回收。

在水上應變時，常會用到的圍堵及回收策略”BR&ST”：

- (1) Boom 攔油索：Containment 圍堵
- (2) Recovery 回收：Skimmer 汲油器
- &
- (3) Storage 儲存
- (4) Transfer 運送：treatment 處理

其實這個概念就是利用攔油索來圍堵油污，限制在某一個範圍內，再依照規劃的應變策略來處理。例如利用合適的汲油器來回收油料，再把回收回來的油料儲存在規劃好的儲存容器內，最後運送回到岸上進行廢棄物的處理。

有時會依照現場狀況，進行動態的圍堵，利用水流將油污集中到我們規劃的位置，提高我們汲油器回收的效率。同時把油污集中起來後，也會讓油污變厚重，便於回收。

攔油索的型式有許多不同類型，各有其設計的原理及適合應對的場合，並不是一種型式就可以打遍天下無敵手。比較常見常用的以下幾種：

- (1) **永久固定式攔油索**：通常用在為高風險區域提供永久性預防保護，例如工廠的排放口。
- (2) **扁平型或“固體填充式”攔油索**：有著輕便、堅固還可以快速佈放及易於存放在板條箱、拖車或捲索機上的優點，適用於內陸水域和港區，或支援清理行動。

但是因為較為輕量化，抵抗水流的能力差，較適合在平靜水域和低水流中。

- (3) **簾式固體填充式攔油索**：優點是快速佈放、堅固耐用且非常穩定，在水流及碎浪中性能良好，存放在貨櫃中，不需經常維護。因為本身設計較為耐磨，適用於港口、工業區和岩石或碼頭有磨損風險的區域。

但也是因為設計耐磨，所以本體單位重量較重，佈設時需較大量的

設備及人員，在使用後的清潔和保養較為複雜麻煩。

- (4) **充氣式攔油索**：能提供有效圍堵，同時在水流及碎浪中性能良好，需存放在液壓捲索機上，適合適用於離岸打撈作業。

但是佈設時需一邊佈設一邊充氣，較花時間，同時對於穿刺及漏氣較為敏感，充氣閥也常常是弱點之一，如果一旦有部分漏氣要立即更換。

- (5) **自動膨脹攔油索**：在充氣式的性能相似，但是因為專利的設計，讓它在佈設時會自動充氣，節省了逐一充氣的時間。因為充氣式的攔油索都較為輕型，所以適用於港區和相對平靜的海面。

因為充氣的專利設計，所以在維護重複使用上較為複雜。其餘的與充氣式很類似。

- (6) **潮間帶攔油索**：專門設計用在出海口海水漲退潮時使用，當退潮時，可置於岸邊（防油密封），從而在水上和岸上提供有效圍堵。存放在液壓捲索機上，適合用在泥灘、河口前段。

維護時要特別注意氣閥和水閥，佈設在前灘時不能再移動，同時要注意有被刺穿的風險。

- (7) **具壓載裙部的吸油棉攔油索**：是一種攔油索和吸油棉結合在一起的特殊攔油索。重量輕，方便裝入大袋子、拖車、板條箱中，適用於淺水區，透過吸收油品提供緊急圍堵（小範圍洩漏/平靜水域）。

這種攔油索通常都是一次性使用，同時抵抗水流和波浪的能力有限。當索上的吸油棉一旦吸飽了油污，就要更換了，這類的產品在後續廢棄物處理成本上非常高。

在進行到這次課程時，CEDRE特別安排了二種不同的攔油索，讓所有學員實際佈設及回收，讓大家親身去感受不同類型的攔油索在使用上的不同。

- (1) **簾式固體填充式攔油索**：

這個型式的攔油索是真的重，通常是存放在專門的貨櫃中，在使用時把貨櫃運至岸邊或船上，再由人力將攔油索取出固定到佈設的動力船隻上，由船隻向外佈設。不過需要大量的人力來將攔油索從貨櫃中取出，同時在回收時，也要由人力來收存，這真的是非常的耗損人力，人少了一定無法順利佈設及回收。

## (2) 充氣式攔油索：

這個型式在實際演練時就較為輕鬆，因為本體很輕，所以在拿取和回收時較為省力。不過因為佈設時要一節節的充氣，所以佈設時的速率較簾式慢上不少。

## 4. 油品回收

油品回收是一種應變策略，其實就是利用一些設備把油從水和固體中分離出來，再將油轉移到儲存容器中。不同的設備在設計的原理不同，表現在篩選力（水分離的能力）上也是天差地別。通常篩選力低的汲油器，會吸入較多的水；篩選力好的會傾向於汲油，吸入的水會比較少。常見的回收設備有以下幾種：

## (1) 機械式堰式汲油器

### Advantages 優點:

- Rapid collection (rate >20 m<sup>3</sup>/h)  
快速收集 ( 速率 >20 立方公尺 / 小時 )
- Optimisation of selectivity by the self-adjusting weir by adjusting the pump's suction  
透過調節幫浦的吸力 · 自動調節堰的篩選力
- Work for a wide range of products  
適用於多種產品



### Drawbacks 缺點:

- Low selectivity (> 60% water)  
低篩選力(>60% 水)
- Require a settling or separation phase  
需要進行沉澱或分離
- Sensitivity to floating waste  
對漂浮的碎片敏感
- Relatively sensitive to agitation  
對擾動相對敏感

## (2) 機械式帶式汲油器

### Advantages 優點:

- Faster recovery rate 回收率更高
- Well suited to highly viscous pollutants  
非常適合高黏度污染物



### Drawbacks 缺點 :

- Lower selectivity (> 50 % water)  
低篩選力(>50% 水)
- Sensitive to agitation 對擾動相對敏感
- Sensitive to floating debris  
對漂浮的碎片敏感

### (3) 親油型碟式汲油器

#### Advantages 優點:

- Suited to residual pollution 適用於殘留污染
- Good selectivity > 90% 良好的篩選力 > 90 %
- Limited storage capacities 儲存能力有限
- Not sensitive to debris 對碎片不敏感



#### Drawbacks 缺點:

- Low recovery rate 回收率低
- Limited output with viscous pollutants 對黏性污染物的能力有限
- Ineffective on heavily emulsified pollutants 對嚴重乳化的污染物無效



### (4) 親油型鼓式汲油器





## (5) 親油型刷式汲油器

### Advantages 優點 :

- Suited to viscous pollutants  
適用於黏性污染物
- Good selectivity > 80%  
良好的篩選力 > 80 %
- Collect viscous and emulsified pollutants  
收集黏性和乳化污染物
- Limited storage capacities  
儲存容量有限



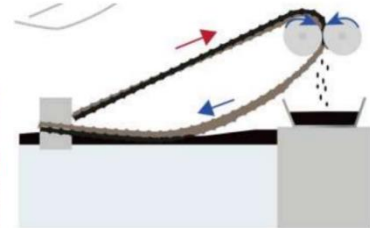
### Drawbacks 缺點 :

- Limited output with low viscosity pollutants  
對低黏度污染物的能力有限
- Risk of premature wear on brushes  
刷子有很快就磨損了
- Very sensitive to debris  
對碎片非常敏感



## (6) 親油型繩式汲油器

### Oleophilic rope skimmers 親油型繩式汲油器



根據不同的環境、油品黏度可以利用下表來選擇適合的汲油器

		Skimmer type 汲油器類型										
		Mechanical 機械式					Oleophilic 親油型					
		Weir 堰式	Self-adjusting weir 自動調節型堰式	Feeding screw weir 螺旋粗送堰式	Sloping ramp weir 坡型堰式	Belt 帶式	Recovery boom system 攔油索回收系統	Drum 鼓式	Disc 碟式	Rope 繩式	Oleophilic belt 親油型帶式	Brush 刷式
Environment 環境	Offshore 離岸	Red	Red	Red	Yellow	Red	Yellow	Yellow	Green	Green	Yellow	
	Sheltered waters 受保護水域	Yellow	Red	Red	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	
	Calm waters 平靜水域	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	
	Strong current 強水流 >1 knot >1 節 (>0.5 m/s) (> 0.5 公尺/秒)	Red	Red	Yellow	Green	Red	Yellow	Red	Yellow	Yellow	Yellow	
	Shallow water 淺水 (<30 cm) (<30公分)	Green	Yellow	Red	Red	Green	Red	Yellow	Yellow	Green	Red	
	Debris 碎片 (including ice) (包含碎冰)	Red	Red	Green	Yellow	Green	Red	Red	Green	Green	Green	
	Oil viscosity 油品黏度	Red	Red	Yellow	Red	Green	Red	Yellow	Red	Green	Green	
	Moderate viscosity 中等黏度	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green		
	Low viscosity 低黏度	Green	Green	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Red		
Skimmer characteristics 汲油器特性	Selectivity 篩選力	Red	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Yellow	Green	Green	Yellow	Yellow	
	Suction rate 抽取率	Yellow	Red	Red	Green	Green	Yellow	Yellow	Red	Yellow	Yellow	
	Ease of implementation 易於使用	Green	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Green	Yellow	Green	Green	

表一、汲油器類型及適用狀況

#### (四)、 海岸線應變

##### 1. 海岸線清理

當洩漏事故已無法將油污完全的阻絕在海上，油污可能會污染到海岸線上時，這時就必須做好與油污近身作戰的準備。大致可以分為以下三大階段：

- (1) 評估油污染地點：描述污染物特徵，包括污染物類型、性質、洩漏類型。同時觀察污染地點是何種地型、暴露的程度、容不容易到達（機具設備能不能接近）...等。
- (2) 初步清理：這階段主要在於限制油品的擴散，降低油污被海洋再度移動的風險，同時減低對生態的影響。
- (3) 最終清理：在進行油污應變時，一定要記住，污染物是不可能被全部清除的，所以要訂好結束清理行動的標準，並讓大自然來接手後續的恢復。

在進行清理工作時，可以依下表來快速選擇合適的清理技術：

Technique selection criteria 技術選擇標準	Fluid pollutant 液體污染物	Viscous pollutant 黏性污染物	Phase 1 階段一	Phase 2 階段二
Skimming/pumping 汲取/抽取	■		R/S	
Manual collection 人工收集	■	■	R/S	
Mechanical collection 機械式收集	■	■	S	
Sand screening 篩沙	■	■	Ss	
Adhesive rollers 滾筒	■	■	Ss	
Surfwashing 海浪沖洗	■	■	S	
Flooding 水淹	■		S	
Flushing 沖洗	■	■	R/S	
Underwater agitation/Tilling 水下攪動/耕地		■	S	
Drainage 排水		■	S	
Pressure washing 高壓清洗		■	R/Sp	
Scything/cutting 割除/切割	■	■	V	

**Substrates 基質**  
**R** = Rocky/quays 岩石/碼頭  
**S** = Sediment (sand or pebbles) 沉積物 (沙子或卵石)  
**Sp** = Sediment (pebbles only) 沉積物 (只有卵石)  
**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 廢水回收

■ Capture with nets 用網子撈

■ Search for buried oil 搜尋被掩埋的油污

表二、海岸線清理技術及適用狀況

在進行清理工作時，要隨時記住沒有所謂的萬能解決方案或是一體適用的技術，而是要根據情況與其變化將基本原則上做適當的調整。同時，還要注意確保應變措施不會產生與溢油本身一樣多或更多的危害。所以，依照現場狀況來選擇合適的清理技術是非常重要的，否則常會適得其反。

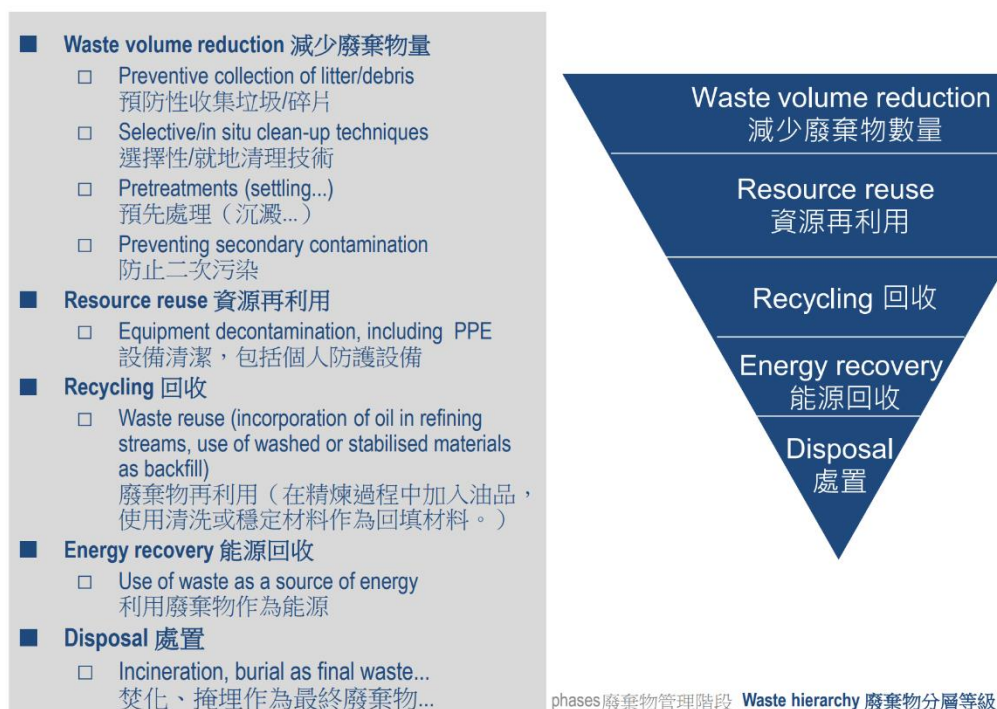
## 2. 廢棄物管理

當經理水上及海岸線上的各種辛苦的應變措施及清理工作後，會回收了許多的油污，同時也產生許多的廢棄物。而廢棄物管理通常是耗時最長、成本最高的行動，廢棄物管理過程中任何一個階段（儲存、運輸.....）的失敗都會降低整個應變過程的效率。

配合在整個應變行動過程中，為了效率通常會在合適的地點設置清理點（最初儲存點）、中間儲存點、最終儲存地點等。儲存地點的選擇要考慮位置、土地所有權、可用面積、容不容易到達、地面承重力、與居民的距離及環境敏感性等等。再依照回收的廢棄物種類，來設計儲存點的存放設施。例如：固體和液體要分開存放，有害廢棄物及無害廢棄物因為後續的處理方式也不同，也

要分開儲存。其實這所有的概念就是廢棄物分類，要從最初儲存點開始，這才能最大化的降低後續的污染量及處理費用及時程。千萬不要因一時方便而不做分類，這在後續會付出巨大的代價。

廢棄物處理層級可以分為五大層級：



圖七、廢棄物處理五大層級

這階段的工作通常會是最久也最費錢的，所以如果可以的話，可以在緊急應變計畫中，先選擇好可能的儲存地點，列出設備供應商和處理設施清單。在實際執行時，一定要儘量的減少廢棄物數量：選擇性使用清理方法 - 實施預先處理，同時在最初儲存地點就開始進行廢棄物分類。

## (五)、 危機管理

### 1. 緊急應變計畫及事故管理

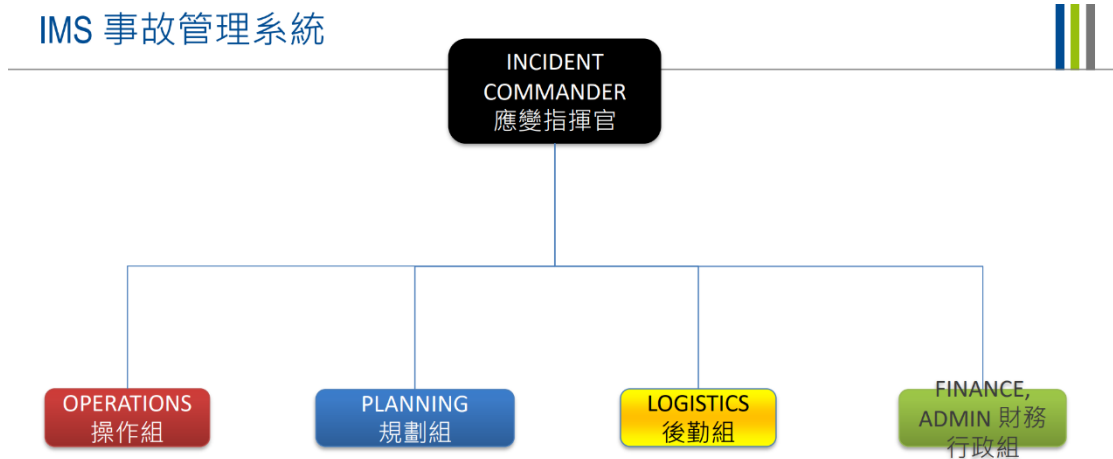
在國際間貿易發展越來越發達的影響下，海運的重要性及運送量也是日益增加，同時，海洋污染事故也是國際間越來越重視的課題，許多的國際公約也因應而起。其中1990 OPRC Convention 國際油污防備、反應和合作公約是針對國際間的油污應變非常重要的一個公約。其主要精神在於整合國與國間的合作，在建立國家層級的應變系統、準備足夠的應變資源（包含應變設備、應變計畫及應變人員的訓練及演習）及締結有關油污防備和應變的雙邊或多邊協定。

其中應變計畫的制定是重要的一環，計畫的目標在於保護人類、環境及設備等三大主軸。但計畫要簡潔且全面，重點要是切合實際並且是實際可執行的。千萬不要訂了一堆理想卻實際做不到的計畫，這對應變一點也沒益處。計畫也不是就由某幾個人訂定就好，重點在所有參與者都要清楚的了解並知道要如何來執行。所有參與者包含的應變單位的人員、協力廠商及必要的社區人員及官員。也需透過大量的溝通讓前述的參與團體或人員可以討論及建議，經由這樣的程序來修正並測試應變計畫的不足，定期地來更新。制定應變計畫的流程大致如下：



圖八、制定應變計畫流程

針對應變事件，通常可以採用IMS事故管理系統（Incident Management System）來執行，可以有效的針對事故做管理。這個管理系統是藉由模組化的組織來管理，可以有效的整合彼此的溝通並統一指揮架構，不至於發生多頭馬車的問題。整個管理架構大致如下：



The IMS **always** refers to functions and not people or positions

IMS **始終**指的是功能，而不是人或職位。

BUT

It may be useful to have an initial list to facilitate the emergency organisation

但是，

有一個初始清單可能有助於緊急應變組織。

**Command = Manages 指揮 = 管理**

**Operations = Does 行動 = 執行**

**Planning = Plans 規劃 = 規劃**

**Logistics = Gets 後勤 = 獲取**

**Finance/Administration = Pays 財務/行政 = 支付**

圖九、IMS事故管理系統及組織圖

## 2. 賠償

所有的油污事件最重要的一環就找到肇事者，並要求由其承擔起所有的賠償責任。而因為海洋油污事件通常都是需要巨額的賠償，也因此有了國際油污損害賠償基金（IOPC Funds）的出現，該基金的賠償標準是針對損害與防護措施進行賠付：

- (1) 損害：持久性油污染、財產損失、直接及間接經濟損失及環境復育
- (2) 防護：清理工作的成本（勞力、設備）

但是不針對非物質損害（如精神賠償）及生態損害。同時賠償的標準是一定要有量化及憑證，不能以推估或未發生的損害提出要求賠付。當然這個前提是針對意外事故造成油污，如果不是，基金並不會進行賠付而是由船東自行來負擔賠付責任。

而針對HNS的事件，目前在國際上的賠償公約還不普及，也還不完善，還需要國際間的討論、加入並完善。

### **3. 媒體應對**

在應變過程中，除了上述各項的工作外，還有一項是很重要但有時又常被忽略的工作—媒體應對。當應變工作在執行時，不只有應變團體內部要溝通，對外部的溝通也是非常重要的。例如對附近居民、相關團體、新聞媒體及所有關心這事件的人，應變團隊要做好溝通，才不會讓它成為一種壓力或阻力。但這真的很難，因為在事件之初，通常是資訊掌握較不足時，但這時卻是各外部、內部人員對資訊需求最大的時候，隨著事件的發生，時間越久，媒體關注度及資訊需求量都會大幅下降。所以溝通方面的危機通常發生在事件發生不久時。

溝通的危機通常不在於現實狀況，而是在於民眾或媒體認為正在發生的事。有時是媒體利用聳動的文字或照片來煽動民眾的情緒，或是做出沒有根據的猜測。所以要有一個溝通計畫來管理及應對媒體溝通。首先要了解媒體記者要的是有沒有新進展、能不能煽動受眾的情緒，而應變團隊應該要有一個單一的發言人，這可以統一溝通的管道，避免資訊的錯亂。同時要做好內部定期的交流，了解現在最新的狀況並做好準備，不論是照片、圖表或是其他有助於傳達正確內容的工具。針對媒體的詢答，要以說出真相來溝通，並指出所有的錯誤點、不一致及矛盾的地方。

媒體溝通可利用接受採訪、發新聞稿或是設置一個專門的官方網站或媒體平台，定期將正確及最新的消息公佈在上面，讓資訊統一化，也方便所有有興趣的民眾可以方便的取得。這可以有效地阻止一些不正確的消息傳播。

## **二、 HNS IMO Operational Level**

### **(一)、 有毒有害物質應變介紹**

#### **1. 海上化學品事故簡介**

於HNS公約對有毒有害物質之定義，從條文中可知其定義包含IMO之各項公約所列之有毒有害物質，涵蓋範圍廣泛，包括液體、氣體和固體，並涵蓋任

何形式之運送及任何量的運送。全球能源發展趨勢正在改變，在技術進步和對環境關注的驅動下，能源結構正在轉變，也致使造成新的污染風險，海上面臨著物質種類繁多、新風險及反應綜合風險、油及化學品混合物，海洋污染應變著實不易，自2006年起CEDRE一直在資料庫中記錄洩漏情況，針對資訊的蒐集與存檔，並透過反饋以改進應變，並透過專門資訊網站提供統計及資訊傳播。

在針對複合型污染情境發生，要先確定船隻的情況以及事故資訊收集，掌握附近環境及地理背景資訊，接著確認船上的化學物質及其特性，由於化學品有相當多不同的性質，如揮發、漂浮、擴散、下沉與溶解等，故需要以監測設備進行現場化學品濃度偵測和調查與其它物質的反應性、不相容性…等，確保現場應變行動的進行與保障人員的安全，應變結束後進行除污並將污染物回收暫時儲存，廢棄物須由專責廠商進行回收處理。

對於有毒及有害物質(HNS)應變需要在應變作業開始之前，由相關專家進行HNS特性分析評估。使應變團隊能夠充分了解考慮所涉及的物質，及其與海洋環境的潛在相互作用或評估化學品之間的反應性及衍生物。另需充分了解附近人口分布、影響範圍和海洋生態環境所面臨的風險，以便減輕風險並幫助確保應變人員的安全及避免環境破壞。

以下就2007年1月18日於英國南部發生之MSC那不勒斯號擱淺事件進行說明：

船舶類型	貨櫃船（長 276 公尺、吃水深度 13.5 公尺）
事故性質	氣候不佳、船體破裂
地點	海上（距岸邊 50 海里） 70 公尺深
運輸之化學品的性質/數量	-各種貨物：2,200 個貨櫃（TEU=20 英尺等量單位，≈36 立方公尺）， 170 個裝有危險貨物 -船用燃油



洩漏數量	遺失 103 個貨櫃（各式貨品）、 3,500 噸重燃油、約 600 噸船用柴油 和發動機潤滑油
緊急應變涉略	-空運 26 名船員 -船舶擱淺、回收貨櫃（甲板上 1351 個）並拆解 -回收油品（圍堵和幫浦抽取）
評論	耗時 924 天，超過 2.5 年

表三、MSC那不勒斯號擱淺事件

在此事件共有三大主要挑戰(1)油污染-船上有3,500噸重油和約600 噸柴油及潤滑油；(2)沖刷上岸的物體：運輸了2,200多個貨櫃。103個貨櫃落水，其中56個被沖上岸，47個被推定沉沒；(3)化學污染-運輸的化學物質種類繁多。因此，應變策略推展規劃針對沉船進行拖運避免漲潮時翻覆的危險，船體固定後，針對船上貨物及油品先進行抽除及運離，依不同物質特性調整應變策略，如將貨物釋放到環境中以促進溶解，或是將貨物釋放到環境中，並在表面進行密封和抽取等方式應變，油品部份則採圍堵和幫浦抽取方式清污。

## 2. 國際規範對實施應變的貢獻

### (1) 國際海事運輸規範(International maritime transport regulations)

多年來因應海洋運輸的發展，在國際間逐漸訂定出了一些國際公約來統整國際間對於海洋運輸的管理與救助。其中較為人知的有以下幾個公約：

- A. 海上人命安全(Safety of life at sea，簡稱SOLAS)
- B. 國際防止船舶污染公約(International Convention for the Prevention of Pollution from Ships，簡稱MARPOL)
- C. 國際油污防備、反應和合作公約(International Convention on Oil Pollution Preparedness, Response and Co-operation，簡稱OPRC)
- D. 危險與有毒物質意外事件之整備、應變及合作議定書(OPRC-HNS protocol)
- E. 油污損害民事責任國際公約(International Convention on Civil Liability for Oil Pollution Damage，簡稱CLC)

以上幾個國際公約中，又以MARPOL及SOLAS發展最早且應用最廣。目前在國際海運中，只要是以船隻載運固體、液體、氣體散裝貨物或包裝貨物都要遵守這兩大公約。

MARPOL1973/78公約是國際海事組織針對海上船舶因例行作業產生之油類物質污染行為，主要在處理因事故或正常作業所造成的海洋環境污染，並設法減少船舶因意外事故或操作疏失所形成之偶發性污染行為所制定之國際公約。公約重點在於各個附則，其中有對於油品、散裝危害液體物質、海上以包裝形式載運有害物質、船舶污水、船舶垃圾及船舶空氣污染等做出規範。前3個附則目前各國大都會較為遵守，而後3個附則常因各國的規範不同而有所差異。

SOLAS1974海上人命安全公約是因應鐵達尼號沉船事件後，各國陸續討論通過了對於救生艇和其他救生設備的數量以及安全規程，包括持續的無線電收聽等，後續又在不斷的修正。這個公約也規定了船舶安全相對應的船舶建造、設備和操作的最低標準，經過越來越多的國家接受這個公約，也讓整個海運行業技術有了一個標準，不論是在海上、港灣等船舶的作業的安全也因這個公約及標準，在安全救助及應變上有長足的進步。

其中也針對不同的船舶運載方式而訂定出了以下幾個不同的國際海事運輸規範(International maritime transport regulations)：

- A. 載運散裝液化氣體船舶構造與設備國際章程(IGC code)
- B. 載運散裝危險化學品船舶構造與設備國際章程(IBC code)
- C. 國際海事固體散裝貨物章程(IMSBC code)
- D. 國際海運危險品章程(IMDG code)
- E. 國際船舶使用氣體或其他低閃點 燃料安全章程(IGF code)

## (2) 國際載運散裝危險品船舶構造與設備章程(IBC code)

IBC code主要適用於所有載運液體危險化學品或有毒液體物質（LNS）的船舶，但油和其他此類易燃液體除外。因近年來散裝貨輪裝載化學物質的情形越來越頻繁，而且載運量也越來越大，這對於環境及安全危害具非常重大威脅之特性，須以最嚴格的預防措施防止此類貨品洩漏。也因此在這章程中對於船舶類型及污染類別做出的不同的分類以利應變時可以快速

因應。

聯合國海洋環境保護科學領域聯合小組專家(GESAMP)也發展出了一個對液體化學物質進行環境概況分配的13欄系統。大致區分為三大類13小類等危害標示，其中三大類為(1)對海洋生物的危險；(2) 對人體健康的危害；(3) 影響海洋的其他用途。這些都可以透過各類物質的UN碼來快速搜索後得知對於環境的各項危害，這對於應變人員在第一時間要採取何種的應變策略有著巨大的助益。

可以透過此章程中第17章中對於各種貨品的最低要求摘要來了解對於此貨品的運載船舶要求、對於的各類設備、防火設備及各種特定作業上的規定。

### (3) 國際海運危險品章程(IMDG code)

IMDG code旨在提升和促進危險品在海上運輸的安全性，並預防海洋污染，對於包裝危險品的容器、貨櫃運輸和積載，特別是關於不相容危險品的隔離都有規定。

每種物質都有18欄的標註及說明，可以透過UN code來快速索引。很多物質是沒有UN code(例如新合成的物質)，但不代表就沒有危害，這時找尋SDS安全資料表就更為重要。應變人員可以透過UN code快速得知這類物質的危險分類、要採取的應變程序以及它的特性及觀察，這些都非常有助於第一線人員的應變行動。


## (二)、 有毒有害物質的危害和狀態演變分類

### 1. “四大污染犯罪家族”嚴肅遊戲


「嚴肅遊戲」通常指的是一種結合娛樂元素和深刻主題的遊戲。這類遊戲的目的不僅在於娛樂，還在於引發玩家對於特定主題的思考和討論，從而促進他們的文化理解、社會意識或倫理觀念的提升。這些遊戲可能探討的主題包括戰爭、政治、道德、人權、環境等等，並且通常在遊戲中融入現實世界的歷史事件或當代議題。因此，嚴肅遊戲通常被視為一種教育工具，能夠以互動的方式提供玩家對複雜問題的更深入理解。

## (1) 挑戰一


藉由污染物的描敘線索，找到相對應的關係和在水中的狀態，以下圖線索狀態為例。

	<p><b>My tests showed that he was not present in water. His solubility is certainly low.</b> 我的檢測結果表明，他不存在於水中。 他的溶解度肯定很低。</p>
---	---


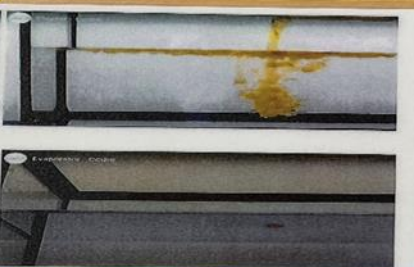



圖十、線索狀態一

	<p><b>I didn't see him sinking. His relative density must be lower than that of water.</b> 我沒看到他下沉。他的相對密度一定比水低。</p>
---	---

圖十一、線索狀態二

	<p><b>No doubt he was present in the air. He therefore has a high saturation vapour pressure.</b> 毫無疑問，他存在於空氣中。 因此，他的飽和蒸氣壓很高。</p>
--	---

圖十二、線索狀態三

	
	<p><b>My tests showed that he was not present in water. His solubility is certainly low.</b> 我的檢測結果表明，他不存在於水中。 他的溶解度肯定很低。</p>
	<p><b>I didn't see him sinking. His relative density must be lower than that of water.</b> 我沒看到他下沉。他的相對密度一定比水低。</p>
	<p><b>No doubt he was present in the air. He therefore has a high saturation vapour pressure.</b> 毫無疑問，他存在於空氣中。 因此，他的飽和蒸氣壓很高。</p>

圖十三、配對相對應於水中的反應

## (2) 挑戰二

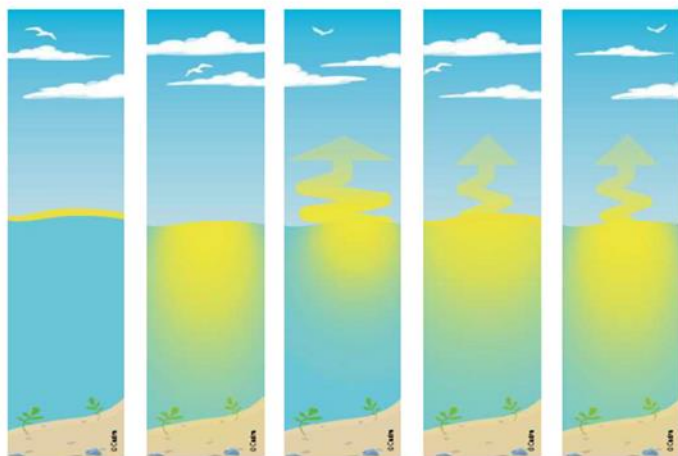
總共分為兩組，兩組的化學於水中的反應皆為不一樣，再由主要狀態變化的線索中找到相對應在於水中的反應，以下為兩組化學品的線索，使學員從遊戲中完成對於化學品變化的了解。

### A. 第一組化學品線索

利用化學品的主要狀態變化和下面敘述的三點來看，分別排列出FED的各個在水中的狀態變化。

漂浮	揮發
 <p><b>MAIN BEHAVIOUR F</b></p> <p>主要狀態變化 漂浮</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Lower relative density than water 相對密度比水低</li> <li>✓ <b>Very low to medium</b> solubility 溶解度從極低到中等</li> <li>✓ <b>Low to high</b> vapour pressure 低至高蒸氣壓</li> </ul>	 <p><b>MAIN BEHAVIOUR E</b></p> <p>主要狀態變化：揮發</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Lower relative density than water 相對密度比水低</li> <li>✓ <b>Medium</b> solubility 中等溶解度</li> <li>✓ <b>High</b> vapour pressure 高蒸氣壓</li> </ul>
漂浮	溶解
 <p><b>MAIN BEHAVIOUR F</b></p> <p>主要變化狀態：漂浮</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Lower relative density than water 相對密度比水低</li> <li>✓ <b>Very low</b> solubility 溶解度極低</li> <li>✓ <b>Low</b> vapour pressure 低蒸氣壓</li> </ul>	 <p><b>MAIN BEHAVIOUR D</b></p> <p>主要狀態變化：溶解</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Lower relative density than water 相對密度比水低</li> <li>✓ <b>High</b> solubility 高溶解度</li> <li>✓ <b>Very high</b> vapour pressure 極高的蒸氣壓</li> </ul>
溶解	
 <p><b>MAIN BEHAVIOUR D</b></p> <p>主要狀態變化：溶解</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Lower relative density than water 相對密度比水低</li> <li>✓ <b>High</b> solubility 高溶解度</li> <li>✓ <b>Very low to high</b> vapour pressure 蒸氣壓極低至高</li> </ul>	

表四、化學品線索(第一組)



- FED  
漂浮揮發溶解
- DE  
溶解揮發
- ED  
揮發溶解
- D  
溶解
- F  
漂浮

圖十四、FED水中狀態(第一組)

B. 第二組化學品線索

利用化學品的主要狀態變化和下面敘述的三點來看，分別排列出FED的各個在水中的狀態變化。

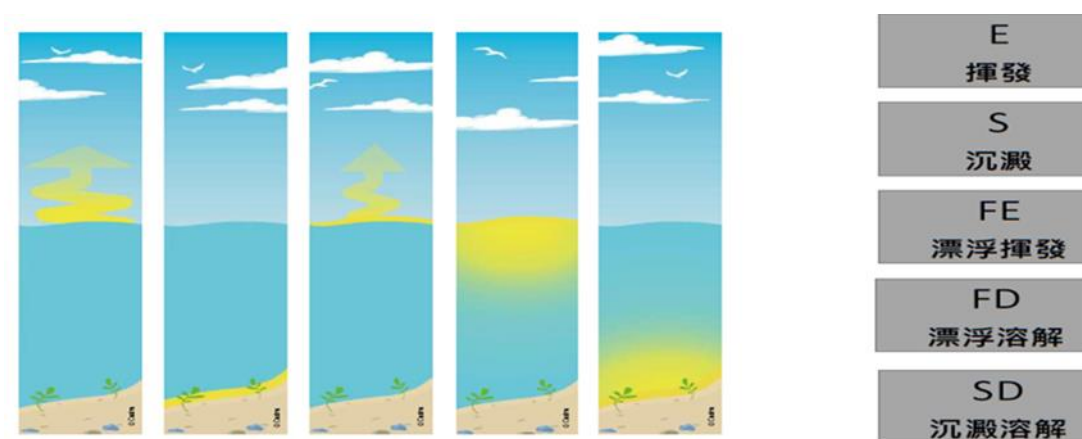
沉澱	沉澱
 <p><b>MAIN BEHAVIOUR S</b></p> <p>主要狀態變化：沉澱</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Higher relative density than water 相對密度比水高</li> <li>✓ Low solubility 溶解度低</li> </ul>	 <p><b>MAIN BEHAVIOUR S</b></p> <p>主要狀態變化：沉澱</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Higher relative density than water 相對密度比水高</li> <li>✓ Very low solubility 溶解度極低</li> </ul>
漂浮	漂浮
 <p><b>MAIN BEHAVIOUR F</b></p> <p>主要狀態變化：漂浮</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Lower relative density than water 相對密度比水低</li> <li>✓ Very low solubility 溶解度極低</li> <li>✓ Low to high vapour pressure 蒸氣壓從低到高</li> </ul>	 <p><b>MAIN BEHAVIOUR F</b></p> <p>主要狀態變化：漂浮</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Lower relative density than water 相對密度比水低</li> <li>✓ Very low to medium solubility 極低至中等溶解度</li> <li>✓ Low vapour pressure 低蒸氣壓</li> </ul>
揮發	

**MAIN BEHAVIOUR E**

主要狀態變化：揮發

- ✓ Lower relative density than water  
相對密度比水低
- ✓ Very low solubility 溶解度極低
- ✓ High vapour pressure 蒸氣壓高

表五、化學品線索(第二組)



圖十五、FED水中狀態(第二組)

### C. 兩組比較

由以上兩組的相關線索比較後，發現第二組的水中化學變化是比較單純且單一，第一組的相關線索雖然細節上看起來差異不大，但仔細地觀察後，還是可以分辨出來不同的差異。以下為學員分辨化學品變化過程照片。





表六、學員參與遊戲畫面

## 2. 化學品性質:特性、狀態變化與影響

### (1) 何謂「化學品」？

化學品(Chemicals)係指天然或人工合成之化學元素、化合物，及含有該元素、化合物之混合物及物品。然而，化學品並不同於HNS，依據2000年 OPRC-HNS 協議及2010 HNS 公約HNS之定義並不同，前者定義為「石油以外的任何物質進入海洋環境，可能會對人體健康造成危害、傷害生物資源和海洋生物，破壞環境或干擾其他對於海洋的合法使用」，後者定義則包含石油。

### (2) 陷入困境的船隻急需哪些資訊？

首先需識別外洩之HNS為何，資訊來源包括化學品文摘社登記號碼(CAS)、聯合國編號(UN no.)或INDEX編號等，掌握外洩HNS的名稱，方能進一步藉由聯合國緊急應變指南(ERG)及貨品安全資料表(SDS)等文件查詢相應之應對措施，並制訂應變策略。

### (3) 評估物質的反應性和危險性

外洩化學物質影響可分為化學反應性(即刻)、短期影響(最初數小



時、數日)及長期影響(一週後)，分敘如下：

A. 化學反應性對人類的危害(即刻反應與短期影響)

化學性反應由化學物質與空氣中的氧、水、光、聚合反應及其他物質等因素結合所產生。

某些物質與空氣中的氧接觸會產生燃燒及爆炸反應(例如：苯)，某些物質與水接觸會產生放熱反應、腐蝕性物質及易燃性物質(例如：硫酸、蘇打)，某些HNS與光接觸會引起光氧化反應或產生有毒化合物，為期數分鐘至數月皆有可能(例如：N-亞硝草脫淨、蔥)；某些HNS抑制劑失效後，接觸光、熱源、其他化學製品或經高溫長時間暴露，會產生聚合反應，有火災或爆炸風險(例如：聚苯乙烯)；此外，某些化學物質之間的不相容性亦會導致前揭危害性化學反應，可參考國際海事組織分隔表(IMO separation tables)。

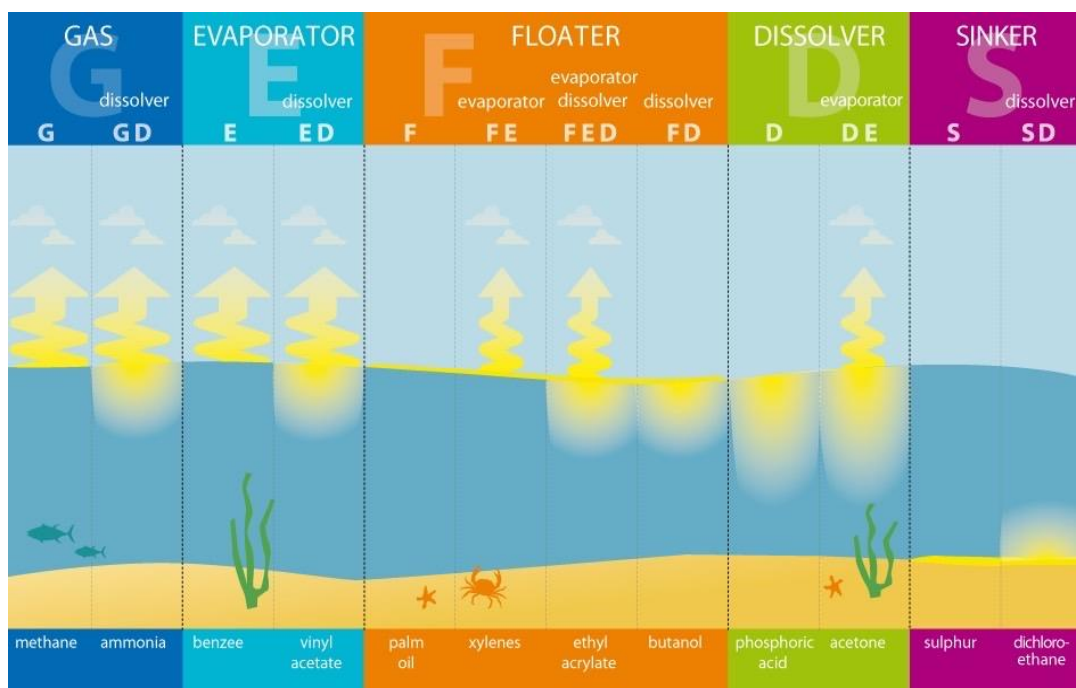
B. 對環境造成的主要危害(長期影響)

生態毒性(Ecotoxicity)指對水生動植物的短期或長期影響；生物累積(Bioaccumulation)指海洋生物中的生物累積性以及食用這些生物對人類健康的潛在危害；持久性(persistence)則受到生物和化學過程去除化學物質的速度限制。

C. 標準歐洲狀態變化分類系統

(A) 特性及短期狀態變化

「標準歐洲狀態變化分類系統」(Standard European Behavior Classification, SEBC)依據物質的物理和化學性質可能行為，將物質分為氣體(Gas, G)、蒸發物(Evaporator, E)、漂浮物(Floater, F)、溶解物(Dissolver, D)及沉澱物(Sinker, S)五種類別。實際上，物質在洩漏過程中，依據其特性及環境暴露程度，可能會呈現多種行為階段。因此又衍生出氣體溶解物(GD)、蒸發溶解物(ED)、漂浮蒸發物(FE)、漂浮蒸發溶解物(FED)、漂浮溶解物(FD)、溶解蒸發物(DE)、沉澱溶解物(SD)七種子類別。



圖十六、標準歐洲狀態變化分類系統物質狀態示意圖(CEDRE)

(B) 用於評估物質行為的參數

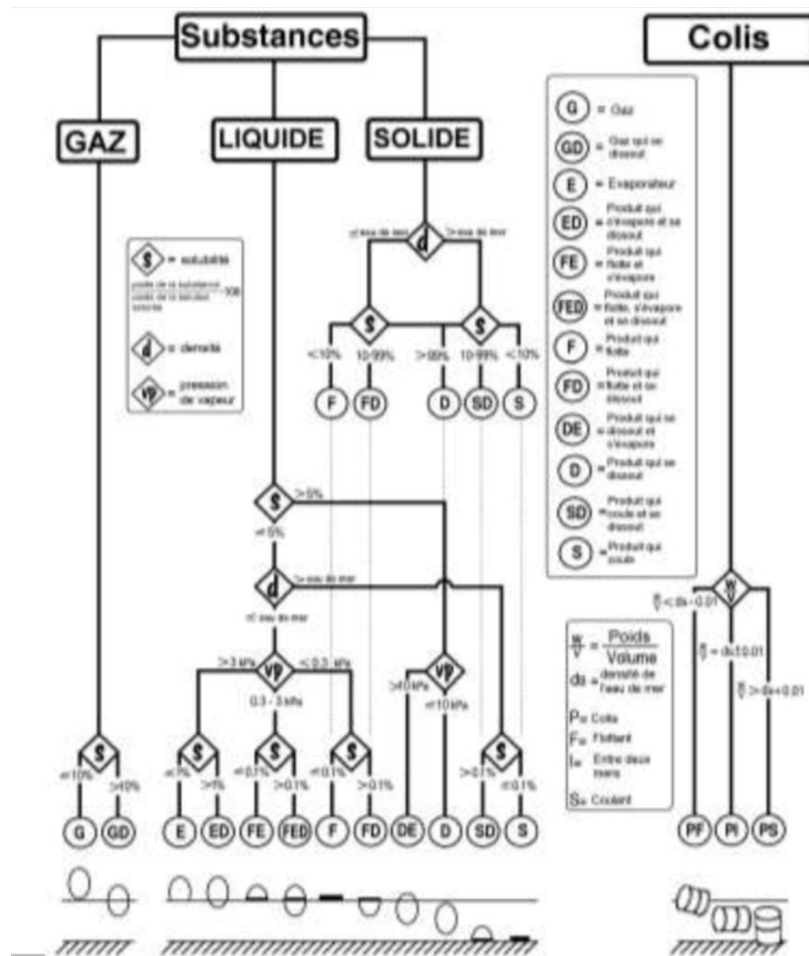
預測物質行為的相關4種物理（化學）性質分別為密度、蒸氣壓、溶解度及黏度，分敘如下：

- a. 密度(Density)：指單位體積水所含物質的質量，通常以  $\text{g/cm}^3$  或  $\text{kg/m}^3$  為單位測量。在物質外洩於海水的情況下，若密度大於1.03，將演變為沉澱物，反之則演變為漂浮物。
- b. 蒸氣壓(Vapor pressure)：在給定溫度下液體與蒸氣達到平衡時的壓力。蒸氣壓大於0.3千帕時，物質會快速蒸發，大於100千帕時物質為氣體。
- c. 溶解度(Solubility)：為物質（溶質）溶解到液體（溶劑）之能力，或每公升可溶解的最大數量，以  $\text{mg/L}(\text{ppm})$  或 % 表示。液體物質溶解度小於0.1%時幾乎不可溶解，溶解度介於0.1至5%之間時為可溶解，大於5%則為高溶解度；固體物質溶解度小於10%時幾乎

不可溶解，反之則為可溶解。

- d. 黏度(Viscosity)：阻礙液體流動的度量，單位為 cSt 千分之斯托克(centistoke)(mm<sup>2</sup>/s)。黏度隨溫度而變化，在大多數情況下，溫度升高會導致物質黏度降低和使物質更易擴散。此參數特別適用於評漂浮物(Fp) 的持久性，惟SEBC 並不將黏度做為考量之一。

結合上述物質演變分類及參數，可將SEBC繪製成以下樹狀圖，以利快速辨別外洩物質演變行為：

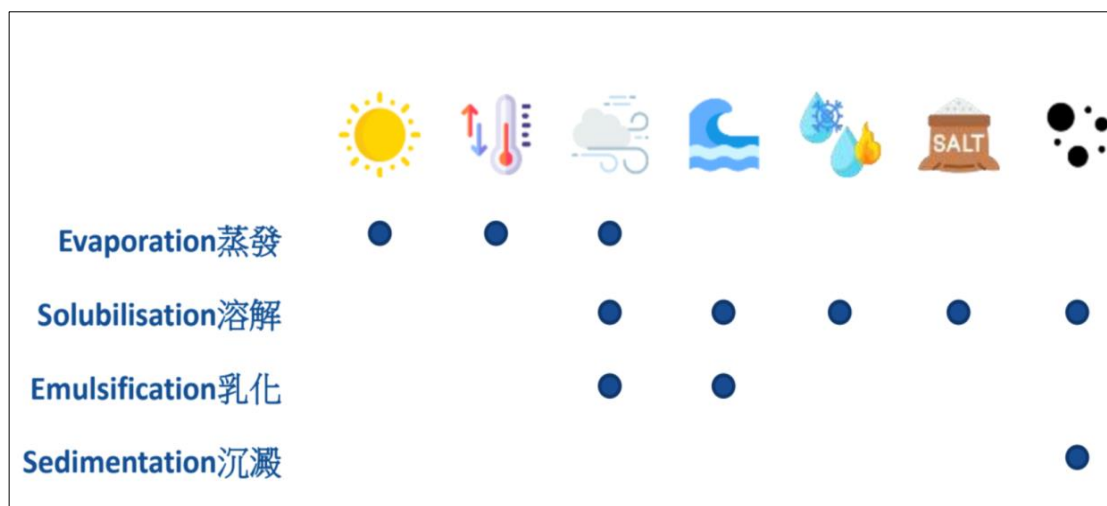


圖十七、標準歐洲狀態變化分類系統表(CEDRE)

然而，SEBC係依據實驗室內純化學品在20°C 淡水中演變行為所訂定，並被廠商引用於安全資料表中。當HNS物質外洩時，實際環境條件往往異於實驗室，因此必須將環境參數納入考量，例如：水面擾動可能導致物質乳化，水溫及鹽度可能導致物質溶解，懸浮微粒影響物質沉澱情形，太陽輻射及氣溫則影響蒸發情

形。

如欲掌握環境參數對外洩HNS物質演變狀態之影響，更多的實驗室或現場試驗研究就有其必要性。在實驗室建立開放式水池、實驗水柱或化學試驗台等設施皆是可行的選項。



圖十八、環境參數對物質影響之示意圖(CEDRE)

#### (4) 評估物質長期狀態變化

##### A. 生態毒性

毒性之定義為一種物質可傷害細胞、器官或整個生物體的程度。毒性的劑量描述通常以 mg/L 或 ppm 表示，可用於描述對人類或環境無影響的閾值，常用於評估物質危害的指標如下：

(A) 中位致死濃度(LC50)：預計 50% 的測試物種死亡時的物質濃度。通常以 mg/L 或 ppm 表示。

(B) 半致死劑量(LD50)：指給予實驗動物組群一定劑量 (mg/kg) 的化學物質，觀察 14 天，結果能造成半數 (50%) 動物死亡的劑量。

##### B. 持久性

(A) 生物降解：指好氧或厭氧微生物分子降解有機物質的過程，其動力會受到水質、沉積物類型、洩漏之 HNS 濃度、細菌

與微生物群落所影響。

- (B) 生物累積：指污染物從環境介質中吸收後在生物體中濃度的增加。物質的生物累積性潛力取決於物質對水的親和力，親和力越低，生物累積性潛力越高。

### 3. 安全資料表對理解化學品狀態變化的貢獻

#### (1) 安全資料表(Safety Data Sheet,SDS)

SDS是由化學品供應商負法律責任所製作並發布的必要性文件，提供有關化學品的資訊，確保其安全供應、運作和使用。SDS有16個必填項目(如下圖)，並包含每種化學品的性質等資訊；物理毒性和生物毒性、危害；保護措施以及運作、儲存和運輸化學品的安全預防措施，此文件有助於使用該物質之風險評估以及判斷物質洩漏時之狀態以利應變處置。

The Safety Data Sheet 安全資料表	
1. Identification of the substance / mixture and of the company / undertaking 物質 / 混合物和公司 / 企業的標識	10. Stability and reactivity 穩定性與反應性
2. Hazards identification 危險識別	11. Toxicological information 毒理學資訊
3. Composition / information on ingredients 組成成分/成分訊息	12. Ecological information 生態學資訊
4. First-aid measures 急救措施	13. Disposal considerations 處置注意事項
5. Fire-fighting measures 消防措施	14. Transport information 運輸資訊
6. Accidental release measures 意外釋放措施	15. Regulatory information 監管資訊
7. Handling and storage 操作和儲存	16. Other information 其他資訊
8. Exposure controls / personal protective equipment 接觸控制/個人防護裝備	
9. Physical and chemical properties 物理和化學性質	

All rights reserved Cedre - Distribution and reproduction prohibited

Cedre Tackle the behaviour of HNS using SDS 使用安全資料表應對有毒有害物質狀態變化 4

圖十九、安全資料表內容

#### (2) SDS使用上的限制

- A. 資訊並非總是可以即時取得。
- B. 所載資訊為提供現場應變決策參考，惟仍須綜合評估現場風險及狀況。
- C. 所載資訊為來自實驗室之物理化學特性(如在淡水情況水溫20°C)，未考慮環境條件的影響(如風、太陽輻射及水流等)，為該物質理論上的狀態變化。

### (3) 桌面兵推

在學習了化學品在海上的狀態變化基本知識並瞭解物理化學參數對判斷化學品的重要性，以及瞭解如何使用SDS後推斷化學品的理論上狀態後，CEDRE安排參訓學員2人1組，從苯乙烯單體(Styrene monomer)、異丙醇(Isopropyl alcohol,IPA)及丁酮(Methyl ethyl ketone,MEK)隨機分配予各組利用SDS及標準歐洲狀態變化分類系統(SEBC)圖表來操作最後讓大家分組上台報告。

- A. 苯乙烯單體(Styrene monomer):依照SEBC chart的順序由SDS查找物質為液體，下一步為確認溶解度是否高於5%，因安全資料表未明確提供溶解度，僅提供「微溶於冷水」，判斷為小於5%，接下於SDS查找蒸氣壓為0.655kPa，在0.3-3kPa的範圍內，接著再次用判斷溶解度為0.1%以上，最後得出本項物質狀態為漂浮蒸發溶解(FED)。

**Material Safety Data Sheet**  
物質安全資料表

**Styrene Monomer (Extract)**  
苯乙烯單體 (萃取物)

---

**1. Chemical product and company identification 化學品及公司資訊**

Product name 產品名稱: Styrene Monomer 苯乙烯單體  
 MSDS # 物質安全資料編號: 0000001733  
 Code 編號: 0000001733 (NAP)  
 Product use 產品用途: Industrial use 工業用途  
 Supplier 供應商: INEOS Styrenics 25946 SW Frontage Road Channahon, IL 60410  
 Emergency phone: 1 (877) 856-3682/Outside the US: +1 703-527-2559 (CHEMTRAC)  
 緊急連絡電話:

**9 -Physical and chemical properties 物理及化學特性**

Physical state 物理狀態: Liquid. 液體  
 pH 值: 7 (Neutral. 中性)  
 Odor 氣味: Aromatic. 芳香味  
 Color 顏色: Clear. Colorless. 透明無色  
 Boiling point / Range 沸點/沸點範圍: 145.2 °C (293.4 °F)  
 Melting point / Range 熔點/熔點範圍: -30.0 °C (-23.1 °F)  
 Specific gravity 比重: 0.91  
 Vapor pressure 蒸氣壓: 0.655 kPa (5.003 mm Hg) at 20°C 時的蒸氣壓 0.655 千帕(5.003 mm Hg)  
 Vapor Density (Air = 1) 蒸氣密度 (空氣 = 1): 3.6  
 Solubility 溶解度: Very slightly soluble in cold water. 微溶於冷水  
 Viscosity 黏度: Kinematic: 0.75 mm<sup>2</sup>/s (0.75 cSt) at 20°C 運動黏度: 20°C 時為 0.75 mm<sup>2</sup>/s (0.75 cSt)

The SEBC chart for Styrene Monomer starts with 'LIQUIDE'. It checks solubility (S) in water. Since it is 'very slightly soluble' (S), it moves to the right. It then checks vapor pressure (VP) at 20°C. The VP is 0.655 kPa, which is between 0.3 kPa and 3 kPa. This leads to the 'FED' classification. The chart also includes a legend for 'Colis' (Packaging) and 'Poids' (Weight) categories.

圖二十、苯乙烯安全資料表

- B. 異丙醇(Isopropyl alcohol,IPA): 依照SEBC chart的順序由SDS查找本物質為液體，下一步為確認溶解度是否高於5%，本物質資料表內亦未載溶解度數字，但有寫可依任何比例混融，判斷為高於5%，蒸氣壓的部分為在25 °C時60.2hPa，單位換算為6.02kPa，最後得出物質狀態為溶解(D)。

SECTION 9: Physical and chemical properties 第九項: 物理及化學特性

9.1 Information on basic physical and chemical properties 基本物理和化學特性資訊

Appearance 外觀

Physical state 物理狀態	Liquid 液體
Colour 顏色	Various 多種顏色
Odour 氣味	Characteristic 特別的

Other safety parameters 其他安全參數

pH (value) pH 值	not determined 未確定
Melting point/freezing point 熔點/冰點	-89.5 °C
Initial boiling point and boiling range 初沸點和沸點範圍	82.3 °C at 1 atm 82.3 °C (一個標準大氣壓)
Flash point 閃點	12 °C
Evaporation rate 蒸發率	not determined 未確定
Flammability (solid, gas) 可燃性 (固體、氣體)	not relevant, étudé 不相關 (查)

Explosive limits 爆炸極限

- Lower explosion limit (LEL) 爆炸下限 (LEL)	2 vol%
- Upper explosion limit (UEL) 爆炸上限 (UEL)	13 vol%
Vapour pressure 蒸氣壓	60.2 hPa at 25 °C 25 °C 時蒸氣壓 60.2 百帕
Density 密度	0.79 g/cm <sup>3</sup> at 20 °C 20 °C 時的密度 0.79 克/立方公分
Vapour density 蒸氣密度	this information is not available 無相關訊息

Solubility(ies) 溶解度

- Water solubility 水溶性	miscible in any proportion 可依任何比例混溶
------------------------	-------------------------------------

Partition coefficient 分配係數

- n-octanol/water (log KOW) 辛醇/水分配係數 (log KOW)	0.05 (25 °C) (ECHA) (數據來源: 歐洲化學局)
--	-----------------------------------

Auto-ignition temperature 自然溫度

	399 °C (ECHA) (auto-ignition temperature (liquids and gases)) (自然溫度 (液體和氣體))
--	--

Viscosity 黏度

	not determined 未確定
--	--------------------

Explosive properties 爆炸特性

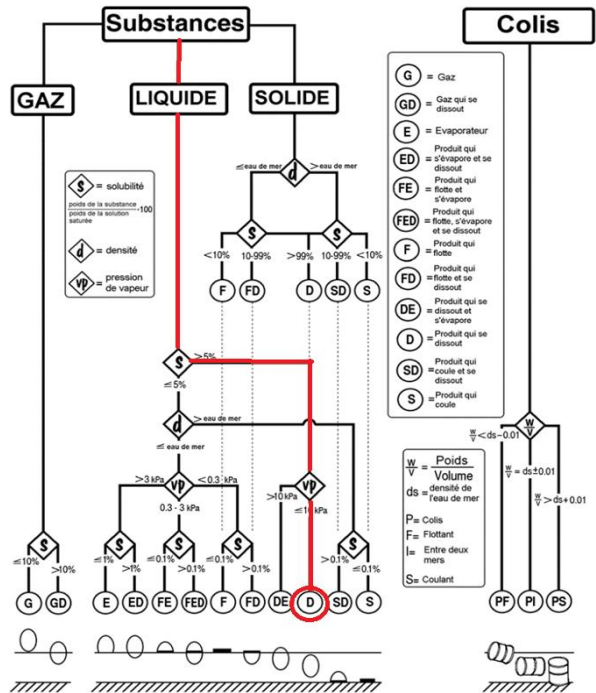
	None 無
--	--------

Oxidising properties 氧化特性

	None 無
--	--------

9.1 Other information 其他資訊

Solvent content 溶劑含量	100 %
Temperature class (EU, acc. to ATEX) 溫度等級 (歐盟、根據ATEX 標準)	T2 (maximum permissible surface temperature on the equipment: 300°C) (設備表面最高允許溫度: 300°C)



圖二十一、異丙醇安全資料表

C. 丁酮(Methyl ethyl ketone,MEK): 依照SEBC chart的順序由SDS查找本物質為液體，下一步為確認溶解度是否高於5%，SDS上提供溶解度為28g/100ml，溶解度28%，並且蒸氣壓為104hPa，單位換算為10.4kPa，大於10kPa，最後得出物質狀態為溶解揮發(DE)。

**ENDURA PAINT**

**METHYL ETHYL KETONE (MEK) 丁酮**  
 Safety Data Sheet (EXTRACT) 安全資料表 (萃取物)  
 according to Federal Register / Vol. 77, No. 58 / Monday, March 26, 2012 / Rules and Regulations  
 Date of issue: 01/21/2016 Revision date: 06/05/2021 Supersedes: 01/21/2016 Version: 1.1

---

**SECTION 1: Identification 資訊**

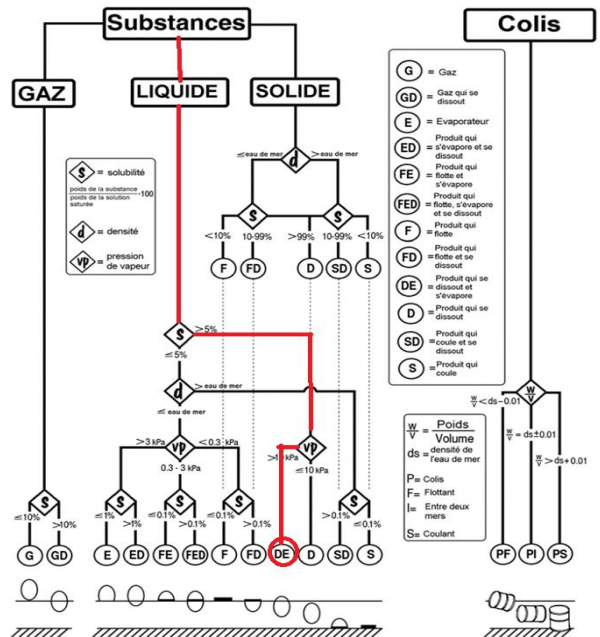
1.1. Identification 資訊  
 Product form 產品性質 : Substance 物質  
 Trade name 商品名稱 : METHYL ETHYL KETONE (MEK) 丁酮  
 CAS-No. CAS-No.ingr. : 78-93-3  
 Formula 化學式 : C<sub>4</sub>H<sub>8</sub>O

---

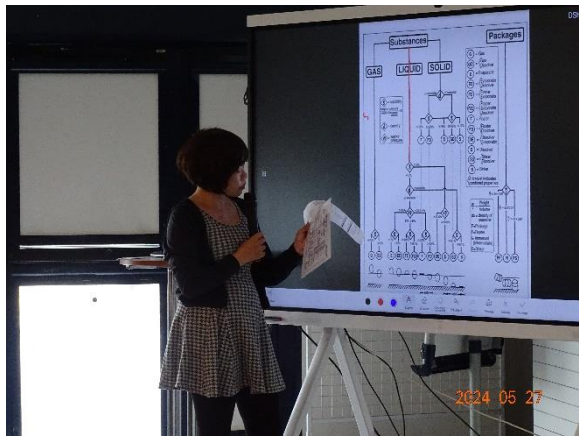
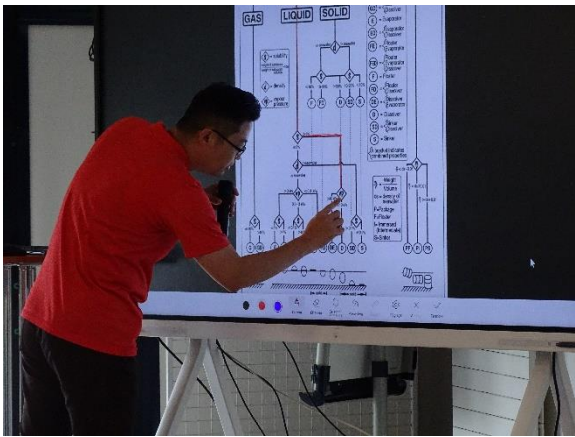
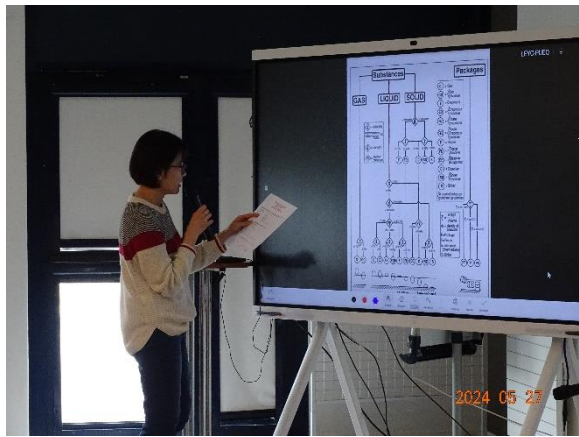
**SECTION 9: Physical and chemical properties 第九項: 物理及化學特性**

9.1. Information on basic physical and chemical properties 基本物理和化學特性資訊

Physical state 物理狀態	Liquid 液體
Appearance 外觀	Liquid 液體
Color 顏色	No data available 無相關資料
Odour 氣味	Sweet odour Acetone odour 甜味 丙酮味
Odor threshold 嗅覺閾值	No data available 無相關資料
pH 值	No data available in the literature 文件中無相關數據
Melting point 熔點	-97 °C (1013 hPa 百帕)
Freezing point 冰點	No data available 無相關資料
Boiling point 沸點	80 °C (1013 hPa 百帕)
Critical temperature 臨界溫度	-176 °C
Critical pressure 臨界壓力	41550 hPa 百帕
Flash point 閃點	-3 °C (1010 hPa 百帕)
Relative evaporation rate (butyl acetate=1) 相對揮發率 (丁酮=1)	6
Relative evaporation rate (ether=1) 相對揮發率 (乙醚=1)	2.7
Flammability (solid, gas) 可燃性 (固體、氣體)	No data available 無相關資料
Explosion limits 爆炸極限	1 - 11 vol %
Explosive properties 爆炸特性	No data available 無相關資料
Oxidizing properties 氧化特性	No data available 無相關資料
Vapor pressure 蒸氣壓	104 hPa 百帕(20 °C)
Vapor pressure at 50 °C 50 °C 的蒸氣壓	370 hPa 百帕
Relative density 相對密度	0.81 (20 °C)
Relative vapor density at 20 °C 20 °C 時的相對蒸氣密度	2.4
Relative density of saturated gas/mixture 飽和蒸氣或氣液混合物的相對密度	1.2
Specific gravity / density 比重/密度	810 kg/m <sup>3</sup> 公斤/立方公尺(20 °C)
Molecular mass 分子量	72.11 g/mol 公克/莫耳
Solubility 溶解度	Soluble in water. Soluble in ethanol. Soluble in ether. Soluble in acetone. Soluble in oil. 溶於水、溶於乙醇、溶於乙醚、溶於丙酮、溶於油。
Water 28 g/100ml (soluble) : 28 克/100 毫升 (可溶)	
Ethanol: complete 乙醚: 完全	
Ether: complete 乙醚: 完全	
Acetone: complete 丙酮: 完全	
Partition coefficient n-octanol/water (log Pow) 辛醇/水分配係數	0.3 (實驗值、OECD 117; 分配係數 (辛醇/水)、高效液相層析、40°C)



圖二十二、丁酮安全資料表



表七、分組兵推

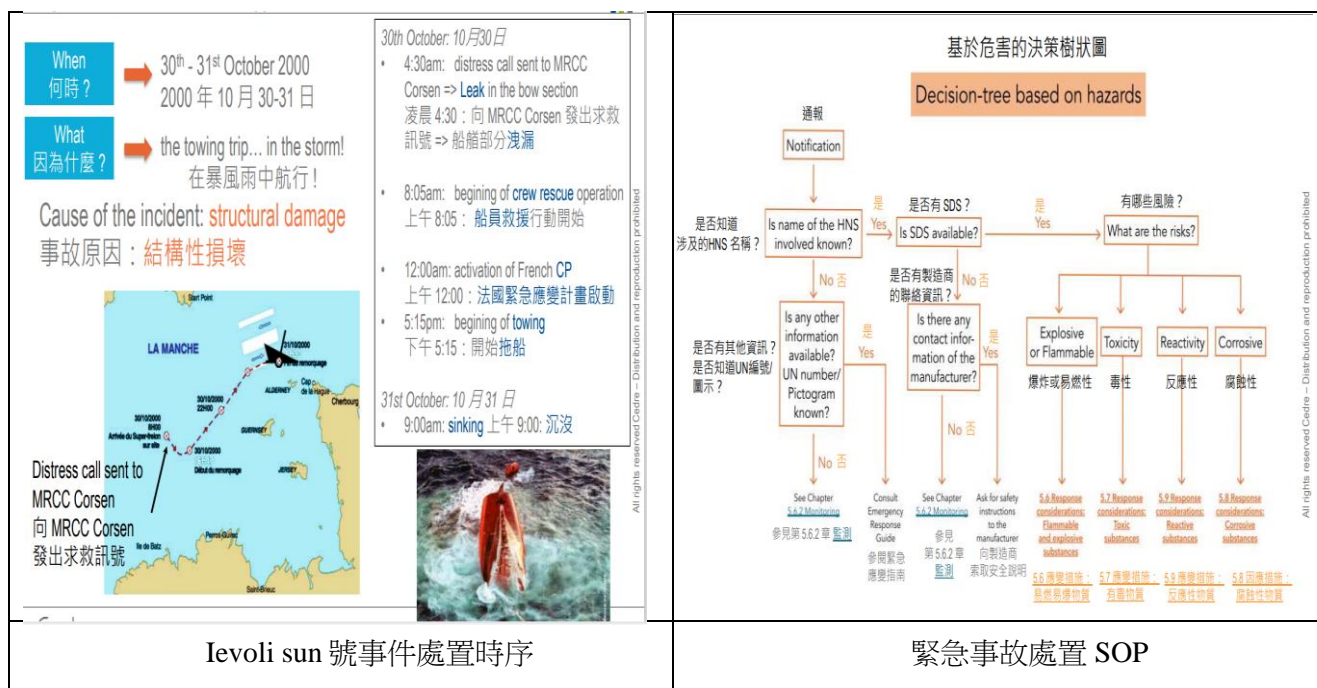


### (三)、 有毒有害物質應變

#### 1. 狀況評估和初步行動

##### (1) 伊沃利太陽號 (Ievoli Sun) 事故案例研究

A. 伊沃利太陽號 (Ievoli Sun) 是一艘意大利籍的化學品船，在2000年10月30日在北海發生了嚴重事故。當時船上載有大量危險化學品，包括4,000噸苯乙烯、1,030噸丁酮和1,000噸異丙醇等。凌晨4:30，法國海上救援協調中心 (MRCC) 接到船員的求救訊號，報告船艙部分雙層底出現洩漏並有船員需要救援。救援行動於當日下午5點15分開始，以每小時4節的速度向東北方向行駛。隔日上午9點，船隻沉入水深70米，位於卡斯克茨以北約9海浬處。除化學品外，船上的160噸重油和40噸柴油亦可能造成海洋污染。事故發生後，法國和英國的船隻及飛機迅速展開監視和救援行動，將沉船標記為信標浮標，並在其位置設置禁區以防止進一步的環境破壞。初步觀察顯示，海面上只有少量浮油。這起事故突顯了化學品運輸的風險，並引發了針對海上環境保護和事故應對的討論和改進措施。



圖二十三、伊沃利太陽號 (Ievoli Sun) 事故案例

B. 遇到海上船運事故時，首要步驟是確認涉及的危險性化學品 (HNS)

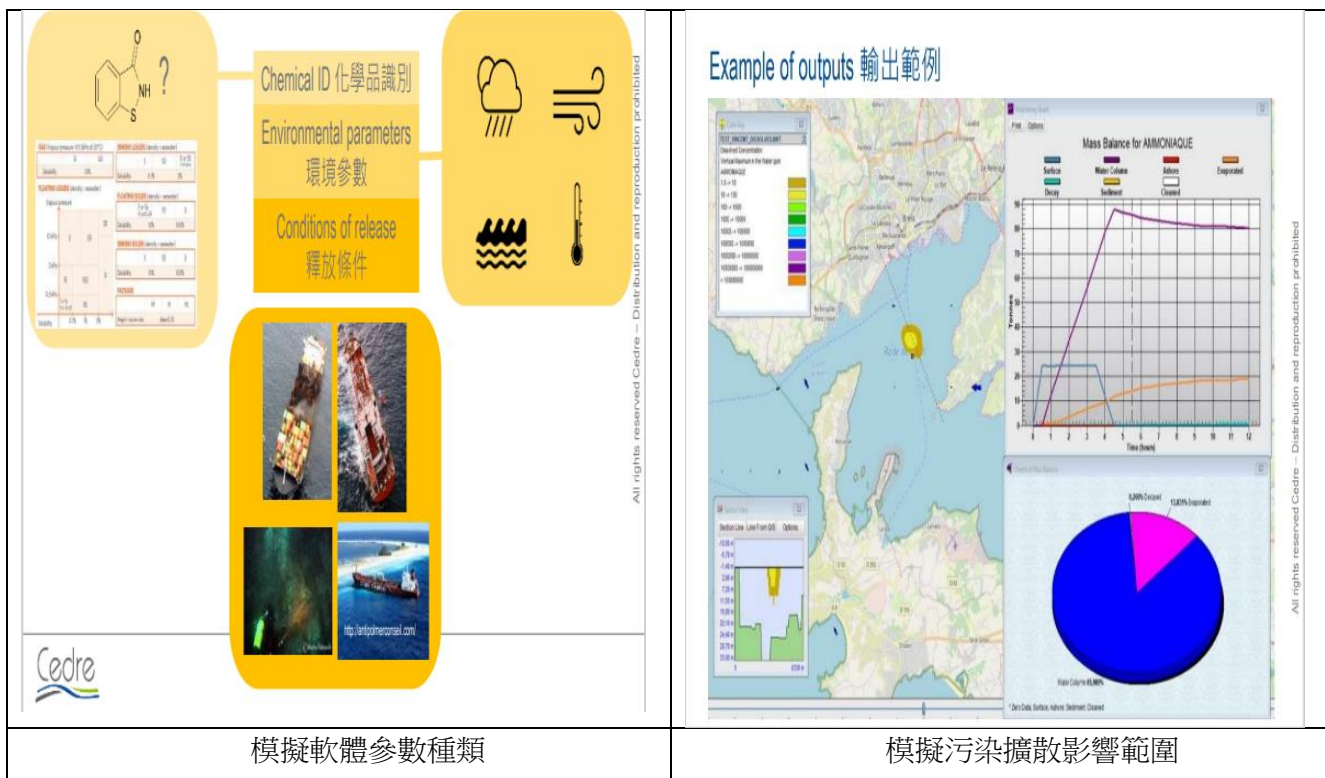
名稱，並參考其安全資料表（SDS）以獲取物理化學性質，如分子量、沸點、閃點、密度、蒸氣壓、黏度和溶解度等，同時需要快速進行危害評估。以伊沃利太陽號為例，苯乙烯可能形成有毒雲並引發爆炸，丁酮具有爆炸和火災風險，而異丙醇則具有高溶解度。伊沃利太陽號事件提醒人們，油輪事故污染並非海岸線唯一威脅，化學品船舶事故可能帶來更為嚴重的影響。

## **(2) 污染擴散模擬軟體**

目前已可運用多種模擬軟體進行預測模型，這些軟體能根據近海及岸際的環境特質，輸入相關參數如風速、風向、海流速度、海流方向和水溫等，來推算性質變化、蒸發量等數據。模擬軟體主要依據過往的經驗統計資料進行預測，因此資料庫中的原始數據準確性至關重要。

這些模擬軟體能夠提供緊急應變措施的規劃參考，例如預測污染物的運動軌跡，但需要與現場的實地勘查和取樣結果進行交叉比對。污染物靠近岸際時，受到多種因素影響，其移動方向較難預測，而各水域的狀況差異也是精確預測的挑戰之一。

模擬結果不僅可作為緊急應變措施規劃的參考，還有助於民眾疏散的進行。事故發生後，應該每日向相關當局、救難人員和氣象單位提供模擬圖像資料，以便各方在第一時間了解情況並迅速制定應變策略。此外，通過比對不同軟體資料庫模擬的結果和空拍圖像，可以評估個別軟體的應用差異性和正確性，並據此推估動員人力、預算需求、廢棄物的數量和類型等，作為災後重建的評估基礎。



模擬軟體參數種類

模擬污染擴散影響範圍

圖二十四、污染擴散模擬軟體

### (3) 觀測載具

以伊沃利太陽號事件為例，外洩之苯乙烯為神經毒性化合物，當時海域雖劃設有禁航區，惟負責空中觀測之法國海關因未配有適當氣體探測器，飛行員出現明顯頭痛等毒物反應後多次停工。隨著科技進步，目前已研發出多元化觀測載具，空中部份包括無人機、飛機/直升機及衛星等；水下部份則包括自主水下載具（AUV）、遙控水下載具（ROV）及無人水面載具（USV）等。以水下載具而言，依水深、搭載感測器、取樣設備等功能不同可分為3種等級，最高等級可達水深10,000公尺進行污染物及貨櫃回收，惟造價昂貴，故應依使用目的選擇適合之載具。



空中載具

海域載具

Platform 平台		ADVANTAGES 優點	LIMITATIONS 限制
SATELLITES 衛星 using various sensors 使用各種感測器		Regular overpasses 具有規律的飛行模式 Large coverage area 廣泛的覆蓋範圍 Multiple sensors 多種感測器	Overpasses are fixed in terms of frequency, coverage and trajectory 飛行的頻率、覆蓋範圍和軌跡是固定的 Data processing and interpretation can be complex and time-consuming 數據處理和解釋可能複雜且耗時 Spill detectability might be weather-dependent 洩漏的偵測力可能取決於天氣
	Planes 飛機 Using various sensors and trained observers 使用各種感測器和訓練有素的觀察員	Multiple types of sensors can be used 可以使用多種類型的感測器 Can be deployed relatively quickly 可以相對較快地部署 Longer range than helicopter 比直升機航程更遠	Cannot operate in explosive atmospheres 不能在爆炸性環境中操作 Cannot operate at minimum speed and altitude 無法以最低速度和高度飛行 Cover smaller area than satellite 覆蓋面積比衛星小
Manned aircraft 載人 空中載具	Helicopters 直升機 Using various sensors and trained observers 使用各種感測器和訓練有素的觀察員	Human observation feasible 可以肉眼觀察 Manoeuvrability 機動性 Ability to perform stationary flight 可靜止在空中	Limited number of sensors (FLIR) 感測器數量有限 (FLIR) Cannot operate in explosive atmospheres 不能在爆炸性環境中操作 Limited number of observers 觀察員人數有限 Limited range 航程有限
	DRONES/UAV 無人機/無人航空載具 using various sensors 使用各種感測器	Price range/low cost 價格範圍低/成本 Remote piloting 遙控操作 Can be adapted to operate in explosive atmospheres 可以使用在爆炸性環境中 Integration of miniaturised sensors 整合小型化感測器	Need for drone aircraft runway (for UAVs) 需要無人機飛行跑道 (用於無人機) Limited flight time 飛行時間有限 Limited by weather conditions 受天氣條件限制 Limited to lightweight sensors 僅限於輕型感測器 Increasingly strict regulations for operating UAV 無人機操作法規日益嚴格
Autonomous ships 遙控水下載具	Observation of benthos 底棲生物觀察 Platform to deploy drone or ROV 部署無人機或遙控水下載具的平台	Observation of benthos 底棲生物觀察 Platform to deploy drone or ROV 部署無人機或遙控水下載具的平台	Limited navigating time 有限的航行時間 Limited by sea surface state 受海面狀態限制 Limited to lightweight sensors 僅限於輕型感測器
Vessels 船隻	Observation of benthos 底棲生物觀察 Platform to deploy drone or ROV 部署無人機或遙控水下載具的平台	Observation of benthos 底棲生物觀察 Platform to deploy drone or ROV 部署無人機或遙控水下載具的平台	Delay to access remote area 遠達地區
ROV 遙控水下載具	Observation of benthos 底棲生物觀察 Platform to deploy drone or ROV 部署無人機或遙控水下載具的平台	Observation of benthos 底棲生物觀察 Platform to deploy drone or ROV 部署無人機或遙控水下載具的平台	Delay to access remote area 遠達地區

用於遠端操作設備 Uses for remotely operated equipment	遙控水下載具、自主水下載具 Subsurface ROV, AUV, Glider	表面 Surface ASV	無人航空載具、衛星 Aerial UAV, satellite
Surveying seafloor 海底測量	X	X (shallow waters) (淺水區)	-
Collecting samples 採集樣本	X (ROV) (遙控水下載具)	-	-
Detecting substances (sea) 檢測物質 (海洋)	X	X	-
Detecting substances (air) 檢測物質 (空氣)	X	X	X
Measuring oceanic properties (i.e. currents, salinity, temperature) 測量海洋特性 (即海流、鹽度、溫度)	X	X	X (satellite) (衛星)
Mapping 測繪 (即海流、鹽度、溫度)	X	X	X

各式載具優劣分析

水下載具優劣分析

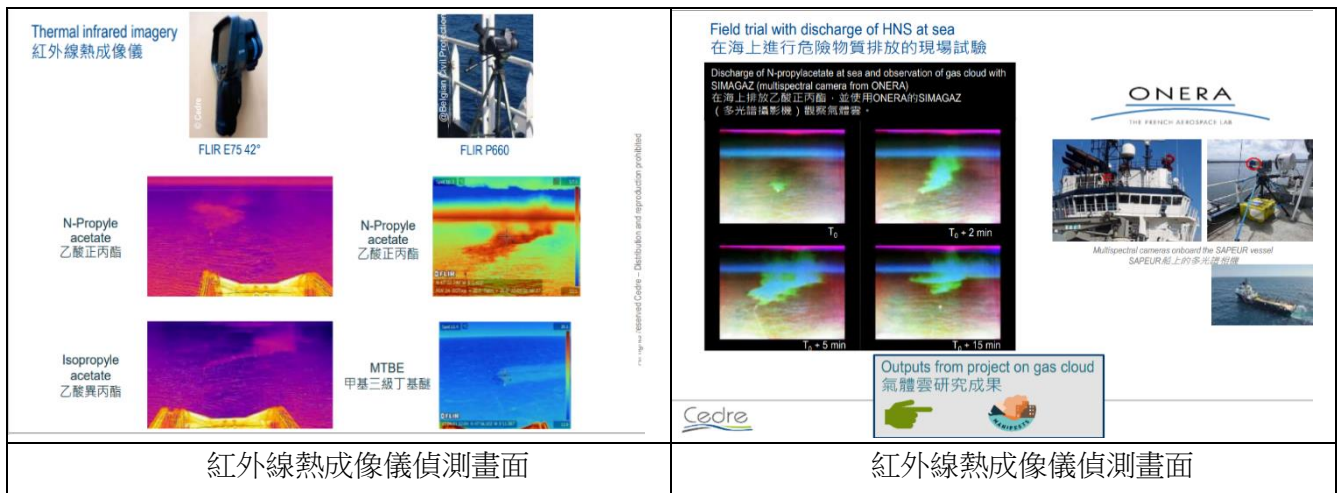
圖二十五、空中及水下載具分析

#### (4) 儀測監控

常用於火災現場偵測熱源之紅外線熱成像儀也運用於化學品外洩監控，可觀測到肉眼所不能辨識之蒸氣揮發擴散方向；多光譜攝影機則能夠檢測不同波段的光譜信息，包括可見光、紅外線和紫外線等，可以有效地探測和辨識化學品在海洋中的洩漏情況，即使在光線不佳或惡劣天氣下，也能提供準確的影像資料。

多光譜攝影機主要強調在不同波段下的高解析度影像和對自然環境多樣性的捕捉，適合於全面的洩漏檢測和環境影響評估；而紅外線熱成像儀或紅外線攝影機則特別擅長於熱成像和在夜間或低能見度條件下的快速洩漏偵測。因此，在實際應用中，可以根據具體需求和環境條件選擇適合的技術來提高事故應對的效率和準確性。

將上述攝影機設備安裝在無人機、船等載具上可以進行更有效風險評估，並能避免人員接觸化學品的風險。所獲得的即時影像資料可以提供給救援隊伍和決策者，幫助他們更準確地制定救援計劃和決策。例如，可以基於實時影像確定安全區域、避難路線或避免進一步擴散化學品的最佳策略。



圖二十六、紅外線熱成像儀畫面

## (5) 研發創新

法國目前正在研發一套遇到緊急情況即時反應的模組化設備，該設備整合了採樣、現場分析和油分散測試（測試不同分散劑效果）3個模組，並具備通訊功能。有利現場處理人員能夠即時確認污染物種類，並迅速將資訊回報給指揮中心，以便後續決策和資源調度。整體設計理念簡便易行，透過APP開發，確保每位操作者在取得設備後都能快速上手操作。此外，考量到海上訊號可能薄弱的情況，設備能夠在現場進行探測和分析後，直接透過手機回傳資料，有效節省應急反應的時間。

## 2. 無人機演練

法國海上消防隊與CEDRE共同合作進行無人機演練，旨在應用於海洋污染的觀察、偵測及取樣等任務。演練中，科學實驗室專門負責無人機所採集的樣品進行分析，並透過盲測方式驗證無人機對化學品偵測數據的準確性，同時使用陷阱樣品作為實驗對照。此外，無人機還通過釋放熱反應化學物質來探測環境溫度變化。

法國海上消防隊的無人機能夠即時將空拍畫面回傳至應變小組成員的手機，且回傳延遲不超過1秒鐘，所有測得的數據均以制式表格形式回傳至實驗室。這些無人機可以在空中滯留5分鐘以上，環繞災害事故現場，建立3D模型，協助應變小組規劃救災、疏散和清運廢棄物的路線，並且提供事後求償的證據支持。

在演練中，無人機模擬了將污染物排入海域的情景，搭載氣體偵測儀器能

夠即時偵測不同化學物質的濃度和分散位置，遠距遙控人員可在約7公里外模擬事故現場，運用無人機進行採樣，有效防止人員暴露於危險環境中。此外，演練還啟動了會員國間的協同機制驗證，英國和西班牙派遣定翼機協助偵測，並利用歐盟衛星來驗證演練中污染物的準確經緯度位置。

總體而言，演練成功地驗證了科學實驗室數據與實際海上環境數據的一致性，並且在海測船上分析數據，順利完成了本次演練。相關成果將會在國際會議上進行發表。

### 3. 應變類型 - 以船舶為導向的行動和以污染物為導向的行動

(1) 依載運模式之不同，可分為載運船、貨櫃和貨物（cargo），如下圖所示。

載運船 The carrier	貨櫃 The container	貨物 The Cargo
 <p>天然氣儲油槽</p>	 <p>一般常用貨櫃(20呎及40呎)</p>	 <p>鐵桶</p>
 <p>貨櫃運輸船</p>	 <p>冷凍貨櫃</p>	 <p>塑膠儲存槽</p>

表八、各類載運船、貨櫃及貨物

(2) 依據運輸物品的種類，受物理和流體力學決定容器於事故發生後漂浮、下沉或飄移等行為，例如冷凍貨櫃因其氣密特性可在海面上漂浮，故於處理海上災害時，應瞭解貨物載運方式方能決定後續處理行動。

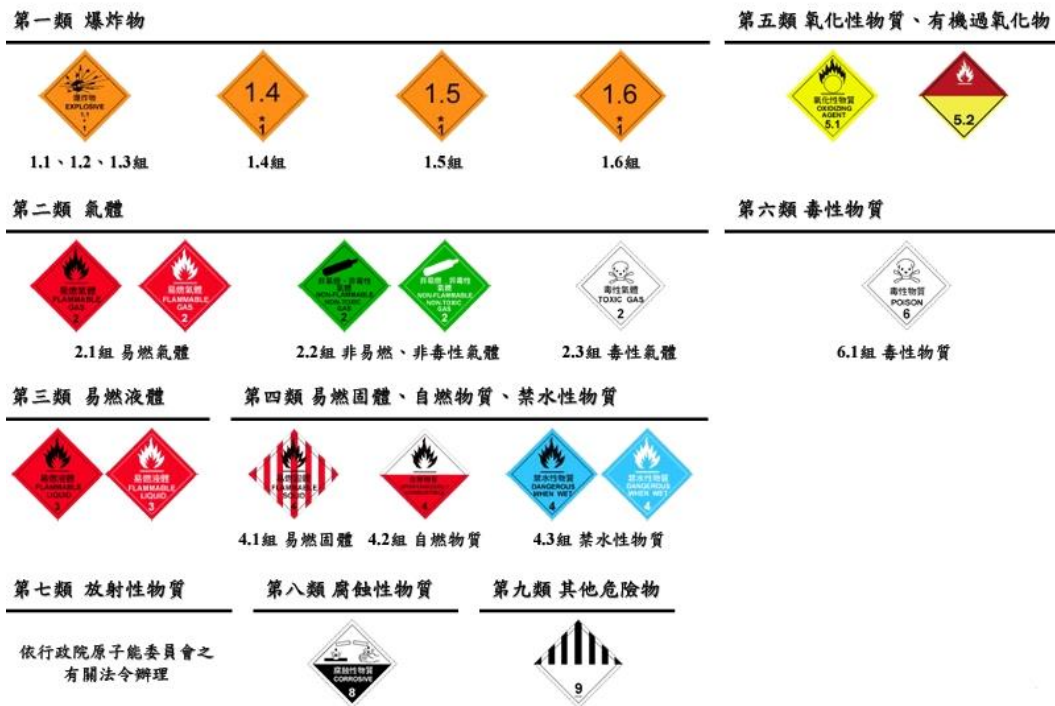
### (3) 化學物識別與風險辨識

A. 危險物品（爆炸性/易燃性/腐蝕性/毒性）

### (A) 危害分類系統

聯合國化學品全球調和制度（GHS）依據健康、環境及物理性危害提供物質及混合物之調和性分類準則，每一化學品有一個聯合國編號，並規定在運輸時要標註相關圖示，並在申報資料紀錄該編號。

### (B) 危害物質之主要分類及圖示如下



圖二十七、危害物質圖示

### (C) 事故發生後處置

第一階段藉由運輸貨品上標示的圖卡可以快速的知道貨品可能發生的危害；第二階段聯絡船東得到申報資料以獲得船上化學品的種類及編號後查得貨物處理方式；第三階段則為組建工作團隊分析並建立處理及回收方式。

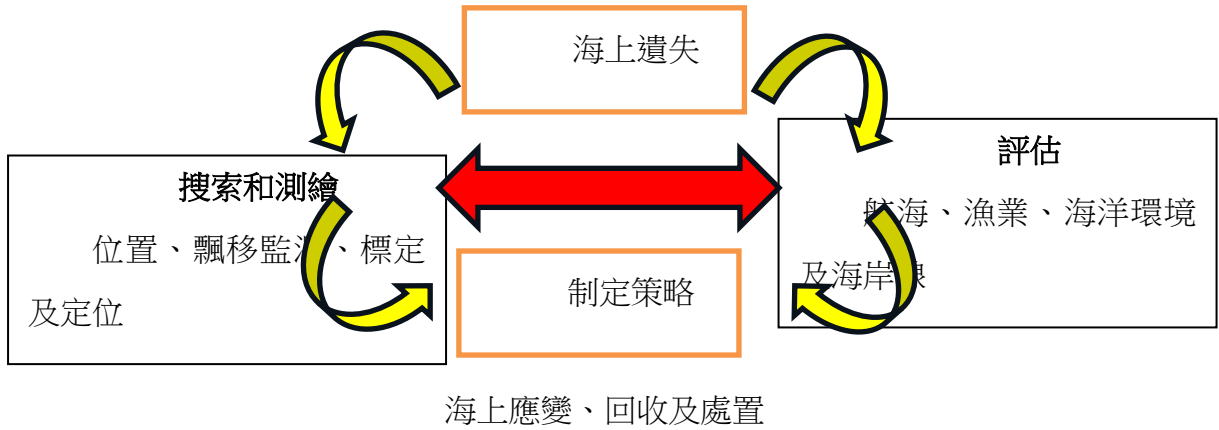
### (D) 貨物處理的重點

應快速提供文件（立刻知道裝載資料、做詳細記錄），在表格中註明關於每一個的貨物資訊（用標準化的表格紀錄讓處理人員立即知道）；專門組建一個工作團隊（CEDRE會建立5人小組，處理、確認危險品可能發生事故）；確認貨物時不侷限於危險品，因貨櫃船所承載上千個貨櫃中可能包含數百種化學品，如無法掌




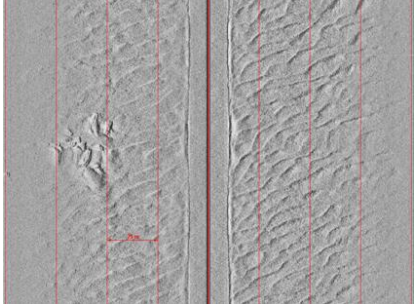
握船上所有貨物資料，將可能對處理單位及人員造成傷害。

### B. 海上遺失貨櫃

惡劣天氣下的船體破損、碰撞、卸綁等貨櫃船事故可能造成貨櫃於海上遺失，其海上應變、回收及處置策略簡圖如下。

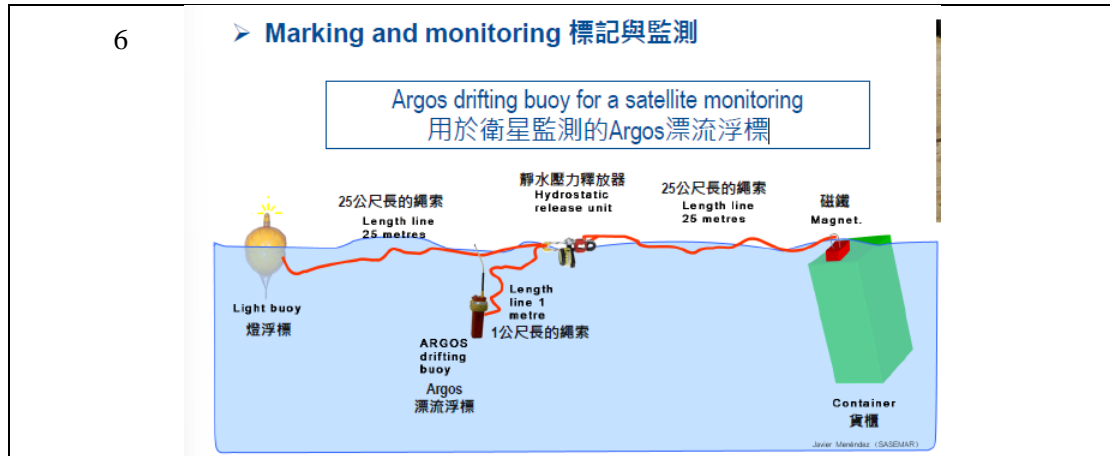


(A) 遺失貨櫃應變的行動方案包括調查、標記與監測、回收及處置。

調查	
 空中觀測	 從船上觀測海面
在海床上調查	
 法國海軍聲納	 側視航照雷達影像
標記與監測	



## ➤ Marking and monitoring 標記與監測



(B) 飄移預測：法國氣象局開發軟體，藉由海流、風速及地形等環境因子來進行預測。

(C) 在惡劣海象下，不建議在船上進行貨櫃的回收和固定。這過程中，人員應穿戴防護設備，並確保有安全容器（貨櫃裝有液體時需進行轉移）。

### C. 事故回顧：112年帛琉籍「天使輪」在高雄港外海沉沒事件

(A) 112年7月20日帛琉籍貨櫃船天使輪於一港口南堤2.8海浬，因船艙破損進水，該船體持續向左傾斜8~9度，於7月21日00時19分完全沉沒，並於海面上發現輕微油花。

(B) 本案係海難事件，由交通部主政，截至9月22日共召開35次緊急應變會議，海洋保育署與會。

(C) 海洋保育署7月20日通報高雄市海洋局緊急應變，並請海洋局將相關應變資材備便至高雄港，亦同步通報至航港局、屏東縣環保局、澎湖縣環保局、台電第三核能發電廠、墾丁國家公園管理處保育研究課、國立海洋生物博物館、內政部營建署海洋國家公園管理處。

(D) 7月23日海洋保育署協調除污船麥寮海洋號至高雄港協助投入後續油污清除作業，截至8月16日除油量約3.3公噸，除油面積約47.7平方公里。

(E) 9月21日天使輪殘油已全數抽除完畢。

(F) 9月22日上午海事工程公司再次調派潛水團隊執行船體全面檢查

及確認所有油櫃已無殘油，並續辦滲油點加固封堵工作。

(G)海洋保育署針對此案執行油污擴散模擬共計 96 次、雷達衛星監測共計 48 天次、無人機出動 33 天次共計 36 架次。

(H)該貨櫃船載運 1300 個貨櫃，約 600 個貨櫃落海漂流，威脅航道，相關單位協助拖吊，不幸中的大幸係皆為空貨櫃，並無裝載化學物品。



圖二十八、天使輪事故

D. 液化氣體：

(A)瓶、儲槽：大量運輸採用此類型，安全性較高。

(B)多式聯運貨櫃：臺灣較少，好處是費用較便宜，外殼是一般 20 呎貨櫃。

(C)屬國際海運危險品章程（IMDG code）氣體分類中的 Class 2，具高危險性。因其為氣體，可能會造成人員凍傷（冷燒）、易燃性、窒息、缺氧、爆炸危險、形成有毒的腐蝕性氣體、致癌作用（氯乙烯）等。

(D)貨船處置：須考量進行移動（或拖曳）船隻進入港口、滅火、防火、沈船處置及通知其他船隻等行動。

(E)貨物處置：

- a. 轉運。
- b. 停止洩漏（著防護服裝關閉閥門、阻隔洩漏點）
- c. 保護貨物（利用物理性阻隔、冷卻性或惰性方式）
- d. 固定貨物
- e. 釋放貨物（在安全區域，不造成環境污染的情況下進行排放、水幕或燃燒方式）

(F) 對洩漏氣體採取的行動：

- a. 化學處理。
- b. 由管制人員限制或禁止進入該危險區域。在台灣由警察或消防單位人員執行。
- c. 疏散危險區域之非應變人員。
- d. 不採取任何行動，劃設避難場所（如冷暖區域），採用監測方式處理。

E. 固體或液體散裝貨物

(A) 固體貨物：

- a. 世界總船舶數：統計至2022年約1萬3千艘。
- b. 容積：平均5萬7至40萬公噸之間。
- c. 特性：由於貨櫃結構堅固，其抗腐蝕性佳、適合堆疊，耐高壓。

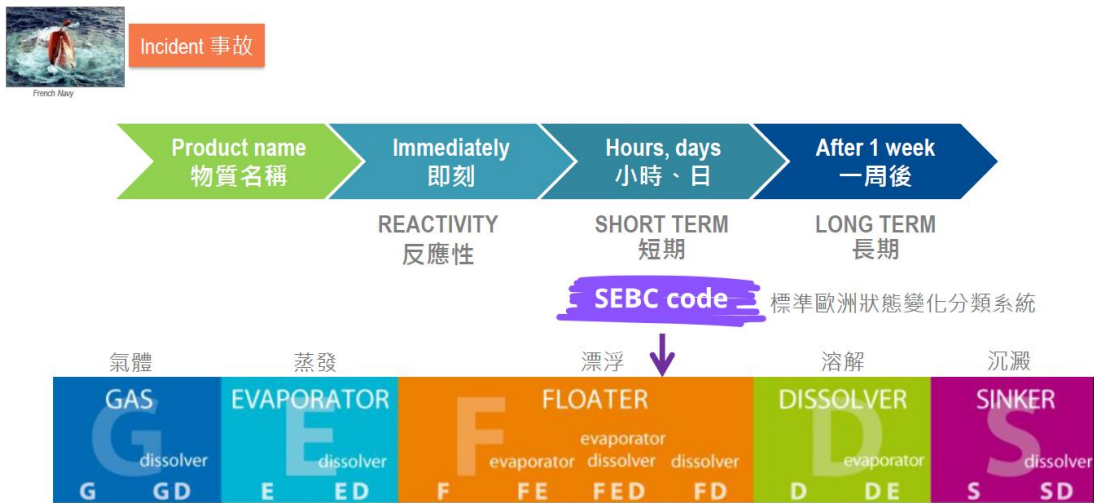
(B) 液體貨物：

- a. 世界總船舶數：統計至2022年約1萬3千艘。
- b. 容積：平均2萬7至32萬公噸之間。
- c. 特性：與儲槽式貨輪有類似危險性。

(C) 處置方式摘要（如下圖）：

散裝化學品在海上發生洩漏時，應該首先判斷洩漏物質是否具有反應性，因某些化學物質可能具有高度反應性，例如可能與水或空氣中的成分迅速產生化學反應，導致進一步的危害或增加應對難度。

接著可藉由「標準歐洲狀態變化分類系統」（Standard European Behavior Classification，SEBC）判別化學品的5種主要的行為包括：G（Gas，氣化）、E（Evaporator，蒸發）、F（Floater，漂浮）、D（Dissolver，溶解）及S（Sinker，沉澱）以選擇適當的應對策略和措施，包括如何隔離、如何清理以及如何保護作業人員和環境等，以利降低應對過程中可能產生的安全風險和進一步的事故機率。如為漂浮物質，可考量運用油類洩漏應變技術，但如為溶解物或漂浮-溶解物質則圍堵和回收作業效果非常有限，通常應變選擇為自然過程如分散、稀釋，並儘可能加速這些過程。如為沉降物質則可能必須採取圍堵和回收行動，以機械、氣動等方式打撈固體沉降物；液體沉降物則取決於洩漏物質之危害程度藉由ROV或潛水員以泵浦進行回收，其操作過程複雜、耗時且成本高昂。



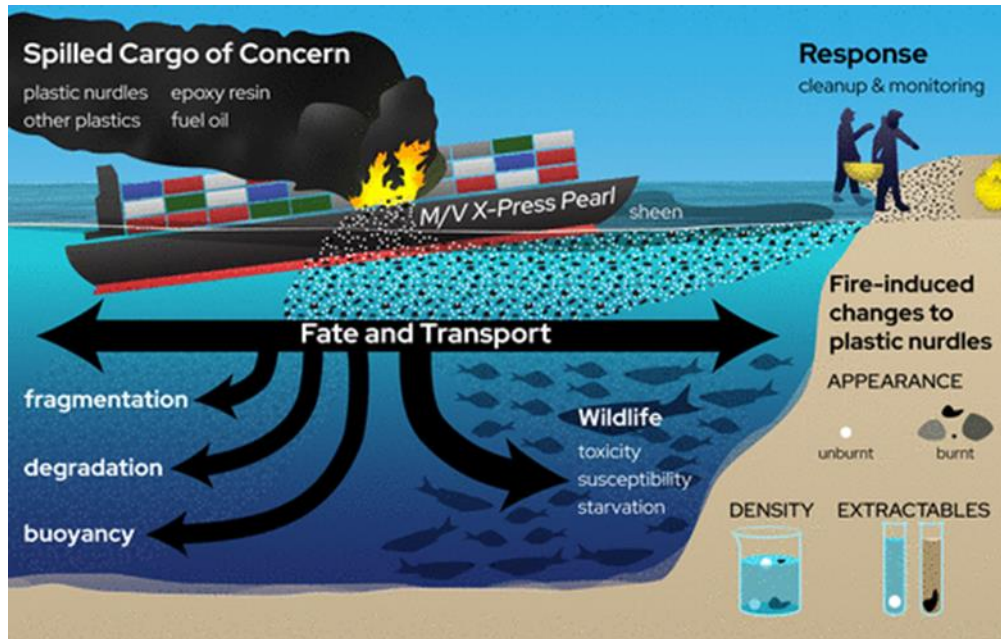
圖二十九、標準歐洲狀態變化分類系統

#### (四)、有毒有害物質應變

##### 1. X Press Pearl珍珠號事故的反饋

###### (1) 概述：

2021年5月，全世界驚恐地目睹了一艘在新加坡註冊的新型現代化貨櫃船 X-Press Pearl 起火，燃燒了12天，然後在進入斯里蘭卡沿海淺水水域後沉沒。X-Press Pearl 是一艘貨櫃船，於2021年2月投入運營，由新加坡公司 X-Press Feeders 運營。該船載有硝酸、幾個裝有塑膠顆粒和化學物質的貨櫃。據船東介紹，該船上載有350噸燃油。5月20日，當該船接近斯里蘭卡科倫坡港時，船上發生火災。25日，船員被疏散。許多貨櫃落水；塑膠顆粒和各種其他碎片開始被沖上斯里蘭卡西南部的海灘。火災從5月20日持續到6月1日，燒毀整艘船後自行熄滅。儘管試圖拖走該船，該船仍於6月2日沈沒。6日，斯里蘭卡當局請求歐洲提供援助，呼籲聯合國提供設備和專業知識。



圖三十、X Press Pearl珍珠號事故

(2) 事故影響：

- A. 火災（煙與煤煙）的風險：本次主要火災之原因推估為放熱化學反應。硝酸雖不能燃燒，但可作為強氧化劑與有機物和某些金屬劇烈反應，進而生成二氧化氮和二氧化碳，釋放大量熱能，進一步加速反應速率，若無法冷卻可能導致失控反應或熱爆炸。火災第一天即產生大量紅棕色煙霧，含有有毒氣體二氧化氮，對空氣造成嚴重污染。火災還可能熱分解硝酸，釋放二氧化氮和氧氣，即使在通風不良的區域仍能加速燃燒並釋放多種有害污染物。NBRO在該船附近約50公尺距離進行空氣品質監測，並執行事件分析模擬來確定可能受火災事件影響的關鍵區域，結果顯示Ja-Ela地區周圍約120平方公里區域為高暴露區。
- B. 燃油相關的風險：該船載有約700噸燃料和潤滑油。大部分油料預估在火災中被燒毀，惟船舶燃料箱中所存殘餘油料可能因火災期間未被破壞或受到通風控制而釋放到環境中。
- C. 沈船與貨櫃相關風險：該船載有1,486個貨櫃，其中81個貨櫃標示為危險品，包括25噸的硝酸、燒鹼和甲醇。此外，船上還載有9,700噸具有潛在毒性的環氧樹脂。這次沉船事故也導致了世界上最嚴重的塑膠顆粒洩漏事件，船上載有87個貨櫃，其中包含大約1,680噸多種類型的塑

膠顆粒。隨著船舶沉沒，釋放的化學物質對海洋和沿岸生態系統構成了嚴重風險。

- D. 塑膠相關風險：本次事件導致約1,680噸直徑約5毫米、白色球形塑膠顆粒洩漏。這些顆粒是用來製造各種最終產品的預生產塑膠。暴露於燃燒、熱和化學物質中可能導致塑膠結塊、破碎、炭化和化學改性，造成前所未有的複雜洩漏，包括可見的燒焦塑膠和未燃燒的顆粒。這些碎片涵蓋了一系列顏色、形狀、大小和密度，具有高度可變性，可能影響清理工作，改變海洋運輸，並可能影響野生動物。燒焦塑膠的化學複雜度是未燃燒顆粒的三倍，包括燃燒衍生的多環芳香烴。部分燃燒物質含有石油衍生的生物標記物，顯示其在洩漏過程中接觸到化石燃料產品。此外，斯里蘭卡海岸線上的燒焦和未燃燒塑膠顆粒分佈，也支持了海洋中的差異傳輸受到火災引起的物理變化影響的可能性。可以合理地得出這樣的結論：火中增加的熱量熔化並聚集了顆粒。這些大的顆粒團聚體比起較小的未燃燒顆粒更有浮力，因此在海洋表面下不易混合。考慮到海洋流的垂直剪切，顆粒在水柱中垂直位置的微小變化可能導致水平傳輸的巨大變化。由於岸上波浪驅動的輸送和風阻在海洋表面最強，浮力最大的顆粒可能會最快速度地被送到岸邊，從而限制了其擴散的時間，這與在海中發現的燒焦塑膠一致。一旦登陸，斜流帶過程（例如波浪破碎）可能會導致更脆弱的燒焦塑膠碎片增加，解釋了海灘上存在大小不一的燒焦塑膠碎片的現象。除了浮力外，燃燒和未燃燒的塑膠顆粒之間的形狀差異可能也很重要，因為非球形顆粒可以控制海洋中的顆粒傳輸。觀察到的燒焦塑膠和未燃燒顆粒的不同命運突顯了顆粒大小和形狀可能是決定其運輸方式的主要因素。隨著時間的推移，這些塑膠碎片將逐漸融入環境中，變得越來越難以辨識，其不同的顏色、形狀和大小增加了清理和監測的挑戰。
- E. 化學品：該艘貨櫃船的前部僅存放一個裝有25噸硝酸的容器，可能是酸洩漏的源頭。鄰近的貨櫃內裝有環氧樹脂、醋酸乙酯、甲醇和鋰離子電池等易燃且可能爆炸的物質。環氧樹脂本身易燃，與硝酸混合後會產生放熱分解，進一步加劇火勢。硝酸與甲醇反應會生成硝酸甲酯，是一種強爆炸物，鋰離子電池中的鋰則可能與硝酸反應，產生硝

酸鋰和一氧化氮，進一步放熱。此外，船上的其他地點還有多種易燃和可燃材料，如醋酸乙烯酯、鋁冶煉副產品、甲醇鈉以及大量的HDPE和LDPE袋子。這些材料在火災中可能會釋放出高度易燃有毒氣體，增加災情擴散和危險性。因此，處理這樣多種化學物質的貨物船舶極具挑戰性，必須遵守國際海運危險貨物規則（IMDG規則），包括正確的包裝、分類、標示和隔離措施，以確保船上安全和消防系統的有效性，以及遵循相關的IMO法規和指南，如國際消防安全系統規範（FSS規範）。

- F. 社會、經濟與環境風險：海洋環保署（MEPA）的報告指出沉船周圍形成了約0.51平方公里、長達4.3公里的漂浮油污。據國際污染物消除網絡的資料，這艘船上的貨物包括數十億個用於製造塑膠的微塑膠顆粒，這些顆粒被沖上岸，對斯里蘭卡的海洋生態系統、旅遊業及其作為生態旅遊目的地的聲譽造成了嚴重損害。根據國際海運危險品法規（IMDG 法規），分析顯示，MV X-Press上的1,486個貨櫃中至少有81個運輸15種不同類別的危險品，包括25噸硝酸。雖然MEPA尚未確定損壞的全部程度，但該船的保險公司已向斯里蘭卡政府支付了785萬美元的賠償金。此外，這場災難也嚴重影響了斯里蘭卡的漁業，超過20,000個捕魚家庭和約16,000名漁民受到了影響。危險化學物質的洩漏已導致300多種海洋動物死亡，包括海龜、海豚和鯨魚。這場災難凸顯了對危險物質運輸對環境和公共安全影響的擔憂，顯示出制定更嚴格法規的必要性，特別是在人口密集的地區。此外，它還揭示了機構和能力方面的限制，以及處理此類緊急情況的培訓不足的問題，需要解決以防止類似災難的再次發生。
- G. 外在因素相關風險：儘管受到新冠肺炎（COVID-19）封鎖措施的操作限制，斯里蘭卡當局仍在推行一項值得稱讚且高效的塑膠洩漏清理行動。然而，為了提升清理效果，必須採取以下關鍵行動包括：對塑膠廢棄物進行污染分析，確定其潛在危害性；精進並擴展清理技術，尤其是最大程度減少抽砂並回收小型燒焦顆粒；制定微塑膠清理操作的技術標準，同時努力減少環境損害。

## 2. 改善海上污染事故和港口化學品風險的綜合應變措施（IRA-MAR）歐洲計畫介紹

### (1) 概述

歷年歐盟基於提升市民健康安全福祉據以提出相關計畫，2022年針對水域、港口化學品污染等推動IRA-MAR計畫（為期2年；預算622,950歐元），結合法國水域意外污染事故研究調查中心（CEDRE）、義大利環境保護與研究所（ISPRA）、海洋警報（SeaAlarm）等合作研究夥伴，進行跨國、跨部會及跨海陸區域的溝通整合，以改善西地中海聯盟（WestMED）及大西洋沿岸國家（法國、義大利、馬爾他、摩洛哥、葡萄牙、西班牙和突尼西亞）對於海洋油品及有毒有害物質之污染事故的準備及應變為目標。



圖三十一、IRA-MAR計畫

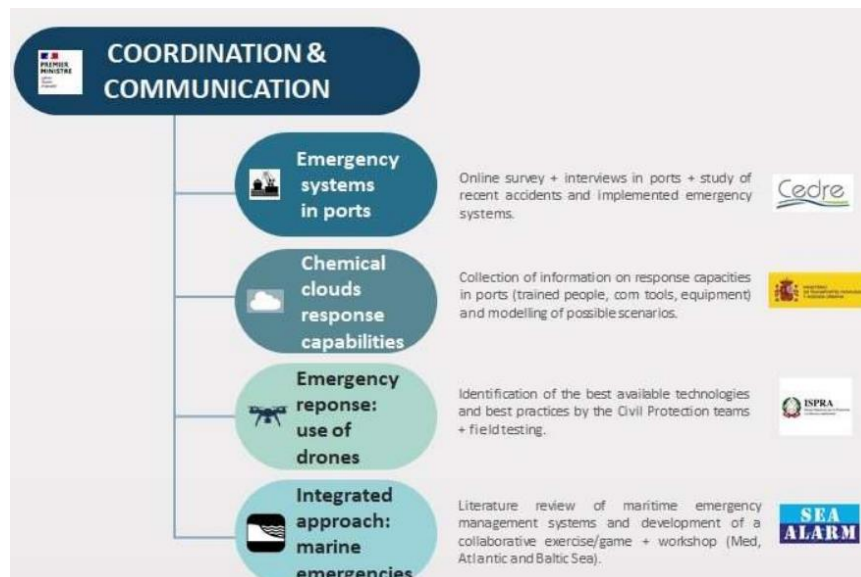
### (2) 內容

本專案計畫除由法國政府負責協調和溝通的任務以外，主要包含港口緊急系統、化學品氣體雲應變能量、使用無人機進行緊急應變及海上緊急狀況之應變方法等四大面向，則分別由CEDRE、西班牙政府、ISPRA及SeaAlarm主導：

- A. 港口緊急系統：進行各港口應變措施的檢視及研究，提供港口管理當局建議及共享資訊，以建立港口及海岸線的預防及緊急應變措施及標準。
- B. 化學品氣體雲應變能量：聚焦研究港口處理HNS緊急應變量能，並模擬各種情境下各權責單位之人員、設備等協調整合。
- C. 使用無人機進行緊急應變：研究無人機用於海域及陸域污染事件之緊急應變情況下的操作及建議。



- D. 海上緊急狀況之應變方法：建立利害關係人共同溝通機制，確保緊急應變之共同目標及策略。



圖三十二、IRA-MAR計畫主要工作

### (3) 小結

CEDRE透過人員訪查、實地踏勘及問卷調查等方式，聚焦檢視各港口應變措施、做法及其差異，進而提出改善建議，並將IRA-MAR計畫相關內容及研究報告公布於CEDRE網站。

最後，CEDRE依實務研究結果於本次課程提供以下寶貴建議：

- 盡量將各利害關係人納入緊急應變計畫之考量及演練，俾利應變量能充足及合作無虞。
- 確認承包商或機關等相關單位有足夠經過訓練的人員，確保實際應變時得以妥適操作器材設備。
- 加強化學品應變計畫及能力、消防單位間的聯繫及共同演練、提供充分的化學品資訊。

## 3. 管理蒸發和氣體對人口安全的風險和影響（MANIFEST）歐洲計畫介紹

### (1) 概述

MANIFESTS計畫（下稱本計畫）之諧音取自於海運業務之海關艙單（manifest），係為化學品海上事故的應變整備之CEDRE與法國海軍合作

計畫，全名為管理蒸發和氣體物質對人口安全的風險和影響（MANaging risks and Impacts From Evaporating and gaseous Substances To population Safety）。目前主要針對7種揮發性化學品HNS海上意外洩漏造成之氣體雲（gas clouds）以及7種植物油開發行動決策支援系統(decision-support system，DSS)，藉由收集數據資料並進行模擬，並以桌面研究與實地試驗方式獲得決策參考。

## (2) 內容

本計畫總預算為929,583歐元，85%由歐盟（EU）歐洲公民保護計畫（European Union Civil Protection-DG-ECHO）資助；CEDRE所獲得之預算則為274,927歐元，歐盟最大捐款額為233,688歐元（85%）。計畫期間為2年，自2023年1月至2024年11月30日（計畫仍在進行中），諮詢委員會（Advisory Board）包括法國海軍、法國海關、比利時海巡隊、西班牙海上安全和救援協會（SASEMAR）以及英國海事與海岸巡防署（Maritime and Coastguard Agency，MC）等國家海事單位；計畫夥伴則包括法國CEDRE與IMT Mines Ales（阿萊斯礦業學院）、比利時RBINS（比利時皇家自然科學學院）、葡萄牙IST-ID（研發高級技術研究所）、西班牙CETMAR（海洋科技中心）與INTECMAR（加利西亞海洋環境控制技術研究所）以及英國UKHSA（英國衛生安全署）等在海洋污染領域素有盛名之研究單位。過去及目前針對HNS之計畫尚包括2015年之POLLUPROOF計畫、2021年之IPOMAC計畫，2023年之C-NEST計畫（針對甲醇及植物油洩漏）以及2024年之ARISE計畫（針對氨之洩漏）等。

本計畫分為6個工作包（Work Packages，WP），每個工作包都有一個負責的合作夥伴如下圖，CEDRE之角色為本計畫之主導單位。



圖三十三、MANIFESTS計畫六大工作小組

本計畫2022年海上試驗的目標包括：

- 在安全條件下派出緊急評估及應變小組：能夠偵測到水面上的無色化學品，甚至是形成的氣體雲。
- 驗證機載感測器（on-board sensors on aircraft）對特定化學產品的準確性。
- 將化學品漂移和狀態變化之模擬結果與現場實際情況加以比較。
- 測試客製化浮標以監測化學品漂浮層（slick）之漂移。

為能有效探測化學品漂浮層和氣體雲，本計畫使用船載和機載紅外線感測器（shipborne and airborne IR sensors），另外也使用ONERA 機載多光譜相機（airborne ONERA multispectral camera），其中比利時民防局SIGIS多光譜攝影機內建參數，可判別化學品濃度並預估數量，下圖為該攝影機應用於乙酸正丙酯（N-propyl acetate）之探測實例。

N-propyl acetate 乙酸正丙酯

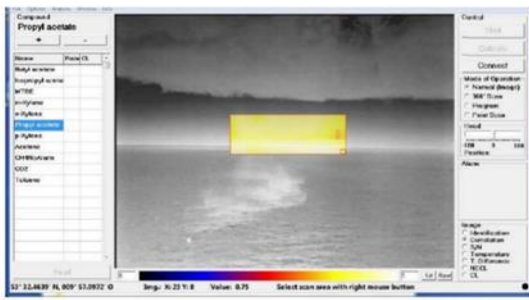


Figure 7: live correlation view of propyl acetate

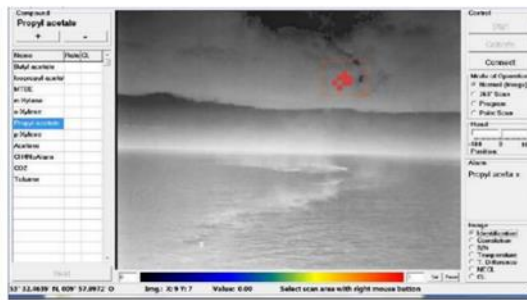


Figure 8: identification view of propyl acetate (enhanced)

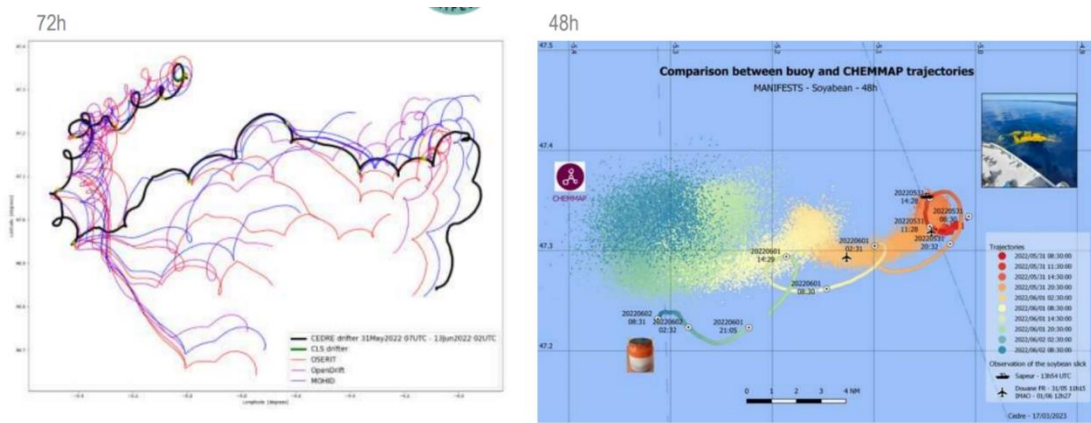
圖三十四、ONERA 機載多光譜相機探測實例

化學品漂浮層之移動受到洩漏時間、洩漏初始位置及氣象條件（風、水流、波高）之影響，須佈放浮標以驗證漂流模擬並對浮標加以測試，本計畫使用植物油進行飄移模擬，CEDRE並自製內含GPS發射器之浮標與CLS公司商業化產品（CLS MARGET II）加以比較，測試結果顯示軌跡相似如下圖，並不遜色於商業化產品。



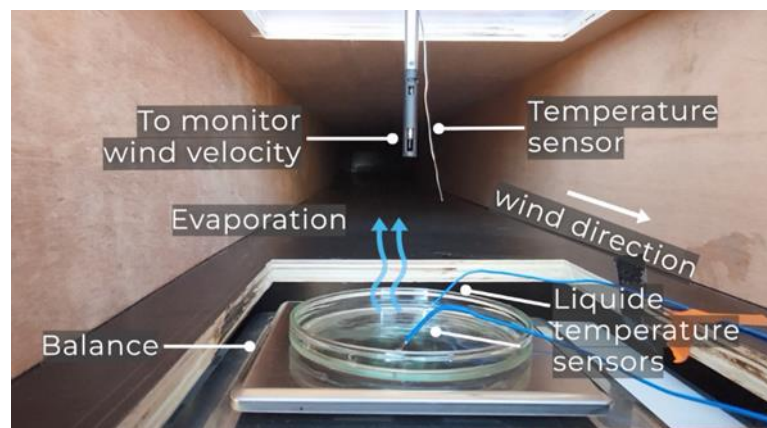
圖三十五、CEDRE自製浮標精準度比較

飄浮層漂流模擬過程中採用浮標並輔以空中監測，下圖右為植物油浮標實際軌跡與美國 ASA 公司化學品擴散模擬軟體（CHEMmap）結果之比較，下圖左則為CEDRE比較不同軟體之模擬結果。



圖三十六、飄浮層漂流模擬軌跡比較

本計畫另進行蒸發和溶解實驗研究，目標為收集實驗數據以便更瞭解化學品在水體中的溶解和上升速度（次表面洩漏subsurface leak）、飄浮層中化學物質之蒸發（表層洩漏）以及蒸發與溶解過程之間的競爭（表層洩漏）等過程。該實驗運用CEDRE實驗柱模擬水下洩漏以評估物質的上升速度、上升時的溶解百分比以及表面張力（以高速攝影機進行）。並透過風洞（Wind Tunnel）實驗以及飄浮層擴散與厚度評估等實驗監測表面飄浮層的蒸發過程，並使用實驗台（chemistry bench）進行表層釋放（surface release）以瞭解蒸發和溶解之動力學（kinetics），下圖為本計畫風洞實驗之設計（截圖自本計畫網站影片）。



圖三十七、風洞實驗

### (3) 未來展望

本計畫最終目標在於改善氣體和蒸發對於沿海和海洋污染的管理，目前主要關注於揮發性HNS以及替代燃料（Alternative fuels）包括氨、甲醇、液化天然氣及鋰離子電池等；所關注之事故情況（Scenario）則分為海岸線

附近之水面洩漏（surface leakage near the shoreline）以及海底管線洩漏（underwater release from a pipeline）。目前計畫成果包括HNS database（化學品資料庫）、Guidance for HNS responders HNS（應變指南）、MANIFESTS-MARINER Knowledge Tool及Exercise package tool（桌上兵推演習工具包）等，本次課程所體驗之嚴肅遊戲（Serious Game）亦屬於本計畫之產出成果。

#### 4. 西地中海海洋石油污染合作組織（West MOPoCo）有毒有害物質應變手冊介紹

##### (1) 概述

歐盟於2019-2020年執行西地中海地區海洋石油和 HNS 污染合作計畫（為期2年；預算868,416歐元），支持阿爾及利亞、法國、義大利、馬耳他、摩納哥、摩洛哥、西班牙和突尼西亞透過增強緊急決策能力、評估國家緊急應變計畫、加強次區域計畫和安排與國家緊急程序之間的合作，加強其在油品和化學品準備及應變海洋污染領域的協同合作為目標。



圖三十八、West MOPoCo計畫聯盟成員

##### (2) 內容

本專案計畫主要六大面向及其分工如下：

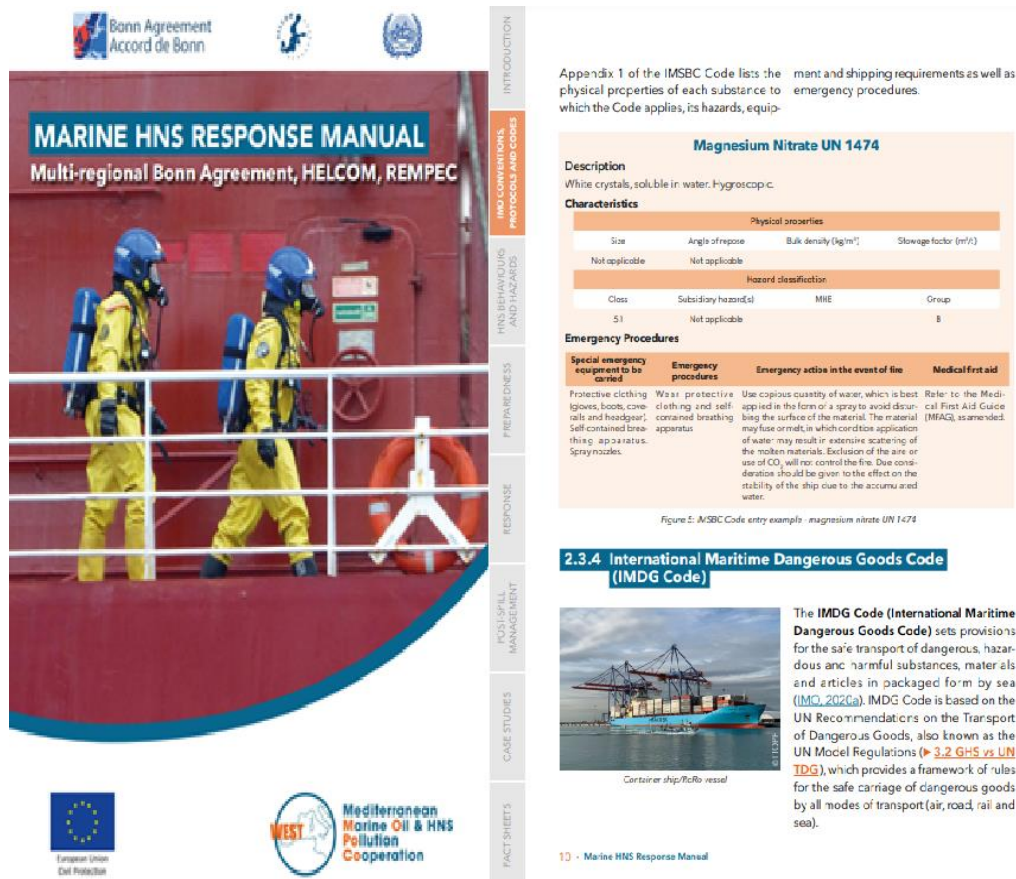
- A. 管理與協調：海洋事務總秘書處（SGMer）
- B. 計畫宣傳/廣告：國際海事組織（IMO）
- C. 決策資源更新：法國水域意外污染事故研究調查中心（CEDRE）

D. 評估國家溢油緊急應變計畫：國際海事組織（IMO）

E. 緊急應變程序：國際海事組織（IMO）

F. 工作坊與訓練：國際海事組織（IMO）

其中，決策資源更新項下的HNS應變手冊，係由CEDRE、國際油輪船東污染組織（ITOPF）及義大利地質調查所（ISPRA）共同合作，並與地中海區域海洋污染緊急應變中心（REMPEC）、赫爾辛基委員會（HELCOM）、波恩協定（Boom Agreement）及其締約方合作進行認證出版，其內容包含HNS的定義、國際公約和規則、危害以及型態變化、制定緊急應變計畫、應變作業、洩漏後的管理、案例研究、相關資料及地區特殊協定等，涵蓋HNS事件管理的所有階段，並輔以簡明圖表及交互參照索引方式呈現，利於閱讀查找所需資訊。



圖三十九、HNS應變手冊

### (3) 小結

海洋有害有毒物質應變手冊為處理HNS事故人員和決策者之重要應變指南，業經海保署與CEDRE積極聯繫及合作努力，順利共同出版中文版應

變手冊，將更有助於我國應變人員理解手冊內容、原則及程序等應變相關事項，強化海洋化學品污染事故之緊急應變作為。



## 參、具體成效

本次訓練過程對於海洋油污染及化學品污染的應變有了更為深入的了解，整個訓練課程從油污染、化學品污染的定義介紹，接著將應變過程中會用到各種策略：海上觀測、水上應變、海岸線應變及危機管理等，逐一介紹各種策略中的技術以及相關國際公約及國際協定，對於應變工作有極大的助益。

在本次訓練中，CEDRE也一再傳達每一次的事件都是獨立且特別的，需要依現場污染物、環境、天候、應變資源等的不同狀態來去做訂定應變策略，並沒有一套完美策略就可以適合到各事件。所以，即時的海上（空中）觀測來收集現場狀況，回報至應變中心再依當時的各種環境、海況、天候、地理環境、經濟活動、生態敏感區及應變能量...等逐一考量，訂定出合適的應變策略並具以執行。當然在實際訂定策略時，也涉及了水上及海岸線應變的實際技術，如：

1. 是否使用分散劑
2. 攔油索如何佈設
3. 油品如何回收
4. 岸上的油污回收
5. 廢棄物要如何儲存及管理

上述的每一項都有著許多的細節及相關技術及設備準備，不是等到事件發生才做準備，而是需要在平時先擬定一套緊急應變計畫，針對作業區域先做好風險評估，擬訂出可能的洩漏情境，再去模擬出明確的應變策略，依策略所需去整備出所需的各項應變設備，制訂出計畫並演練。再依照演練的過程及果來據以修正計畫。所以，到底需整備那些應變器具是與擬定的計畫有關。

而藉由本次訓練，也更加清楚了解各種應變技術及設備，該在何種情境中使用，又有那些限制。不同的污染物，因物理、化學性質會有著極大的不同，當它洩漏到水中，又會和光、水、風、熱...等環境因素相互影響，進而影響到擴散的模型不同、乳化反應時間的變化、對環境的影響也會有所不同。這也造成了每一次的應變工作是獨一無二的，CEDRE在這方面做了許的基礎研究，整理出了許多種狀況下的參考數據，這對於應變團隊在第一時間的分析及判斷有著極大的助益。而經由與CEDRE的合作，也可以在第一時間藉由他們的幫助來對樣品分析、對應變策略給出建議。

本次訓練的另一個收穫則是課程中安排了實地操作，包含攔油索佈設、汲油器回收油料、海岸線油污評估及回收，較為可惜是因天候不佳，導致無人機實地演練無法進行，只能由法國當地消防隊人員做現場解說。在實地操作下，也對於不同攔油索、汲油器間的差異及優缺點更為了解。而海岸線的評估工作，對於第一線現場人員其實是非常重要的，如何在到達污染地點後進行快速的評估，給予應變中心現場的油污狀況、種類、數量、設備是否可到達及建議採用何種清理技術來進行油污清理。這些評估的內容對於應變策略的擬訂及相關資源的調動都是非常重要的事。當然在評估後，也藉由實地的清理工作來體驗應變工作中最辛苦的一環，加深對整個應變工作的認知。



圖四十、簾式及充氣式攔油索佈設



圖四十一、吸油棉及吸油器實地操作



圖四十二、海岸線油污染評估



圖四十三、海岸線油污染清理



圖四十四、防護衣穿戴演練

## 肆、心得及建議

### 心得：

這次整個訓練課程規劃完整嚴謹，涵蓋意外污染介紹、油品特性及狀態演變、水上應變、海岸線應變、危機管理、HNS應變簡介、預防及準備、HNS應變、桌面演練等，內容豐富。帶隊長官為海保署吳副署長，參訓單位包含海保署、海巡署、環境部化學物質管理署、內政部國家公園署、內政部空中勤務總隊、交通部航港局、經濟部產業園區管理局、地方政府環保局（海洋局）及中油公司（油輸送許可業者）、離岸風電業者、海事公司及學界（國立高雄科技大學）等。藉由訓練期間學員共同學習並於課間意見交換，已無形中強化國內海洋污染緊急應變自中央政府、地方政府及業者之應變能量連結與合作網絡。

本次藉由攔油索佈放、水上回收及海岸線清理等戶外實作課程，深深體會除污第一線人員的辛勞。而真正事故發生時，考驗團隊合作應變能量，中油公司目前設有北部、中部、南部及東部應變群組，各作業區除定期辦理緊急應變演練外，亦參與鄰近作業區間之區域聯防體系，協同執行區域性之聯合應變演練，以熟悉應變設備資源調度、支援及整合之前置作業，期能於真正事故發生時落實應變迅即化。

本次訓練中也觀摩了法國消防隊針對海洋油污染的緊急應變車，一個貨櫃中把第一線應變人員所需的各項設備都整合進去了，一組應變小組6~7人，配有一個應變貨櫃，包含了各等級的防護服、手持工具、檢測儀器、快速採樣、檢驗設備、應變後的野外清洗設備…等等。這些全都在一個貨櫃中，在接到事件通報的第一時間，可以開著卡車拖著貨櫃，立即出發到應變場址，可以快速地反應。不會為了討論要帶那些設備、不要那些設備而浪費寶貴的應變時間。這個當然也要配合著專責的應變機關及人力，依照責任區域來規劃配置，這才能發揮到最大的效用。

### 建議：

相較於海洋油污染緊急應變，海上化學品HNS洩漏之風險包括爆炸、火災、腐蝕、氣體雲等，甚至可能形成油品/化學品混合物，導致應變處理更為複雜困難。CEDRE已授權海保署並由國立高雄科技大學南區毒災應變諮詢中心先進將海洋有害有毒物質應變手冊（MARINE HNS RESPONSE MANUAL）中文化，使我國應變人員更容易理解手冊中的指導原則和程序，在海洋化學品污染事故發生時能有效採取具體行動，以減輕海洋化

學品污染事件可能對海洋環境和公共健康造成的影響，建議納入本公司內部訓練參考。

由本次課程中瞭解HNS應變之基礎為資料之取得，如於事故初期即能掌握化學品名稱及數量並有物質安全資料表（SDS）可參考，將對後續應變大有助益，建議本公司可建立內部雲端資料庫，以利事故發生時各單位可同時取得正確資訊，在最短時間內採取正確的應變措施。又因涉及陸域毒性化學物質及危害性化學品之管理，故建議工安及環保單位參與HNS海域應變之規劃。

承上，HNS洩漏後之調查及監測係採取測量分析、遙測及模擬等策略，各策略產出數據須相互進行反饋並修正。考量化學品之危害性，為保護人員安全，須使用空中及水下無人載具以及紅外線熱成像儀（FLIR）及多光譜攝影機等先進設備，為能有效採取具體措施，爰建議瞭解國內外相關設備及人員之應變能量。

國際海事組織（IMO）MEPC 第81次會議雖未有共識，但減排措施預計仍將於西元2025年做成決議，2027年開始實施，海運替代燃料目前朝向多元化發展，除生質燃油外，尚包括甲醇及氨等新興燃料。由本次課程得知目前歐盟針對HNS之計畫包括西元2023年之C-NEST計畫（針對甲醇及植物油洩漏）以及2024年之ARISE計畫（針對氨之洩漏）等，建議本公司持續關注計畫進程及其研究成果，以利未來順利推動海運替代燃料之供應。