

出國報告（出國類別：實習）

**2023年法國海洋油及海運化學品
污染應變人力養成訓練
出國報告書**

服務機關：海洋委員會海洋保育署

姓名職稱：吳美紅 海洋委員會常務副主任委員

等 25 人

派赴國家：法國

出國期間：112 年 6 月 18 日至 6 月 30 日

報告日期：112 年 8 月 26 日

摘要

為提升國內各級海洋污染應變權責單位相關人員的專業知識，並汲取國外先進國家的處理經驗，海洋委員會海洋保育署（以下簡稱海保署）於本（112）年6月18日至6月30日間委託法國布雷斯特（Brest）的水域意外污染事故調查研究中心（Centre of Documentation, Research and Experimentation on Accidental Water Pollution, CEDRE）辦理為期13天的訓練課程。參訓學員包括海洋委員會（以下簡稱海委會）、海保署、海巡署、環境部化學物質管理署(前行政院環境保護署毒物及化學物質局)、內政部營建署、交通部航港局、縣市環保局、台灣中油股份有限公司、台塑石化股份有限公司、彰芳風力發電股份有限公司、中能發電股份有限公司、海歷企業股份有限公司、永力海洋工程有限公司、以及國立雲林科技大學等，總計25名，課程結束後皆取得國際海事組織（International Maritime Organization, IMO）第三階（IMO Level 3）的海洋溢油污染管理（Oil Spill Management），以及海運化學品危險與有害物質洩漏管理（Hazardous & Noxious Substance, Spill Management, HNS）污染應變訓練課程結業證書。

本次課程在溢油污染應變方面主要有6大主題，包括溢油污染事件應變前通則、溢油污染評估和決策、海上溢油污染應變策略、海岸溢油污染應變策略及責任與賠償等；在海運化學品污染應變方面亦有6大主題，包括HNS應變簡介（HNS污染性質、行為及影響）、預防及準備（國際法規、安全防護）以及海上HNS應變（海面及空氣擴散、貨船應變）等，並進行法國海洋污染國家應變資料庫（POLlutions MARines, POLMAR）及CEDRE資材設備庫等參訪。

CEDRE在每階段課程中設計桌面演練與綜合討論單元，將教材融入實際案例中，理論與實務能充分結合。學員藉由本次訓練務實學習法國海上油及化學品之應變經驗，藉由吸收法國應變相關機構及專業人員的理論教學及實務交流，提昇政府部門高階主管應變管理及決策能力。

目次

摘要.....	I
壹、目的.....	1
貳、過程.....	3
一、行程.....	3
二、課程內容紀要.....	4
主題一、油污染事件應變通則：海洋油污染相關的國際公約和規定（包含預防、應變、責任、賠償制度等）、法國的油污染預防及意外應變、應變計畫和事故管理系統、法國國家海上行動.....	4
主題二、油污染評估和決策：海洋溢油之狀態變化及可預期之演變、海上觀測與評估導論、決策支持系統和工具、參觀 CEDRE 設施（實驗部門）。.....	21
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.....	40
主題四、海岸油污染應變策略：海岸線清理階段及技術.....	65
主題五、案例演練及討論案例研究： CSL Virginia-Ulysse 碰撞事故.....	74
主題六、責任和賠償制度.....	79
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.....	86
主題八、預防及準備：化學品在海上的狀態變化、國際準則對執行應變措施的貢獻（油品/化學品洩漏）、物質安全資料表對瞭解化學品狀態變化的貢獻.....	98
主題九、個人和共同防護.....	104
主題十、氣體運輸船的應變類型.....	113
主題十一、對散裝貨船的應變、對貨櫃船的應變.....	120
主題十二、分組演練.....	126
參、心得及建議.....	133

一、心得	133
二、建議	135
三、訓練講師及學員性別分析	138

附錄一、參訓學員名單

附錄二、學員個人心得

圖目錄

圖 1-1 開幕式致詞及合照.....	5
圖 1-2 訓練單位的願景.....	7
圖 1-3 訓練單位的演變.....	8
圖 1-4 訓練單位提供的網路資源.....	10
圖 1-5 法國海事業務範圍.....	11
圖 1-6 法國海上溢油事件應變歷程.....	12
圖 1-7 法國海上污染應變法規.....	14
圖 1-8 法國海上污染應變設備儲放區域.....	17
圖 1-9 法國參與海上污染國際援助支援活動.....	18
圖 1-10 法國國家海上行動任務.....	19
圖 2-1 原油經分餾提煉油品及其用途.....	22
圖 2-2 各類油品的物理特性及狀態變化.....	25
圖 2-3 用於觀測海洋油污染飄移之監控工具.....	26
圖 2-4 雷達與紅外線、紫外線相互搭配.....	29
圖 2-5 溢油覆蓋比例.....	31
圖 2-6 溢油外觀估算外洩油量.....	31
圖 2-7 緊急應變計畫標準表格.....	32
圖 2-8 OILMAP (RPS) 模式 模擬溢油污染移動變化及風化模型.....	35
圖 2-9 CHEMMAP (RPS) 模式 模擬化學品擴散模型.....	35
圖 2-10 參觀 CEDRE 設施 (實驗部門)	38

圖 3-1 事故管理系統圖示.....	41
圖 3-2 海上油料外洩處理過程.....	42
圖 3-3 淨環境效益分析.....	43
圖 3-4 溢出物在抵達海岸線前的體積變化.....	49
圖 3-5 海上回收作業鏈.....	50
圖 3-6 充氣式攔油索構成說明.....	51
圖 3-7 充氣式攔油索構成說明.....	51
圖 3-8 使用攔油索避免油污擴散.....	52
圖 3-9 利用攔油索保護海岸線 Deepwater Horizon (2010)	53
圖 3-10 利用船舶拉攔油索進行溢出物圍堵 (J 型)	53
圖 3-11 利用船舶拉攔油索進行溢出物圍堵 (U 型)	54
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.....	54
圖 3-13 汲油器使用限制及選擇種類.....	56
圖 3-14 Silvere Andre 先生講解海漂垃圾	57
圖 3-15 防護衣.....	58
圖 3-16 各式汲油器.....	58
圖 3-17 汲油幫浦.....	58
圖 3-18 高壓清洗幫浦.....	58
圖 3-19 講解各類攔油索及原理.....	59
圖 3-20 洗砂除油設備.....	59
圖 3-21 濾帶式除油設備.....	59

圖 3-23 倉庫及設備.....	60
圖 3-24 護衣、護目鏡、鞋等.....	61
圖 3-25 防護物資及獨輪車.....	61
圖 3-26 耙子.....	61
圖 3-27 耙子和鏟子.....	61
圖 3-28 發電機及載運設備.....	61
圖 3-29 高壓清洗機.....	61
圖 3-30 抽水機及附屬設備.....	62
圖 3-31 濾砂沖洗器.....	62
圖 3-32 鏟挖機.....	62
圖 3-33 堆高機.....	62
圖 3-34 橡皮艇.....	62
圖 3-35 儲水箱.....	62
圖 3-36 洗砂除油機.....	63
圖 3-37 攔油索.....	63
圖 3-38 攔油索.....	63
圖 3-39 固定浮標.....	63
圖 3-40 水泥沉重塊.....	63
圖 3-41 攔油索和固定浮標運用模型.....	63
圖 4-1 水泥沉重塊應變技術考量圖.....	67
圖 4-2 幫浦抽取圖.....	67

圖 4-3 人工收集圖.....	68
圖 4-4 滾輪圖.....	69
圖 4-5 高壓清洗圖.....	71
圖 4-6 應變技術選擇標準彙整表.....	73
圖 5-1 案件船舶.....	74
圖 6-1 案例說明.....	79
圖 6-2 賠償最高限額.....	84
圖 7-1 海上運送的化學品排名.....	87
圖 7-2 Ievoli Sun 事件	88
圖 7-3 Ievoli Sun 船舶沉沒照片	89
圖 7-4 排放到海水中的化學品統計數據.....	91
圖 7-5 參訪法國國家設備儲備庫演練照片	92
圖 7-6 化學應變處理小組演示照片	94
圖 7-7 除污走道示意圖.....	95
圖 7-8 除污走道演練.....	96
圖 7-9 充氣式除污帳篷.....	96
圖 8-1 SOLAS (人命安全相關規範)	98
圖 8-2 MARPOL (污染相關規範)	98
圖 8-3 化學品狀態變化細分情形.....	100
圖 8-4 化學品狀態變化發生.....	101
圖 8-5 物質區分 16 個狀態.....	103

圖 9-1 動力淨氣式呼吸防護具.....	105
圖 9-2 除污安排-排除區、控制區及支援區	112
圖 10-1 常見氣體性質比較.....	114
圖 10-2 三相圖.....	114
圖 10-3 不同液化氣體船舶的比較.....	115
圖 10-4 通用罐式集裝箱.....	115
圖 10-5 載運船類型圖示.....	116
圖 10-6 「台達四號」液化氣體載運船.....	117
圖 11-1 常見化學品在海上狀態變化.....	120
圖 11-2 化學品在海上狀態演變.....	121
圖 11-3 艙單及危險品運輸文件.....	123
圖 11-4 貨櫃類型.....	124
圖 11-5 貨櫃標記及監測.....	124
圖 11-6 回收在海床之貨櫃.....	125
圖 12-1 事故管理系統 (IMS)	127
圖 12-2 化學品物質表及氣象資料.....	127
圖 12-3 船舶資料表.....	128
圖 12-4 案例地圖.....	128
圖 12-5 化學品特性表及即時訊息.....	129
圖 12-6 學員推演照片	131
圖伍-1 海洋污染溢油管理 (IMO) 講師名單及男女比例圖	138

圖伍-2 HNS 講師名單及男女比例圖	139
圖伍-3 受訓學員男女比例圖.....	140

表目錄

表 2-1 原油及精煉油品之物理、化學性質.....	22
表 2-2 各種油品化學成分影響物理性質及外洩在海上風化過程的影響性.....	23
表 2-3 支援應變之監控工具功能說明.....	27
表 9-1 歐洲及美國的個人防護服裝分級說明.....	107
表 9-2 手套材質分類.....	108
表 11-1 各種化學品狀態的監測及應變策略.....	122

壹、目的

海洋，環繞我國四周最重要的天然資源，不僅提供國民豐富的生態資源，也是我國對外運輸往來的重要通路；另一方面，我國位居國際重要航運要道，船舶往來頻繁，海洋事故風險高，事故發生後的應變管理更是政府運作管理中重要的一環。

行政院 111 年 5 月 17 日核定「重大海洋污染緊急應變計畫」，依據該計畫規定，海洋委員會須持續辦理海洋污染防治、海洋污染處理之訓練，包括國內及國外訓練，因此，海保署每年除於國內辦理國際海事組織(IMO)LEVEL1 及 LEVEL2 課程外，亦辦理國外訓練(110 年及 111 年因疫情改以視訊方式進行國際訓練)，今(112)年疫情趨緩，海保署即依「重大海洋污染緊急應變計畫」規定辦理國外訓練。

本次訓練規劃辦理符合 IMO 認可之海洋溢油污染管理(LEVEL3)及海運化學品危險與有害物質洩漏管理(HNS 經理級)訓練課程，以培訓我國於海洋污染發生時之高階緊急專業應變人力資源，並使我國在海洋污染緊急應變事件之應變管理及決策能力能與國際接軌。

本（112）年度規劃於 6 月 18 日至 6 月 30 日間於法國布雷斯特的 CEDRE 辦理為期 13 天的訓練課程，課程內容包括油污染及海運化學品污染之應變訓練。在溢油污染應變的課程方面，主要有 6 大主題，包括油污染事件應變通則、油污染評估和決策、海上油污染應變策略、海岸油污染應變策略、案例演練及責任和賠償制度等；在海運化學品污染應變方面，主要有 6 大主題，包括 HNS 應變簡介（HNS 污染性質、行為及影響）、預防及準備（化學品在海上的狀態變化、國際準則對執行應變措施的貢獻）、個人和共同防護、氣體運輸船的應變類型、對散裝貨船的應變、對貨櫃船的應變以及分組案例演練等。

本年度參與法國訓練課程的參訓學員以「重大海洋污染緊急應變計畫」中之海洋污染應變團隊為邀請受訓單位，參訓名額為 16 人。另為強化民間及事業機

構之海洋污染緊急應變能力，提供 9 個自費名額給民間及事業機構派員隨團參訓。

貳、過程

一、行程

日期	內容
6月18日(日)	臺灣桃園機場 飛 法國巴黎
6月19日(一)	巴黎 至 布雷斯特 (搭乘 TGV)
IMO Level 3 OIL Spill Management 課程	
6月20日(二)	主題一、油污染事件應變通則： 海洋油污染相關的國際公約和規定(包含預防、應變、責任、賠償制度等)、法國的油污染預防及意外應變、應變計畫和事故管理系統、法國國家海上行動
6月21日(三)	主題二、油污染評估和決策： 海洋溢油之狀態變化及可預期之演變、海上觀測與評估導論、決策支持系統和工具、分組演練 參訪： 參觀 CEDRE 設施(實驗部門)。
6月22日(四)	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 參訪： 參觀 CEDRE 設施(應變設備展示廳) 參訪： 參觀 POLMAR 資材庫
6月23日(五)	主題四、海岸油污染應變策略： 海岸線清理階段及技術 主題五、案例演練及討論案例研究： CSL Virginia-Ulysse 碰撞事故 主題六、責任和賠償制度
6月24日(六)	文化參訪
6月25日(日)	文化參訪
HNS Spill Management 課程	
6月26日(一)	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 演示：化學應變處理小組 主題八、預防及準備： 化學品在海上的狀態變化、國際準則對執行應變措施的貢獻(油品/化學品洩漏)、物質安全資料表對瞭解化學品狀態變化的貢獻
6月27日(二)	主題九、個人和共同防護 主題十、氣體運輸船的應變類型 主題十一、對散裝貨船的應變、對貨櫃船的應變 主題十二、分組演練
6月28日(三)	布雷斯特 至 巴黎
6月29日(四)	巴黎 至 臺灣
6月30日(五)	臺灣 桃園機場

二、課程內容紀要

主題一、油污染事件應變通則：海洋油污染相關的國際公約和規定（包含預防、應變、責任、賠償制度等）、法國的油污染預防及意外應變、應變計畫和事故管理系統、法國國家海上行動

（一）前言

海保署為強化我國海洋污染應變各相關單位人員專業知識能力，於本年 6 月 18 日至 30 日在法國布雷斯特，委託 CEDRE 辦理了「海洋油及海運化學品污染人力養成訓練課程」。課程結束後，參訓者獲得了 IMO 認可的 IMO Level 3 Oil Spill Management 及 IMO Hazardous & Noxious Substances Spill Management 證書。

課程首日（6 月 20 日）包括歡迎式、CEDRE 簡介、法國國家溢油預防與意外應變單位、應變計畫和事故管理系統（Incident Management System, IMS）。

（二）內容

1. 開幕式

開幕式由 CEDRE 的主任-Christophe Logette 親自主持，簡要介紹 CEDRE 設施環境及本次訓練課程安排，並請學員自我介紹，學員特別說明各自過去參與海洋油污防治相關經驗及對本課程的期待。Christophe Logette 主任提及，為專責應變油輪油污事件，法國於 1978 年成立 CEDRE，並致力於技術研發及人員養成工作，目前每年培訓國內外學員超過 1,500 名。在過去七年，CEDRE 與海保署及臺灣相關公私部門緊密合作，共同致力於油污防治工作，2015 年更獲得了綠色之星的認可，成為國家訓練中心。

自 1999 年起，CEDRE 便開始規劃和執行 IMO 國際油污預防、應變和合作公約(International Convention on Oil Pollution Preparedness, Response and Co-operation, OPRC) 的相關培訓課程。這些努力使 CEDRE 成為法國油污防治領域的重要機構，培訓課程範疇亦逐漸擴展，不僅包括 OPRC 相關訓練，還包括其他多元化課程。

本次培訓主要內容是 IMO Level 3 溢油管理課程和化學品訓練，旨在提升學員的專業能力和知識水平。透過這些課程，學員將能深入瞭解油污防治的相關議題，並學習如何應變海運化學品相關挑戰。

除了 CEDRE 的開幕詞和講師介紹外，訓練團團長吳美紅副主委也表達了對 CEDRE 的感謝，並對來自臺灣各地業務單位之油污應變成員提出期望。希望在訓練期間，參與成員能與法國專業講師多交流，同時也希望促進國內業務單位間相互認識和經驗交流，以備未來可能的應變業務做好充分的準備。



2. 課程總說明

由 Emmanuelle Poupon 女士在溢油管理的課程總說明提及，大眾可能誤以為油污只有單一類型，然而實際上油污具有多樣性的特性。為了測試各種油污的性質，CEDRE 設立了一個實驗室，該實驗室配置了各種實驗設備，包括能模擬油污和化學品在海底變化的實驗槽（深度達到 5 米）。這些設備可用於進行物理、化學和生物性衝擊實驗，例如油污乳化和聚合漂浮實驗。

同時，CEDRE 也協助公私部門制定應變計畫，以因應油污事故。同時也舉辦多項訓練課程，目的是分享經驗。這些訓練課程不僅局限於法國境內，還包括國外。為了廣泛傳播油污應變的經驗和知識，CEDRE 編撰了多種手冊和參考文獻。他們將豐富的資訊以法文和英文的形式放置在 CEDRE 官方網站上，以供各界有需求的人隨時參考和瀏覽。

3. CEDRE 簡介

由 Christophe Logette 主任以簡報介紹。CEDRE 是一個專門負責處理油污應變的國際機構，涵蓋了油污染、海洋污染、內陸水域污染等多個領域，還包括海洋廢棄物和內陸水域微塑膠等相關議題，因此其專業範疇具有跨國性。

CEDRE 服務對象眾多，不僅包括法國政府和私營企業，還包括其他國家的公共部門，例如新加坡的政府、研究機構和地方政府，以及涉及油污化學設備和產品的私營部門。Christophe Logette 主任舉一些案說明例 CEDRE 過去曾經協助訓練法國海軍、海巡隊、海事警察、水上警察和海關等部門應變之油污染事件。

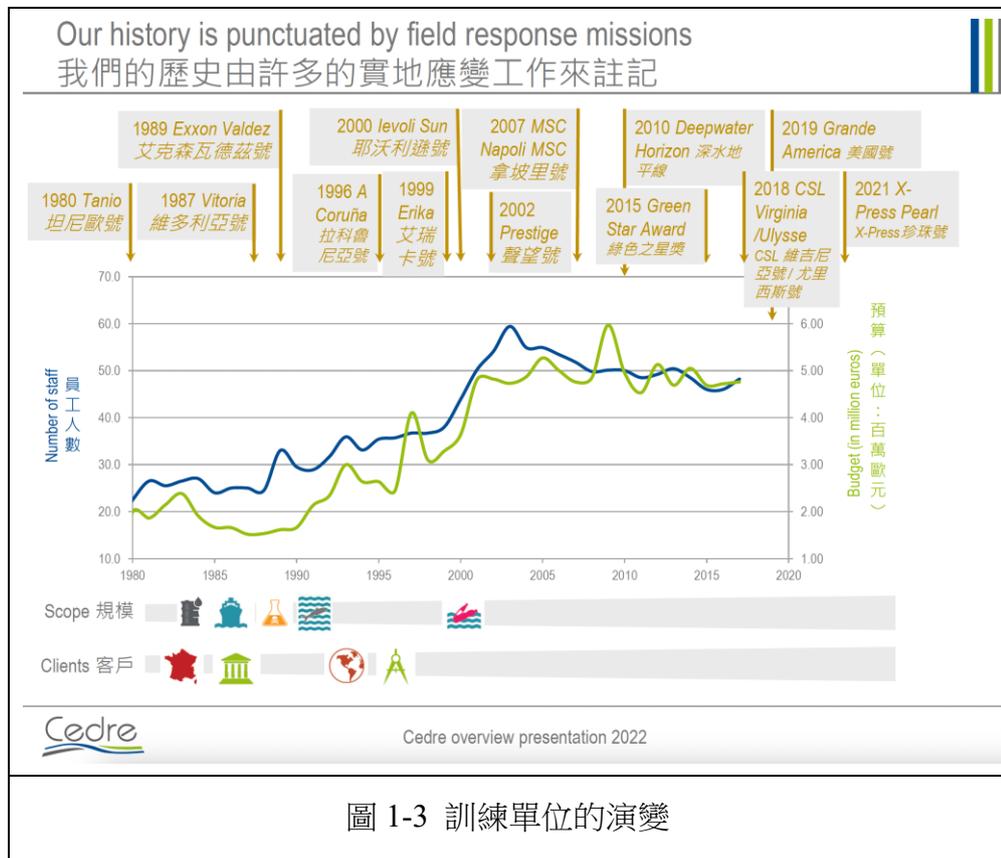


圖 1-2 訓練單位的願景

CEDRE 的發展可以追溯到 1978 年 3 月 16 日，當時阿莫科卡迪茲號（Amoco Cadiz）油輪擱淺在法國布列塔尼海岸 2 公里處的波特索爾岩（Portsall Rocks），這艘船載有 227,000 公噸的重油並在船難中洩漏，惡劣的天氣使得船舶最終分成三部分並沉沒。在從殘骸中取出任何原油前，船舶就完全解體，全部貨物中的原油和 4,000 噸燃油洩漏到海中，引發歷史上最嚴重的石油洩漏事件，而引起廣泛關注。美國 NOAA 估計總共洩漏了 220,880 公噸石油。這次法國海岸的重大油污染事件促使 CEDRE 成立，逐漸成為法國乃至歐洲重要的水域事故研究和調查中心。

CEDRE 成立於 1979 年 1 月 25 日，目前在布雷斯斯特和馬提尼克（Martinique）設有兩個辦事處。Logette 主任特別展示 CEDRE 人員和預算多年來的增長情況。表示當重大油污染事件發生後，CEDRE 預算和人員也相應增加，尤其是在 2002 年和 2007 年有顯著增加。CEDRE 在 2015

年獲得聯合國綠色之星獎章，並成為委託培訓機構和中心。目前 CEDRE 與 20 多個國家有合作關係，每年預算為 500 萬歐元(約 1.7 億新臺幣)，其中 30%的預算來自法國政府，65%的預算來自委託或合作契約（一年或三年一次）。CEDRE 成員也經常受邀或依合作關係前往各國進行推廣活動。



CEDRE 的服務之一是向法國政府主管機關提供諮詢和建議。起初，這項服務僅針對油污問題，但自 1990 年開始擴展到化學品領域，並進行了相關的研究和試驗。2014 年，CEDRE 依據歐盟和其他國家政府的要求，開始協助進行關於海岸線和河川微塑膠及沉積物的監測研究。

CEDRE 的理事會成員來自多個不同的背景。其中一部分成員來自政府部門，而另一部分則來自相關的企業機構。這是因為在發生油污事故時，通常需要私營部門提供船舶支援、保險估算等相關支援，所以公私部門的合作至關重要。此外，CEDRE 設有策略委員會，由科學和技術專業人士組成，負責確定任務的優先順序和發展重點。CEDRE 還與外國機構、私營部門、國際組織（如 IMO、UNEP）、專業組織（如 IPIECA 等）和大學

進行國際合作。此外，他們還簽署了跨區域協議，並於 2019 年成為國際油污染賠償（International Oil Pollution Compensation, IOPC）觀察員。

為了方便在歐盟國家的運作，CEDRE 內部使用四種語言，包括法語、西班牙語、英語和希臘語。為使應變和分析服務標準化，他們陸續通過了 ISO 9001 和 ISO 14001 的國際品質認證。CEDRE 不僅在法國和歐盟的水域污染應變方面具有影響力，還與臺灣行政院環保署、海委會海保署、新加坡港務公司等國家機構合作。所有這些都使 CEDRE 逐漸實現其組織願景，成為溢油準備和應變領域的國際專家。

CEDRE 認為在應變意外事故時，應變計畫的擬定可以分為以下三個階段。這也解釋了為什麼學員們遠道而來到法國接受培訓，因為準備良好才能應付未來的挑戰。

(1) 評估情況

這個階段包括收集、分析相關文獻並保持更新，學習污染物的行為以及進行現地評估。

(2) 計畫擬定

在這個階段，應制定應變計畫，制定相應的措施和策略，以應變可能發生的意外情況。

(3) 計畫執行

為了確保應變計畫的順利執行，訓練是必不可少的。透過訓練，可以確保團隊成員具備所需的技能和知識，以應變各種情況。

這三個階段的循環是為了確保在意外事件發生時能夠有效應變。因此，參加訓練的目的正是為了充實自己，為未來的挑戰做好準備。

此外，CEDRE 非常強調分析、測試和研發能力，例如對於應變污染行為相關產品的測試和核准、設備效能評估以及污染源鑑定等方面。他們進行了應變器材測試，例如油分散劑等，以確認其在各種不同情境下的實際效果（因為廠商聲稱的效用未必與實際情況相符）。這些努力旨在確保 CEDRE 在事件發生時能夠立即處理。

CEDRE 的資源中心收藏了 9,500 份文件和 12,500 個多媒體檔案。他們還將部分文件電子化，並提供法文和英文版本的線上手冊。此外，他們還製作了多種公開資訊，包括溢油、裝備、案例紀錄、作業表單、多媒體資料庫、線上應變指南和出版品等，這些資訊都可以在 CEDRE 的官方網站（<https://wwz.cedre.fr/en/Resources>）上查閱。

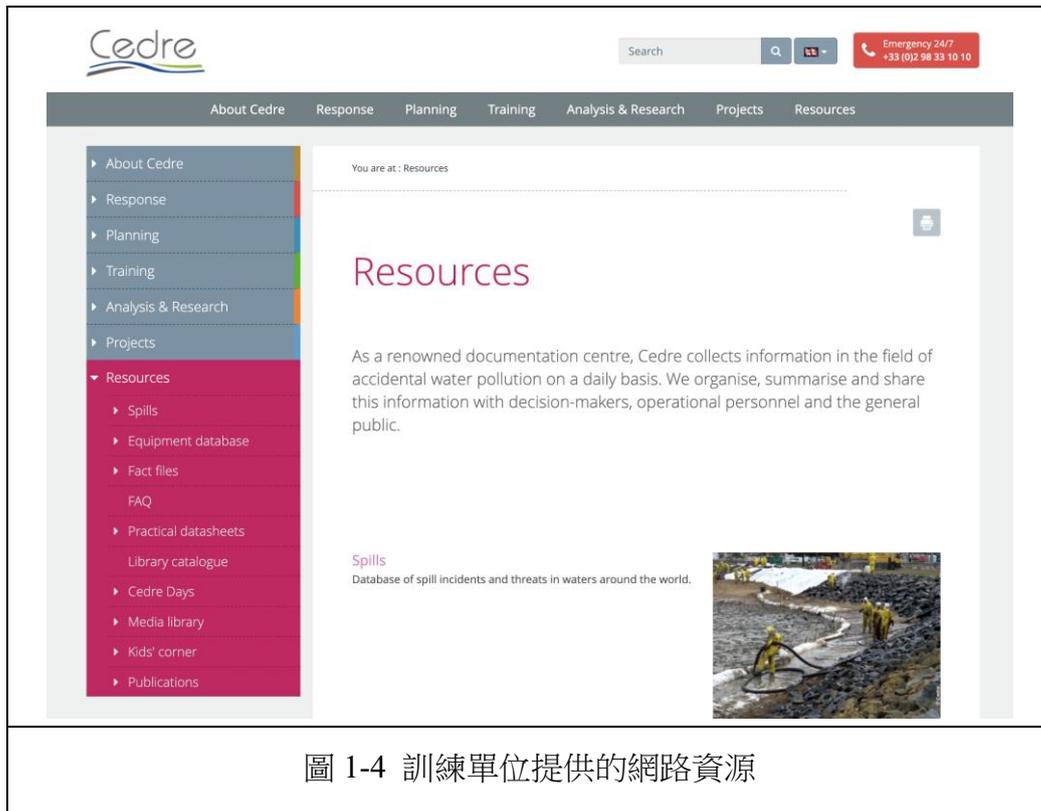


圖 1-4 訓練單位提供的網路資源

4. 法國政府油污染預防及應變

由 CEDRE 研究和培訓部（Studies and Training Department）的 Emmanuelle Poupon 女士介紹了法國政府在油污染預防和應變方面的組織架構，包括陸上權責機構、海上權責機構以及不同部門之間的合作協調機制。同時，她還介紹了培訓和演練的相關操作方式。

(1) 法國海事範圍

法國擁有長達 18,000 公里的海岸線，涵蓋了本土和海外屬地，海岸地區佔地面積約 1,100 萬平方公里（海外屬地佔 97%）。法國的應變組織不僅適用於本土，還包括離島和海外屬地。以下

是法國本土的三個主要海岸線段落：

- A. 北海航道（海岸線 1,759 公里）
- B. 大西洋部分（海岸線 2,400 公里）
- C. 地中海部分（海岸線 1,694 公里）
- D. 在英吉利海峽的多佛海峽是重要且繁忙的海上交通要道，每天有 400 艘商船/天（占全球交通量的 25%）；地中海法國海域部分，每年有 8,000 艘船舶。

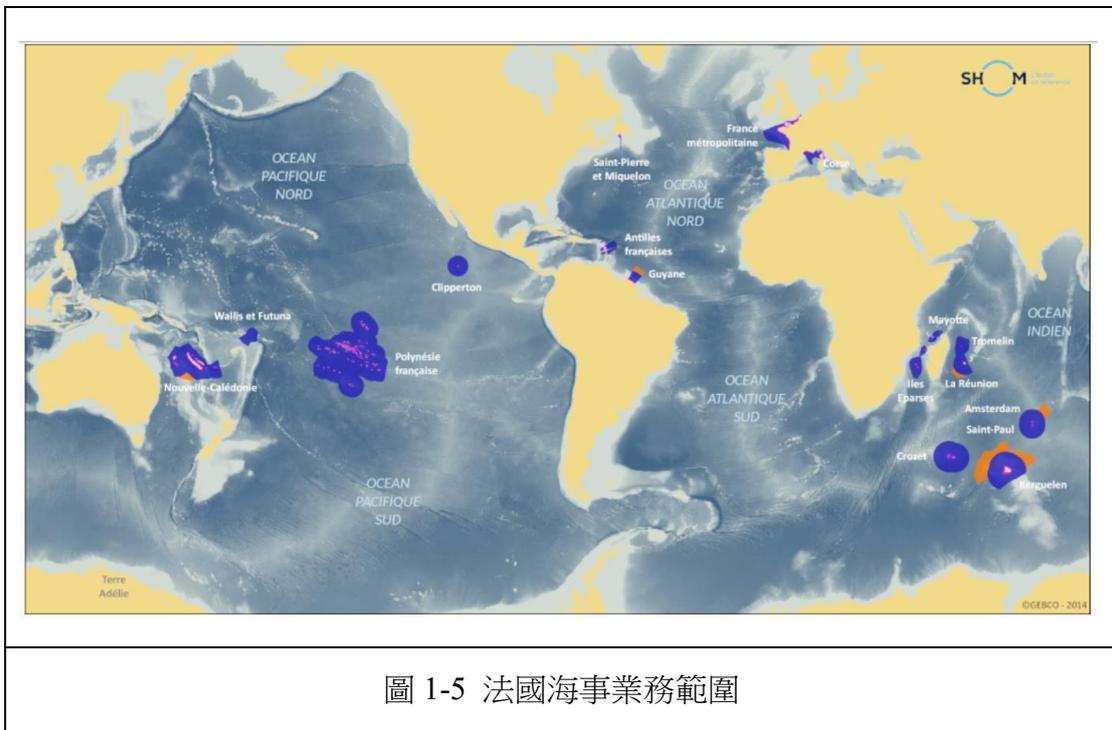
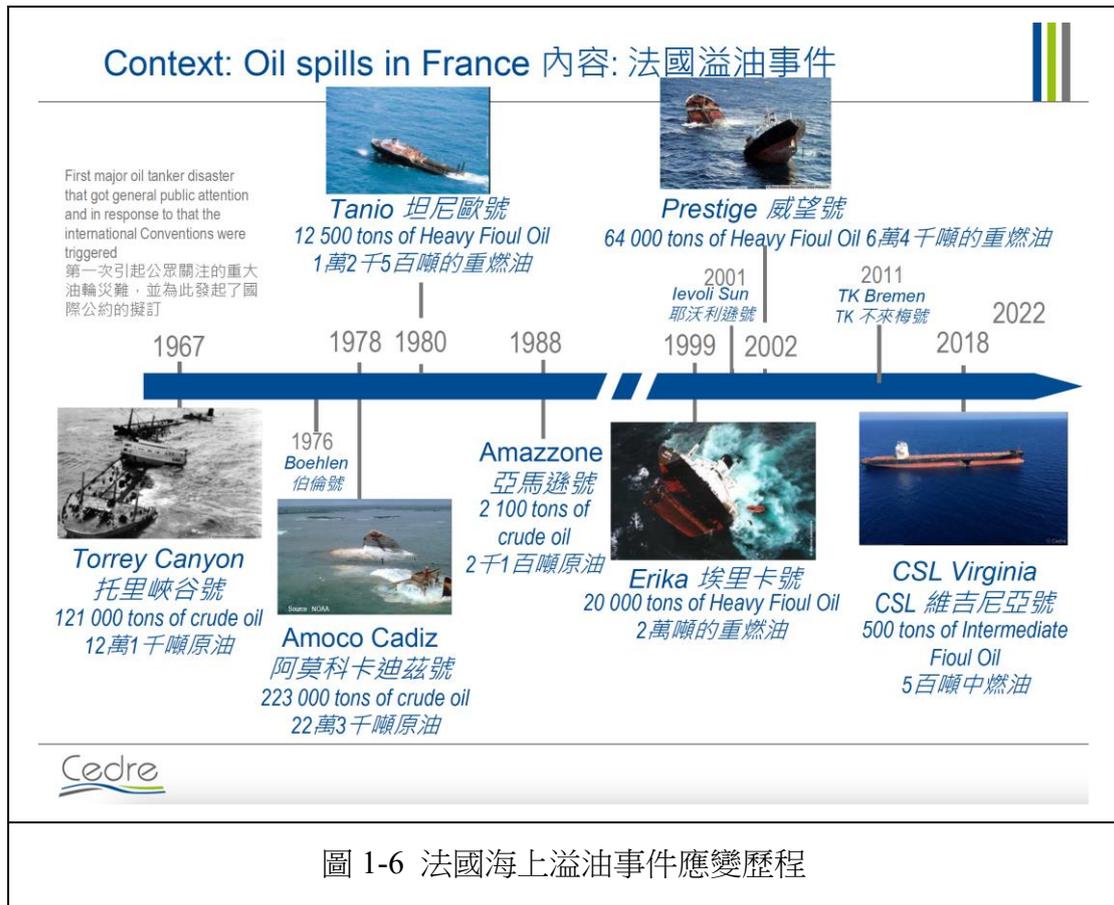


圖 1-5 法國海事業務範圍

(2) 法國的油污染事件

在過去四十年間，法國面臨著高風險的漏油污染問題。在這段時間裡，已經發生了 35 起顯著的海上事故，這些事故導致了實際的污染或污染風險。自 1967 年以來，法國海岸遭受了 11 起嚴重事故的油污染。其中有 7 起是世界上最嚴重的事故，影響到了法國海岸線。這些事故不論是因為與法國海岸附近發生的海上事故有關（如 1978 年的 Amoco Cadiz 油污外洩案、1999 年的

Erika 油污外洩案、2000 年的耶沃利太陽 (Ievoli Sun) 油污外洩案), 或者是因為鄰國發生的事故, 導致油污染漂向法國海岸 (如 1967 年英國海域的 Torrey Canyon 油污外洩案、1991 年義大利海域的 Haven 油污外洩案、2002 年西班牙海域的 Prestige 油污外洩案)。



(3) 法國應變組織的調整

法國的領海管理相當複雜，由眾多船公司、政府機構和利益團體共同負責。主要原因是法國政府沒有授權單一專責機關。過去曾發生許多海上船舶油污染事件，其中三條航道是主要發生地點。例如，1967 年發生了利比亞籍「Torrey Canyon」油輪在英格蘭海域觸礁的事件，導致 12.1 萬噸原油洩漏，嚴重污染了布列塔尼的海域。這是世界上第一起跨國的油污染事件，也促成了 IPCC 油污染基金的成立，以及法國 MAROPOL 油污染緊急應變計畫

和 CEDRE 的創建。該事件使法國政府開始思考如何應變和處理海洋油污染，但仍然沒有建立專門的機構。儘管政府不斷提出相關的法案，直到 1970 年才通過了一項名為 POLMAR 的法案，但其框架並不完整。

直到 1978 年 3 月 9 日再度發生利比亞籍「Amoco Cadiz」油輪在法國布列塔尼半島外 2.6 哩處觸礁沉沒的事件，導致 22.7 萬噸原油洩漏，並對布列塔尼近 400 公里的海岸地區造成了嚴重污染。這也是世界上最嚴重的海洋污染事件。

政府認為既有法規僅侷限在追究責任方面，對於防治工作仍然不足，特別是在準備、預防和應變方面需要修改法令。因此，在 1978 年 10 月 12 日通過了 Instruction POLMAR，其重點包括：

- A. 增加應變能力，建立國家級防污設備儲備場所。
- B. 向政府機關提供技術支援，為此成立了 CEDRE。
- C. 包括航道分線設計圖，以確保船舶之間不易相撞。
- D. 建立災難 MRCC 救難中心。

在法令結構方面，法國最初將海洋污染相關法令納入「民事安全」體系中。然而，1978 年 3 月 9 日，利比亞籍「Amoco Cadiz」因引擎故障漂流三天後沉沒。由於當時缺乏足夠大型拖船進行作業，法國政府決定獨立設立專責機構處理海洋應變，並建立了法國最大的拖船。然而，直到 2008 年，法國又將其重新納入「民事安全」的法律體系。這種變動是因為法國的組織一直在調整和變化，目前仍依據各種經驗來調整操作方式。

儘管法國政府實行權力下放和地方自治制度，中央政府仍是統籌全國性災害防制措施的核心。所有 POLMAR 組織直接向總理負責，以確保中央和地方在災害防制上的統一推行。

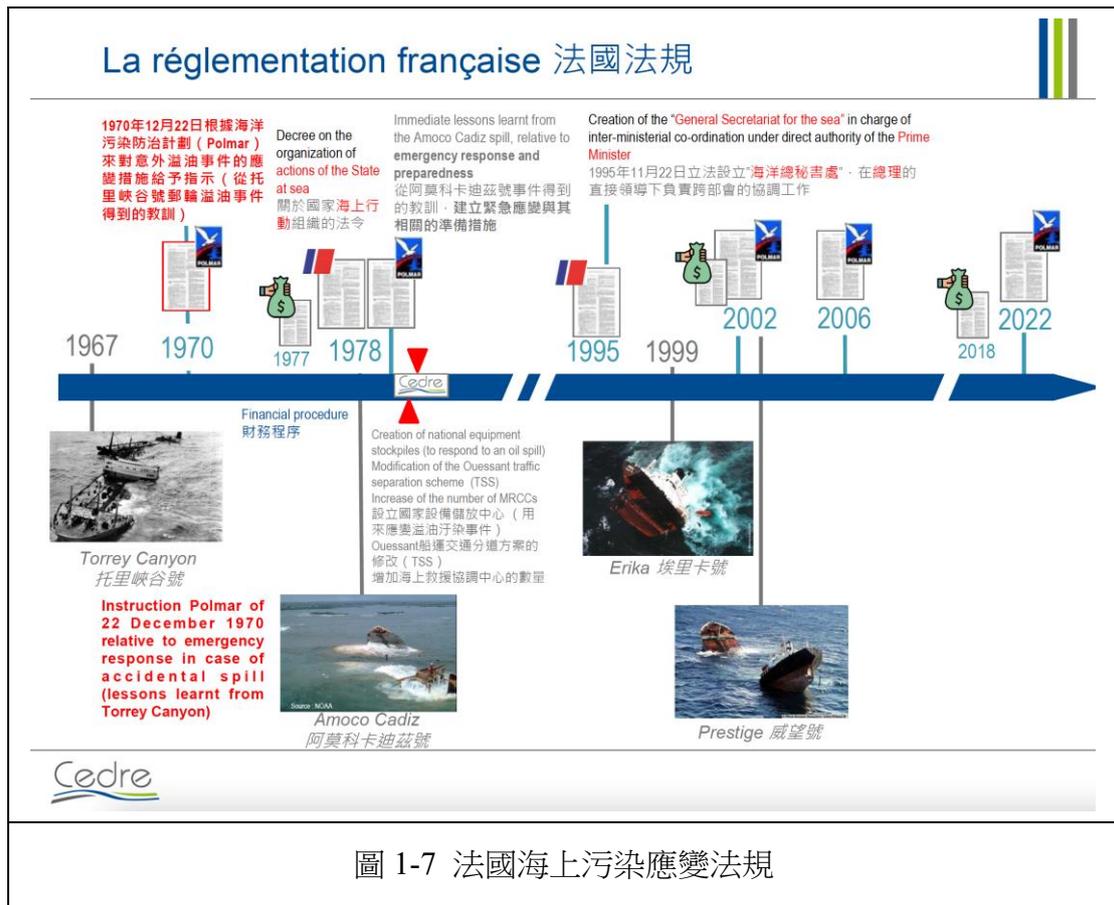


圖 1-7 法國海上污染應變法規

(4) 法國政府海上應變組織

1999年，法國發生了 ERIKA 號油輪的 2 萬公噸化學品 HFO 洩漏事件。基於這一事件，法國政府對 POLMAR 法案進行了修訂。為應變化學品事故，法案中新增了基金設立的規範。這些基金來源包括各政府機關的應急資金，來自法國環境部的資金用於應急和培訓，以及國會通過的特別預算，作為最高等級的特殊預算。

同年，為了協調各部門的組織，使應急能力達到統一，法國設立了「海事秘書長」一職，負責協調 POLMAR 法案中原有的海軍、海事單位、消防等部門，以及非政府組織和地方政府的應急資源。此外，CEDRE 協助法國政府應變海洋污染事件，提供應急策略和相關專業知識，而實際的污染清理工作由民間公司負責。

然而，2002 年發生的 Prestige 號船難事件，再次導致 64,000 公噸 HFO 冷媒洩漏。法國政府再次修訂法令，提升了 ORSEC（市民安全應變組織），重新組織了 POLMAR 法案的所有組織，其中包括 2004 年 8 月 13 日的法律。ORSEC 負責陸地和海洋部門的所有緊急應變工作，整合了海軍、海事單位、消防等部門，進一步提升了政府的應急能力。

在 2006 年和 2009 年，ORSEC 組織進一步專業化並擴大範圍，負責應變海洋污染和其他緊急應變事件，包括海嘯等突發意外事件。

(5) ORSEC 權責架構

法國在多次船難事件中經歷了多次改組，並將應變措施分為海上和陸上兩個層面。法國並沒有單一機關負責，而是區分為海上/海區應變計畫（包括北海、大西洋和地中海）以及陸地應變計畫（由地方政府負責），因此各自制定了相應的計畫。由於各地的情況不同，無法使用單一方案適用於所有情況。

針對海洋污染事件的應變組織，分為「海上」和「岸際/陸地」兩個層面，並可直接調動海軍、環保、交通和消防等相關應變機構，以及非政府組織（NGO）等民間應變資源。在油洩漏污染事故發生後，保護的優先順序是「人」、「經濟來源和基礎建設」以及「環境」。當油污漂到海岸時，應變權責就從海上轉交給陸上應變組織負責處理。

- A. 海上應變組織的架構係按照航道和海事分區劃分，並由國家級機構負責。劃定的區域範圍相對較大，分別設立負責「英吉利海峽及北海岸」、「大西洋」和「地中海」海域的主管機關。此外，海外屬地也設有獨立的主管機關。這些機構並非軍方機構，而是隸屬於法國海事秘書長的管轄，能夠直接調動海軍、政府部門和非政府組織等民間資源，主要負責海上交通監控管理、海

難搜救、污染預警、監測、事故管控和緊急應變等工作，並依據不同地區、航道和港口的需要，設立應變資材貯存中心。例如，法國布雷斯特作為港口及 CEDRE 總部所在地，因此被選定作為海上和陸上應變資材貯存地點。每年都會進行單獨或聯合的演習、聯防和教育訓練。依據法國法令和國際規定，污染者（或船東）必須提供法國處理海洋污染應變相關組織所需的人力和資金。在污染源不明或其他特殊情況下，由海事主管機構主動協調處理，事後再實施相關的求償程序。

- B. 陸上應變組織係依據市省郡來劃定，劃定的範圍相對較小。由於法國擁有極長的海岸線，不可能在巴黎制定對應措施，因此在多個市省郡成立了陸上應變機構，負責調動地方主管機關和相關應變能力。對於不同程度的油洩漏污染事件，由當地市長和省郡長負責指揮和處理。若涉及跨市或跨省郡情況，則由陸上應變機構負責統一指揮和調動應變能力。

在物資方面，為了應變不同地區的情況，設有地區救災儲備中心（STOCKPILES），每三個省郡設立一個貯存中心。每年都會讓各個省郡進行單獨或聯合的演習、聯防和教育訓練。法國擁有約 1,000 個小型海濱鄉鎮，平時會依據小型海洋或河川污染的緊急應變計畫進行相關的準備和訓練。法國政府對於海洋和河川污染應變的人員、組織架構和應變計畫並沒有強制性規定，但要符合高效和明確分工的原則。

為了有效應變海洋和河川污染事故，法國政府與石油產業業者展開合作。他們成立了洩漏油應變小組，並在馬賽設立應變設備庫房。同時，與航運、石化和製造等相關產業合作，以取得攔油索、汲油器、油分散劑等必要的應變工具。在發生重大海洋污染事故時，政府能夠迅速動員民間能量，解決人力不足的問題，並有效處理洩油事故。

◆ Response at sea stockpiles (Navy/Ministry of Armed Forces)
海上應變設備儲放中心 (海軍/國防部)

● Response on land stockpiles (Maritime Affairs/Ministry of the Sea)
陸上應變設備儲放中心 (海事局/海洋部)



圖 1-8 法國海上污染應變設備儲放區域

(6) 國際協助

法國政府在國際協助方面，對海洋污染問題採取了三種層級的合作方式：

- A. 歐盟層級：法國可以獲得歐盟歐洲海事安全局的支援。
- B. 國間雙邊或三方協議：法國與其他國家達成了雙邊或三方協議，例如與英國合作的「Manche 計畫」、與西班牙合作的「Biscaye 計畫」，以及與義大利和摩納哥合作的「RAMOGE 計畫」。這些合作協議旨在加強海洋污染應變能力，並共同解決跨國海洋污染問題。
- C. 同一海域（區域）之政府協定：法國與其他國家在特定海域或區域達成政府協定，例如「波恩協定」（北海區）、「巴塞羅那公約」（地中海區域）、部分「波昂公約」、「巴黎公約」及「巴塞隆納公約」等合作協定。這些協定促進了海域內各國之間的合作，以共同應變海洋污染問題。

這些國際機制有助於法國與其他國家共同合作，加強海洋污染防治和應變能力，確保海洋環境的保護和可持續發展。

12 **International assistance 國際援助**

3 Levels of assistance between states are available 在國家間有3個層級的協助支援

European level 歐洲層級：

- 歐洲海事安全局 (European Maritime Safety Agency, EMSA)
- 危機處理暨協調中心: (Emergency Response Coordination Center, ERCC)

Bi- and tri-lateral agreements (sub-regional level) between neighbouring States 鄰國之間的雙邊和三邊協議 (次區域級支援)

- UK: Manche plan 英國：英法海峽計畫
- Spain: Biscaye plan 西班牙：比斯開計畫
- Italia and Monaco : RAMOGE plan 義大利和摩納哥：RAMOGE協議

Regional Agreements (regional level) between States adjoining the same sea area 比鄰同一海域的國家之間的區域協定 (區域級支援)

- Bonn agreement (North Sea area) 波恩協定 (北海區域)
- Barcelona Convention (Mediterranean Sea) 巴塞隆納區公約 (地中海)



ATR 42 (Italia 義大利)



NEUWERK (Germany 德國)

圖 1-9 法國參與海上污染國際援助支援活動

(7) 應變策略選擇

在面對海上油洩漏事故時，應選擇適當的應變策略非常重要。首先，需要依據現場的具體情況，考慮各種應變措施和方法的優缺點及限制因素。基於這些考量，提出幾種具體可行的應變處理方案，並在實際操作中靈活運用，依據現場情況做出適時的調整。同時，也需要隨時做好應變意料之外事件的準備，因為油洩漏事故的處理可能會面臨各種突發狀況。因此，綜合考量各種因素並制定相應的應變策略，可以更有效地應變海上油洩漏事故。

5. 法國國家海上行動 (The Maritime Prefect and Stateaction at sea, SAS)

本課程由大西洋海事省的 Jean-Baptiste Gongora 先生介紹了前面所提及的海事組織，在海難事故發生時，如何啟動和執行溢油應變相關的工作。

海事省（Préfecture Maritime）是法國負責特定地區海上權力的主管機關。截至 2023 年，法國本土共有三個海事行政長官，分別位於 Cherbourg-en-Cotentin（負責海峽和北海地區）、Brest（負責大西洋地區）和 Toulon（負責地中海地區）。

在法國的各個海事省下設有國家海上行動部門（State Action at Sea, SAS Division），負責以下工作領域：1. 維護主權和保護國家利益；2. 保護海上人員和財產的安全；3. 確保海上安全；4. 環境保護；5. 管理保護區；6. 海上安全；7. 監控海上健康和工作條件；8. 管理海洋遺產和公共海洋資源；9. 負責海上海關、財政和經濟警察；10. 打擊非法海上活動。

在海上事務中，通常由海事長官擔任緊急事務總監，負責海上危機管理（如救生、救難、海污防治等）、海域管理（如交通規制、維持海上秩序、支援海上活動等）以及海洋空間的可持續管理（如海洋環境保護、確保衝突管理、支持再生能源發展等）。



(三) 小結

自從 Amoco Cadiz 的洩漏事件發生以來，法國政府持續修正應變組織和相關法規，已有近四十年。並且紀錄這些事故的應變經驗供後人參考，作為持續警惕的依據。

由於法國政府預算的緊縮，無法再維持過去的大型政府機構，因此開始將部分權責下放給地方政府或民間團體，例如與漁船合作的聯防機制（通常提供獎勵而非處罰），以及逐漸將廢棄物清理工作外包給民間企業處理。法國政府將盡可能將預算集中在海上應變和救災方面，而岸際和陸上資源則由地方政府負擔。受到預算壓力的影響，應變器材貯存點的數量可能會縮減為現有的三分之一，並儘可能轉由民間企業或地方政府自行管理。為此，CEDRE 最近制定了許多指南，供民間企業和漁船在應變工作中參考使用。

CEDRE 致力於因應不斷變化的海上污染事件，並提供相應的支援和指導。近年來，海上污染事件呈現多元化的趨勢，例如不明污染、爆炸和船體碰撞。例如，在 2019 年初發生的 GRANDE AMERICAN 號起火燃燒案件中，涉及化學物質散佈、火災、爆炸和船員救援等多重問題，這也是 CEDRE 持續努力的領域之一。

主題二、油污染評估和決策：海洋溢油之狀態變化及可預期之演變、海上觀測與評估導論、決策支持系統和工具、參觀 CEDRE 設施（實驗部門）。

（一）前言

IMO Level 3 Oil Spill Management 溢油管理第二天（6 月 21 日）課程議題主要為溢油的評估。首先，讓學員瞭解各類油品洩漏至海中的狀態變化及其宿命，瞭解不同種類油品的組成及差異，以及海上和海岸線主要的石油風化過程，並且理解這些過程對於制定應變策略的重要性。當油品洩漏至海上時，讓學員瞭解空中觀測的必要性，並將其納入緊急應變計畫中，包括依據溢油狀況選擇適合之平台，並協助準備觀測任務以及協助處理觀測任務後的結果。最後，依據油的狀態變化和漂移軌跡，盡快且定期進行模擬，並介紹目前市面上常用的模擬工具。

（二）內容

1. 海洋溢油之狀態變化及可預期之演變

油品雖有其各自的狀態變化，但仍受環境條件影響，例如風吹、日照、溫度、流體擾動、鹽度及濁度等。同一種物質在不同環境條件下，也會表現出不同的狀態變化，如擴散、蒸發、乳化、分散、漂流、溶解度、沉澱等。當海上發生船舶事故時，這些海洋溢油的狀態變化是應變決策所採取的應變措施、器材調度及人員救災裝備的重要參考依據。

精煉石油產品的獨特化學成分取決於精煉過程。原油產品的成分變化性高，柴油的成分較為固定，但可人為調整，而重油的成分變化性高且可人為調整。化學品的不同成分也會影響其物理特性，例如原油、柴油、汽油、重油等都具有其物理性質，包括密度、黏著度、瀝青質含量、閃火點、蒸氣壓、流動點等。目前原油數據資料庫已編列各種油類的基本特性，透過了解油品的物理特性，我們可以瞭解其狀態變化，例如密度影響其浮力性，黏著度影響擴散，瀝青質含量影響乳化作用，閃火點影響燃燒風險，蒸氣壓代表揮發性，流動點影響其固化。

原油經分餾提煉品質則取決於油品精煉過程如圖 2-1，依沸點不同而

產生如汽油、柴油、重油、瀝青等分別供給不同用途的工業（化工原料）或交通工具使用，其油品的化學成分及物理性質如表 2-1。

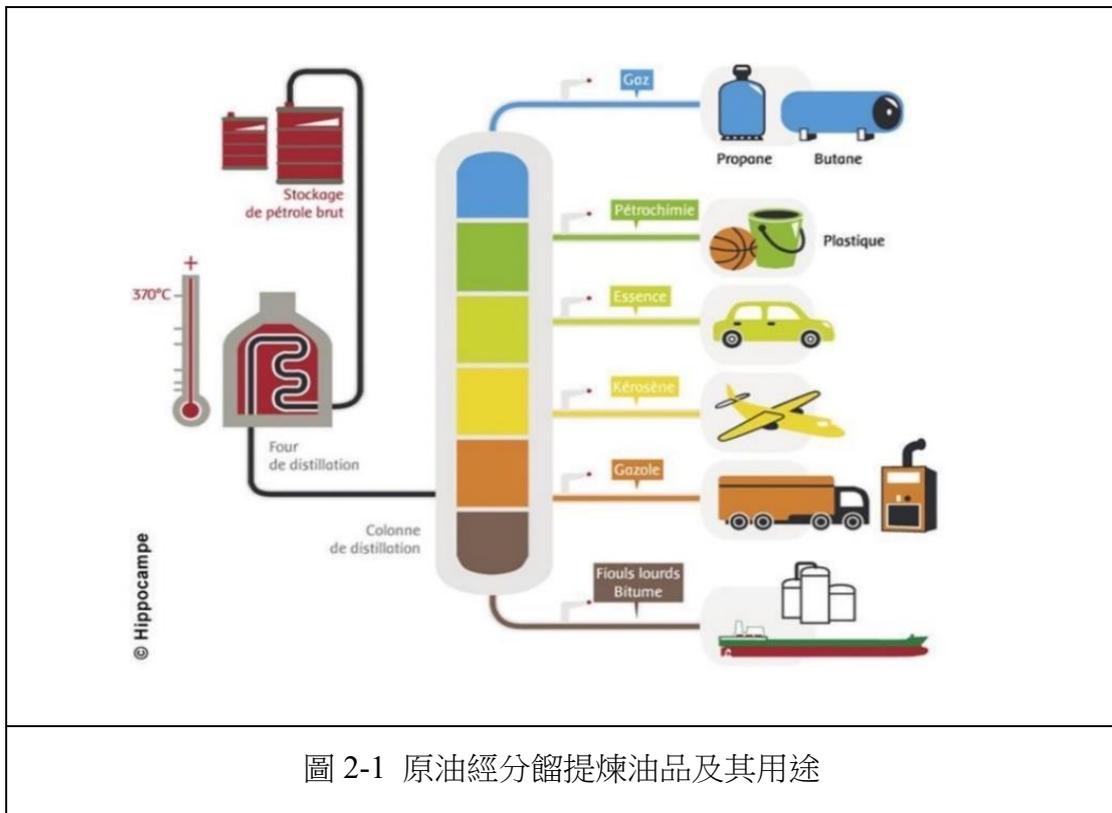


圖 2-1 原油經分餾提煉油品及其用途

表 2-1 原油及精煉油品之物理、化學性質

油品種類	原油	汽油	柴油	重油
密度	0.8-0.95	0.65-0.75	0.85	≃1.0
黏著度 (cSt@20°C)	多變的	0.5-1	15	多變的
瀝青質含量 (%)	多變的	0	0	≃8
閃火點 (°C)	多變的	<-40	55	>60
蒸氣壓 (kPa)	多變的	35-90	0.1	<1
流動點 (°C)	多變的	-	-40	<45

當油品外洩污染發生時，第一時間應儘速檢視油品的 SDS，因在海上風化過程中，油品變化約分為擴散、蒸發、自然分散、乳化、沉浸、生物降解、光氧化等 7 種過程，其污染程度勢必會隨著時間增加而加重，這些過程將油中之有毒之碳氫化合物溶入水中，被浮游生物或魚類吞食或吸附造成食物鏈之破壞，影響水域生態環境達 5~10 年甚至更久的時間，故應變時應特別注意油品風化過程中，所採取應變措施方式及人員面對的風險影響程度，如表 2-2。

表 2-2 各種油品化學成分影響物理性質及外洩在海上風化過程的影響性

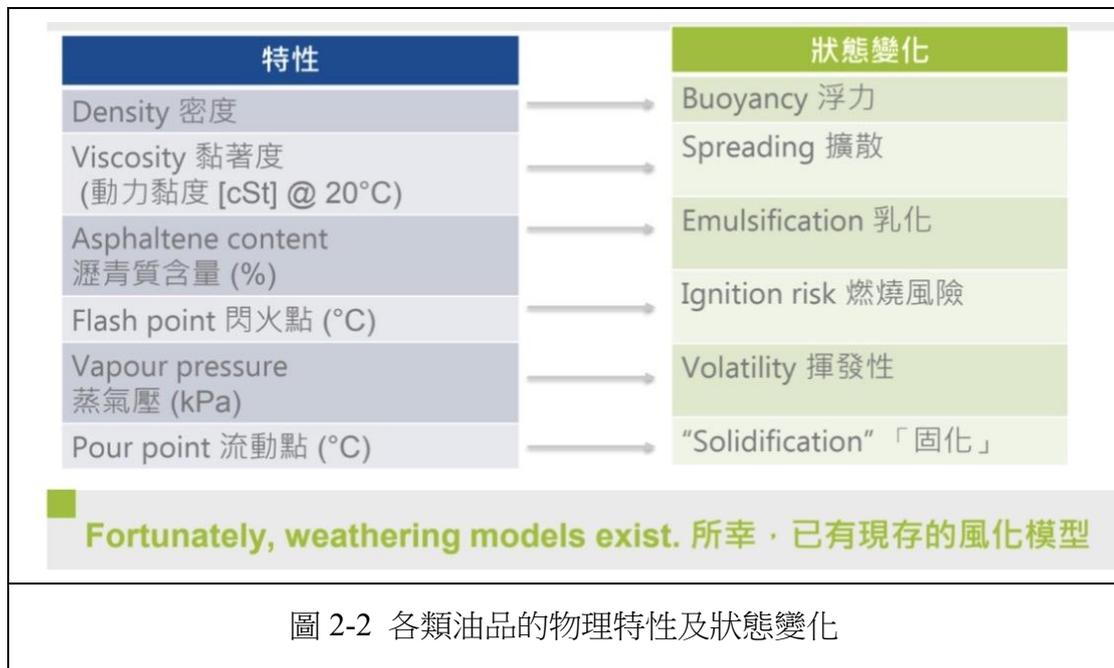
油品種類/ 風化過程	原油	汽油	柴油	重油	狀態條件	影響性
擴散	***	***	***	*	黏度、天氣條件及外洩地點	1.產生浮游碎片 2.蒸發與分散現象逐漸增加 3.使得採樣及回收更為複雜、困難
蒸發	***	***	**	-	油品類型、擴散及海洋氣散條件	1.減少水面油量 2.增加爆炸及火災的風險 3.增加油品的黏度及密度 4.應變人員有中毒及爆炸的風險
自然分散	-	**	**	-	油品類型、擴散及海洋氣散條件	1.浮油在水中自然破碎分解 2.油漂流方向不是取決於風向而是海浪 3.輕質油可在數小時內自然分解、重油則無法自然分解
乳化	**	-	-	**	油的類型、含瀝青的比例	1.油乳化後油脂顏色改變成黑/棕/橘色並使回收體積增加 3-4 倍 2.黏度的增加將使操作汲油器困難度增高 3.降低使用化學分散劑效果
沉浸	-	-	-	**	油品密度及環境條件(鹽度、溫度及懸浮物)	1.水與油脂溶合，產生體積更大的乳化物 2.沉浸油污會重複出現在水體、且長期釋放有毒化合物

油品種類/ 風化過程	原油	汽油	柴油	重油	狀態條件	影響性
生物降解	*	***	**	-	油品類型環境條件（菌種、營養鹽、陽光）	油被微生物代謝過程持久且緩慢也無法完全降解油的毒性
光氧化	*	-	-	**	油品類型環境條件（陽光）	1.油可被紫外線分解為可溶性物質，易為微生物降解 2.可能逐漸轉變為類似瀝青的殘渣

基本上，油不會完全溶於水中。根據油品成分中瀝青含量的多寡以及海面風浪的攪拌，水會進入油中，這對應變來說是一個很大的問題，因為會增加清理的污染量。換句話說，1 公升的油就必須回收 4 公升的污染物，從而相對增加了廢棄物的清理量。乳化現象也會讓污染物的黏性增加，因此清理設備也必須相應調整。如果已經出現乳化現象，則無需再使用分散劑，因為乳化劑的成分已經無法進入乳化的油團內。乳化的油團不太可能分解，也不會因生物降解而消失。

油品外洩時，會依據成分不同影響海上擴散程度或聚在一起。基本上長程的大型船舶使用的都是重質燃油，但在未來會採用較乾淨的能源，例如氨或甲烷之類來取代重質燃油，因重質燃油中瀝青組成成分較高，一旦外洩很容易產生乳化現象並包覆大量的海水，使得油品變質及體積膨脹，增加回收處理的困難度。

在精煉過程中產生的輕質燃油，如柴油、汽油，其密度小於 1，輕質燃油在海上漂浮的面積會很大，也會溶於海水，因此依據船舶裝載的油品可以判斷發生外洩時第一時間的變化。另蒸氣壓也是很重要的因素，因為蒸氣壓越高越容易揮發，所以在救災的第一時間就應該瞭解救難人員是否需要穿著防護衣及呼吸器前往現場救援。而閃火點就是判斷是否容易起火燃燒的危險，除了可以參考物質安全資料表（Material Safety Data Sheet, MSDS）外，網路上也有資料庫可以查詢油品的物化性質，以瞭解油品在海上的狀態變化，如圖 2-2。



2. 海上觀測與評估導論

當海洋油污染事故發生後，決策鏈中的第一個環節就是清楚瞭解現實情況，應盡早出動空中觀測。採取海上直接監測，不但可得到污染全貌，對決策程序更是必然的條件，而監測結果亦可與媒體直接溝通，避免溝通的危機，所以海上監測要儘早出動，這會影響到應變決策模式及公關危機，如第一個所公佈的影像或圖片由媒體新聞提供的話，會對決策團隊及危機處理團隊會造成很大的傷害。

(1) 海上監測目的

海上監測的目的有兩項：第一是確認污染源。經常因資料誤判或其他資訊錯誤，導致實地監測和通報之間存在相當大的差距，因此實際到現場確認是否發生污染，才能避免誤判的情況。第二是定位污染。海上監測不僅要定位污染源，還必須正確描述污染物的外觀和狀態，然後繪製污染地圖，以監控污染情況，包括污染物對岸邊和附近設施造成的風險。在實地偵測

後，需要將數據輸入電腦，使用軟體建立污染物漂移的模型。這些數據可以引導應變團隊在適當的時間採取相應的措施。

根據溢油情況選擇空中觀測時，必須定位污染物的前緣（主要污染團抵達的位置）和在海中前進的方向，以判斷主要清除污染的重點區域。要描述溢油情況並繪製洩漏地圖，還需要推估溢油對岸邊和附近設施的狀態變化和風險。同時，還需要同步獲取相關海流、風向、風速、氣溫、水溫、溢油量和油品 SDS（蒸氣壓、黏度、密度、顏色、油團大小）等數據，並輸入模型中，以模擬到達岸際的時間、污染地區和油品狀態等情況。這有助於調度所需的物資、設備和應變人力，以在最短時間內圍堵、攔除和清除油污。

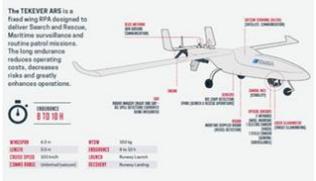
也可以派遣海上作業船舶或監控油品流向的船艇，但需要在海象與任務許可之狀況下，執行清除油污、海域環境監測與採樣作業，更必須確保清污人員安全為前提才能夠執行，而目前用於觀測及監控工具有浮球（標）、氣球、船舶、無人機（飛機/直升機）、衛星等可以準確掌握溢油未來漂移擴散區域，如圖 2-3。

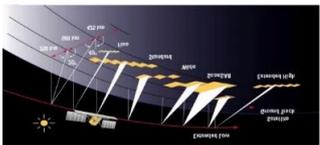


從最接近海平面開始，第一個就是浮球，如果發現油污就可以放入浮球，他會隨著油污同步飄移，也可以使用船舶放置氣球的做法，現在也有使用無人機作為監測工具，也有空中監測的直升機及觀察機，最後是離海平面最遠的衛星，各項支援應變之監控工具分述如表 2-3。

另外搭乘偵測機或直升機時，可搭配不同的觀測工具，例如直接以目視判斷或遠距操控，一般常用望遠鏡或光學攝影機，現在也有以 UV 紫外線、IR 紅外線、高光譜儀來探測，一般而言，遠紅外線波長比較高，波長越長穿透能力就比較高，可以知道油污的厚度，短波長就只能知道油污分佈的範圍，一般都會搭載的兩種互補的監測裝置。

表 2-3 支援應變之監控工具功能說明

A	浮球	<p>浮球內的浮標設計是以定位污染為主，可以用船或直升機施放浮球，如污染物的密度不只是浮在水面上也可能會在水中，此時，可調整浮球的密度並沉入水中監測，相對可以節省監測費用。</p>	
B	氣象氣球	<p>經常使用於監測大氣溫度及變化，可從船上裝載氣象氣球，裝設雷達監測，可同步偵測海面上空氣層中垂直分析各層的溫度、濕度和壓力等資訊，回傳到地面；如下方有船舶污染，可在空中定位向下拍照，但仍受到風力限制。</p>	
C	無人機/ 飛機/ 直升機	<p>A.無人機：有展翼式及螺旋槳式，可在空中定位，上面可搭載的監測器就有許多種，有可見光的或遠紅外線或污染物氣體的偵測器。</p> <p>右圖是歐洲所使用的無人機類型，由歐洲海上安全局提供給會員國使用的無人機型。</p>	

		<p>B. 雙引擎飛機：由人駕駛的雙引擎飛機，可提供良好能見度、高度、機動性。好的機型其機翼應該在飛機上方而非下方，避免因觀測時被機翼擋住。</p>	
		<p>C. 直升機：可以接近比較困難的地形、定位及空中盤旋，缺點是航程沒辦法太遠。</p>	
<p>D</p>	<p>衛星</p>	<p>感測探測可裝置於飛機或衛星上，以記錄和檢測資料的方式蒐集海洋環境資料，經過整理、分析，轉換成為用於瞭解海洋油污染的範圍及方向，因覆蓋的面積大，可能會出現誤報。</p>	

另一種是雷達，雷達所監測範圍較為廣域，可以監測到污染物的邊緣。雷達監測的原理是利用海水的波浪，沒有油污的波浪波幅相對比較高，有油污覆蓋的波浪波幅比較低，進而分辨海面是否被油污染及確認範圍，但雷達兩種情況下是無法使用的，一種是在海面風平浪靜時沒辦法偵測波幅的差異，另一種在颱風的情況下也無法偵測。

基本上所使用的監測工具操控及判讀，都需要經驗來執行，才能正確分辨出是否是油污染或其他東西所造成的。飛機的正下方雷達是偵測不到的，只能偵測到左右兩側，飛機下方就必須使用紅外線；紅外線的穿透能力比較強，可以偵測到污染物的厚度，越黑的地方表示污染物越厚，而且夜間也可以偵測；紫外線是因為波長較短，是透過陽光反射，搜集不一樣的光譜來偵測，即使是很小很薄的擴散，都會被偵測到，可以很明確的定位污染物的面積及位置，如圖 2-4。

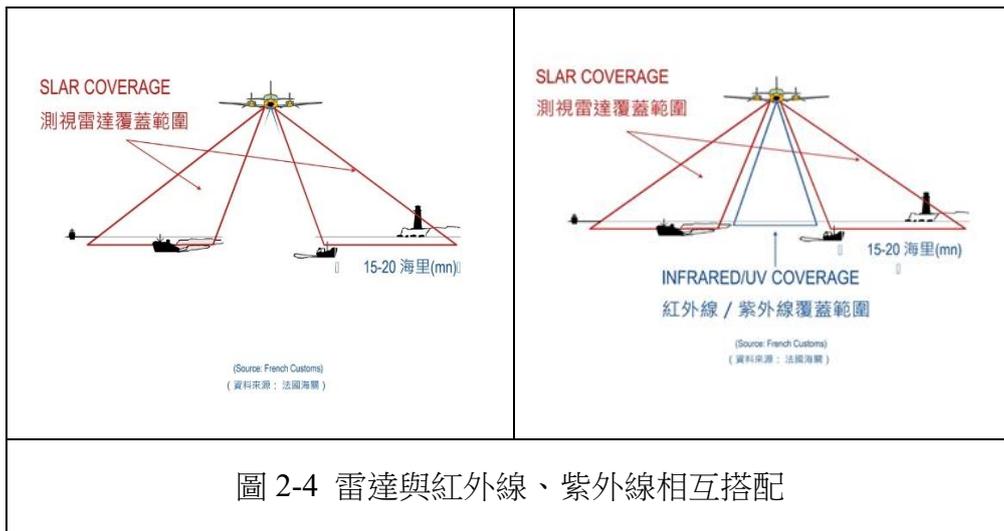


圖 2-4 雷達與紅外線、紫外線相互搭配

衛星偵測方式與雷達原理差不多，但衛星可以從高緯度來偵測大範圍的海域，但範圍大、偵測的雜訊多，可能出現假警報的狀況，所以會先以衛星偵測大範圍的區域，發現可疑的漏油點後，再派遣飛機以雷達偵測。現在地球軌道上衛星數量非常多，歐洲海上安全局有自己的衛星，可以提供監控系統供歐盟成員國使用。

歐洲海上安全局提供的照片，有經度緯度資料、海面資料、面積及是否有污染物的定位分析，依照顏色深淺區分是否為污染物定期監控，如果有紅色警報，就會派遣飛機監控是否發生油污染。

(2) 海上監測的任務

在海上監測派遣首先要注意安全性，可能會碰到有毒的蒸氣雲危險，也要考慮天候狀況及能見度，依據模擬的漂移速度擬定飛行路線，相關準備程序及器材都要在緊急應變計畫的 SOP 中敘明清楚，如各種攝影器材準備齊全並充滿電力、海圖及回傳的標準化表格。

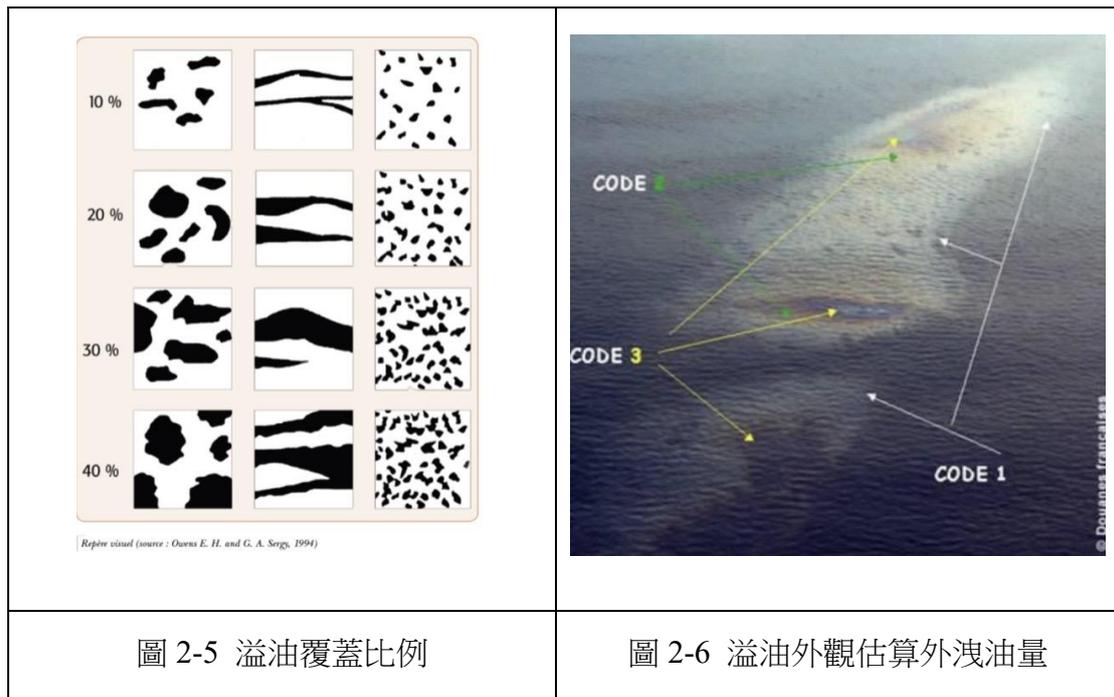
在飛行的過程中，首先應該紀錄定位污染物的地點及污染物的狀態（球狀、條狀、塊狀），確認污染物與岸邊設施及海岸

線的距離，以顏色或外觀判斷污染物是否改變，簡單評斷測量污染物漂浮的長、寬，計算污染面積，也可以使用固定的記號去代表污染物的厚度、直徑或長、寬。透過空中監測方式得知污染物邊緣、長寬及污染物所佔比例，就可以推估污染物分佈面積，再加上平均厚度就可以估算回收污染物的量、清理準備的物資量及工作人員人數等。

依據經驗判斷，取得污染物邊緣的長寬並對照污染物分佈的比例（如圖 2-5），可判斷得知大概有多少油污在海面上。另依據波恩協定，反射畫面中油的顏色可判斷油的厚度，圖 2-6 上是有點銀灰色的等級對應的厚度，如已有估算面積資料再對照厚度，就可以推估外洩的油量。這種推估法也適用其他化學品，看到不同地方的顏色就可以知道厚度，估算範圍就可以知道外洩量。

在空中監測最好的方式，是以偵測機飛到正上方，往下看顏色變化較為準確，肉眼偵測的困難度在於，油層超過一定的厚度看起來都差不多，依據石油油品性質得知新鮮油品與乳化油品的顏色外觀是不一樣，如果是新鮮油品外洩，一般都不會太厚大約是 0.1-0.3mm 左右，一旦開始乳化後，就會不斷增厚超過 3mm 以上。其他幫助偵測的工具（如微波）沒有很可靠，最好的方式是直接派船到現場測量較為準確。但這些都只是估算油污量，其實都不太準確，若知道事故船油槽容量或裝載油量，從漏出比例計算的污染量會更為準確。

現在大多數的相機都有內裝 GPS，所以利用照片的經緯度及拍攝時間，後續以拼接方式即可得知海域污染的全貌，另外在偵測機上拍照有訣竅，記得不要將相機鏡頭貼在窗戶玻璃上拍，以免得到無法使用的照片。



觀測紀錄都有標準化的程序，油污染報告總則及細項經過討論已有公版，觀測紀錄表格業經公制標準化，亦可使用網站（[http : //wwz.cedre.fr/en/Resources/Publications/Operational-Guides/Aerial-Observation](http://wwz.cedre.fr/en/Resources/Publications/Operational-Guides/Aerial-Observation)）查詢油污染所使用的偵測方式等資訊。

空中偵測有限制，如天候不佳、污染面積過大、無法完全掌控所有的污染物、無法以顏色判斷污染物的種類，且原油也非單純的一種油品，一旦外洩容易成為複合式污染，另化學物質是無法從空中觀測，易造成雷達的誤判。

另外也有假情報的狀況，如水上的礁石、雲的影子、苔癬類或褐藻與乳化後油污染顏色很像、漂浮在海上的藻類等，都可能讓在偵測機上的人誤判為油污染漂移現象。

進行一系列的應變準備後，必須在最短時間內撰寫油污染報告書，提供事故應變指揮中心採取除污應變作為，報告書內容需要具備洩漏油品分類、觀察與報告日期及時間、污染位置與程度、風向和海浪流速與方向、天氣條件與海況、污染物的特

徵 (物理化學性質)、污染源及發生事故原因、污染區域內的船舶詳細情況、相關證據蒐集、已採取或預計採取的行動及作為、預測污染與可能受影響區域遭受的經濟面及生物面的損失、知情或可提供協助的組織或國家、其他相關資訊等，CEDRE 經常使用的緊急應變計畫標準表格可供參考，如圖 2-7。

COMTE RENDU DE RECONNAISSANCE AERIENNE																																			
OBSERVATION						CONDITIONS																													
Incident	Date					Vent	Direction (venant de): Force (nœuds):																												
Type aéronef	Heure décollage (locale)					Plafond nuageux (pieds)																													
Compagnie	Heure atterrissage (locale)					Temps	<input type="checkbox"/> Ensoleillé <input type="checkbox"/> Couvert <input type="checkbox"/> Orageux <input type="checkbox"/> Pluvieux																												
Indicatif Radio	Schéma zone de survol					Etat de la mer (Beaufort)																													
Observateur						Visibilité	<input type="checkbox"/> km <input type="checkbox"/> NM (autres nls)																												
Assistant Observateur						Outils	<input type="checkbox"/> GPS <input type="checkbox"/> Photos <input type="checkbox"/> Vidéos <input type="checkbox"/> IR (infrarouge) <input type="checkbox"/> UV (ultraviolet) <input type="checkbox"/> SLAR (Side-Loading Airborne Radar) <input type="checkbox"/> Autres																												
Altitude moyenne																																			
NOTES EXPLICATIVES																																			
Estimation en mer						Code d'apparence																													
						<table border="1"> <thead> <tr> <th>Apparence</th> <th>Épaisseur nappe (µm)</th> <th>Volume minimum m³/km²</th> <th>Volume maximum m³/km²</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 Reflet (gris argenté)</td> <td>0,04-0,30</td> <td>0,04</td> <td>0,30</td> </tr> <tr> <td>2 Arc-en-ciel</td> <td>0,30-5</td> <td>0,30</td> <td>5,00</td> </tr> <tr> <td>3 Métallique</td> <td>5-50</td> <td>5,00</td> <td>50,00</td> </tr> <tr> <td>4 Vraie couleur discontinue</td> <td>50-200</td> <td>50,00</td> <td>200</td> </tr> <tr> <td>5 Vraie couleur continue</td> <td>>200</td> <td>200</td> <td>> 200</td> </tr> </tbody> </table>						Apparence	Épaisseur nappe (µm)	Volume minimum m³/km²	Volume maximum m³/km²	1 Reflet (gris argenté)	0,04-0,30	0,04	0,30	2 Arc-en-ciel	0,30-5	0,30	5,00	3 Métallique	5-50	5,00	50,00	4 Vraie couleur discontinue	50-200	50,00	200	5 Vraie couleur continue	>200	200	> 200
Apparence	Épaisseur nappe (µm)	Volume minimum m³/km²	Volume maximum m³/km²																																
1 Reflet (gris argenté)	0,04-0,30	0,04	0,30																																
2 Arc-en-ciel	0,30-5	0,30	5,00																																
3 Métallique	5-50	5,00	50,00																																
4 Vraie couleur discontinue	50-200	50,00	200																																
5 Vraie couleur continue	>200	200	> 200																																
COMTE-RENDU																																			
Nappe	Position (latitude S / longitude E)		Dimensions de la nappe		Surface	Surface polluée	Taux de couverture par code d'apparence (%)					Volume minimum (m³)	Volume maximum (m³)																						
N°	Début de nappe	Fin de nappes	L: Longueur (km)	l: largeur (km)	Lxl: Longueur x largeur (km²)	Taux de couverture du polluant (%)	Surface x Taux de couverture	1	2	3	4	5																							
								Reflet (gris argenté)	Arc-en-ciel	Métallique	Vraie couleur discontinue	Vraie couleur continue																							

圖 2-7 緊急應變計畫標準表格

3. 決策支援系統和工具

當海上發生油污染事件時，需要預測漏油的變化（風化、蒸發、乳化、分散及黏度與密度變化）以及油污染的漂流軌跡等之模擬模式，推估海上浮油的流向、範圍，以提供除污應變中心採取適當的圍堵、除油措施，而模式模擬要定期更新，並隨時提供新的訊息，讓應變中心隨時採取相對應的作為，甚至可預先通報預期受到污染的地區及當地民眾，提前採取避難、減災的作為。市面上有許多不同的溢油漂移與風化模擬模型，有些由私人公司開發（如 OILMAP），有些由政府機構開發（如 WEBGNOME，由美國國家海洋暨大氣總署 NOAA 開發，為免費系統），化學品模式可使用

CHEMMAP (RPS)。而法國政府開發的模型為 MOTHY，是由法國氣象局開發與執行，適用於全世界，然非免費軟體。

不同類型的溢油風化模式，都會在各種環境條件影響下，溢油性質都會隨時間改變，目前多採用四種不同類模型如下：

(1) 溢油風化模型

預測在各種環境條件影響下，溢油隨時間變化的路徑。

(2) 軌跡或確定性模型

預測浮油隨時間變化的路徑。

(3) 隨機模型

又稱機率模型，是種統計學的資料，將輸入過去所有發生事故的參數，得到污染物登陸幾個地點的概率比例，針對最有可能登陸的地點，來做相關的防範策略。

(4) 推算模型

又稱回溯模型，反推軌跡模擬過程，在不明溢油來源時，用於追查溢油源頭。

全球適用的溢油漂移與風化模式，有私人公司開發的 OILMAP(RPS)、OSCAR (SINTEF)、MIKE (DHI)、OSIS (BMT) 等，必須要付費才能使用，另外由學術機構或政府機構開發，如美國國家海洋暨大氣總署 NOAA 開發的 GNOME、WEBGNOME、ADIOS 等 3 種免費軟體可登錄下載及法國氣象局開發的 MOTHY (須付費)；另外模擬化學品洩漏污染的 CHEMMAP (RPS) 也可免費提供大眾使用。若要查詢溢油自動數據，NOAA 提供了免費下載網站 (<http://response.restoration.noaa.gov/>)。

每種溢油模式都需要輸入正確的油污特性、海象資料，以市面上常用的漂移預測模式，其輸入資訊為油的種類和屬性(可從資料庫中取得)、風向(可從氣象局資料庫取得或自行輸入)、海流(由模型計算或從網路中下載)、溢油地點及數量、水溫、參數調整(如風向比例、海流速度等)。得

到的數據參數為浮油軌跡、質量平衡、掃掠面積、風及海流等。模擬所得數據，對於演練、緊急應變計畫和人員培訓有相當的幫助。

由美國國家海洋暨大氣總署 NOAA 開發的 GNOME，可以直接下載，相較於其他模型，GNOME 使用簡單，輸入氣候條件及油品性質等就可以運算，是用來偵測油品風化現象，輸出資料會是油品在短、中、長期的自然現象風化比例。如污染物的密度決定污染在水裡的狀態，是浮在水面？沉在水底？或漂浮在水中？污染物的密度隨時間變化，可判斷是否會結合其他物質後沉入水底；黏度的變化，可判斷使用何種工具（如汲油器、馬達、吸油棉...）來進行回收；揮發的速度決定何時能夠進入事故現場觀測或採樣。

OILMAP（RPS）模式模擬油污染，提供溢油的移動變化及風化的預測，有預測狀態變化、軌道分析及最後的著陸點，右邊的圓餅圖是成分的變化，可知道有多少油污抵達海岸線上，也可以提供綜合的報告，如圖 2-8。

另一個使用 NOAA 開發的 CHEMMAP，首先要下載系統內的海象及海流資料庫，可以先建立想要模擬的海域範圍，輸入精準的經緯度去評估偵測的海域，也可以預估未來的 5-10 天洋流的變化，再來需要輸入污染的情境，線上也有操作手冊，可以提供輸入參數時的參考，如圖 2-9。

輸入新的時間跟範圍，再輸入水的資料（如密度、溫度、鹽度）及污染物的參數（如污染物發生地點、經緯度及污染量），也可以選擇資料庫，之後就可以模擬污染物抵達地點，如果臺灣有相關的氣象資料可以上傳 NOAA 資料庫，模擬臺灣水域會更精準。

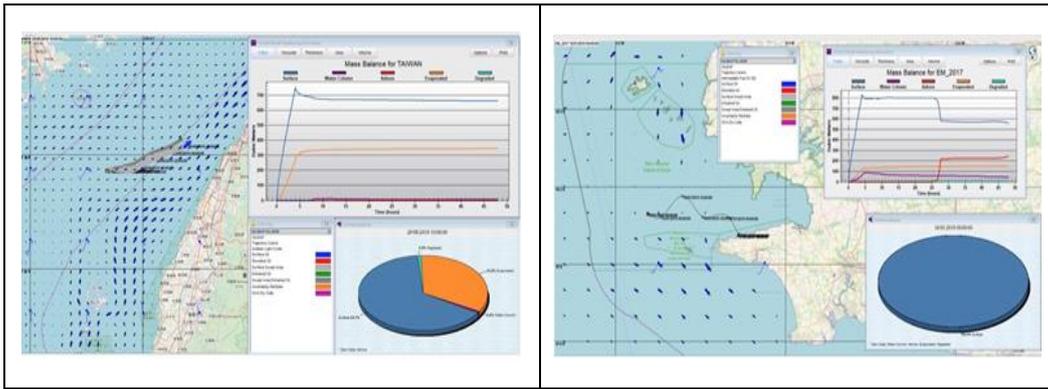


圖 2-8 OILMAP (RPS) 模式 模擬溢油污染移動變化及風化模型

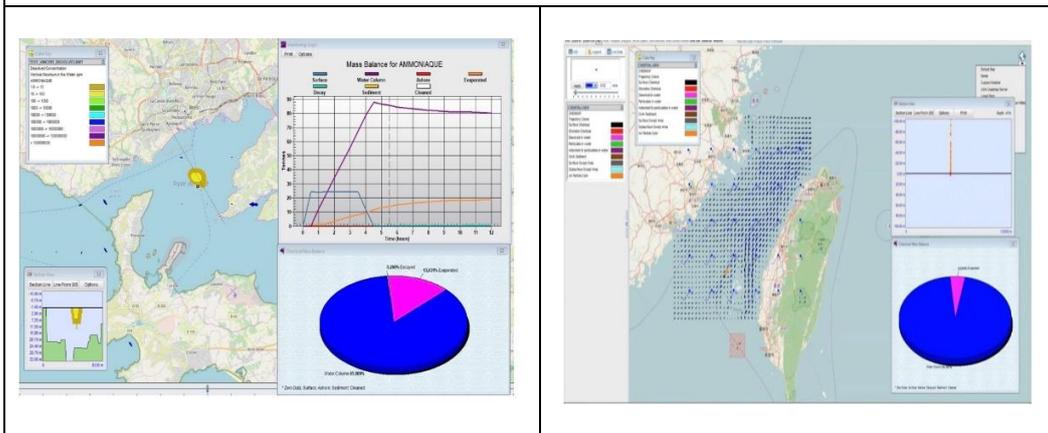


圖 2-9 CHEMMAP (RPS) 模式 模擬化學品擴散模型

法國氣象局開發的 MOTHY 模型，因為是法國開發，用於法國本地會更為精準。這套軟體結合海洋地質學家及大氣學家所做的分析及資料庫的建置，由 CEDRE 協助輸入相關數據參數及資料庫，對風、氣候、洋流的掌握度高，只要輸入資料就可以做動態分析概略模型，預測最大機會的接觸地點。

基本上模擬的結果，不建議將模擬圖公布給新聞媒體，因為一般民眾並不明白模擬圖上油污軌跡意義，會造成大眾的恐慌，建議在模擬輸出時，可選擇以顏色標示短、長時間油污軌道分布圖，以靜態圖呈現，避免因動態圖讓民眾誤解污染範圍很大。

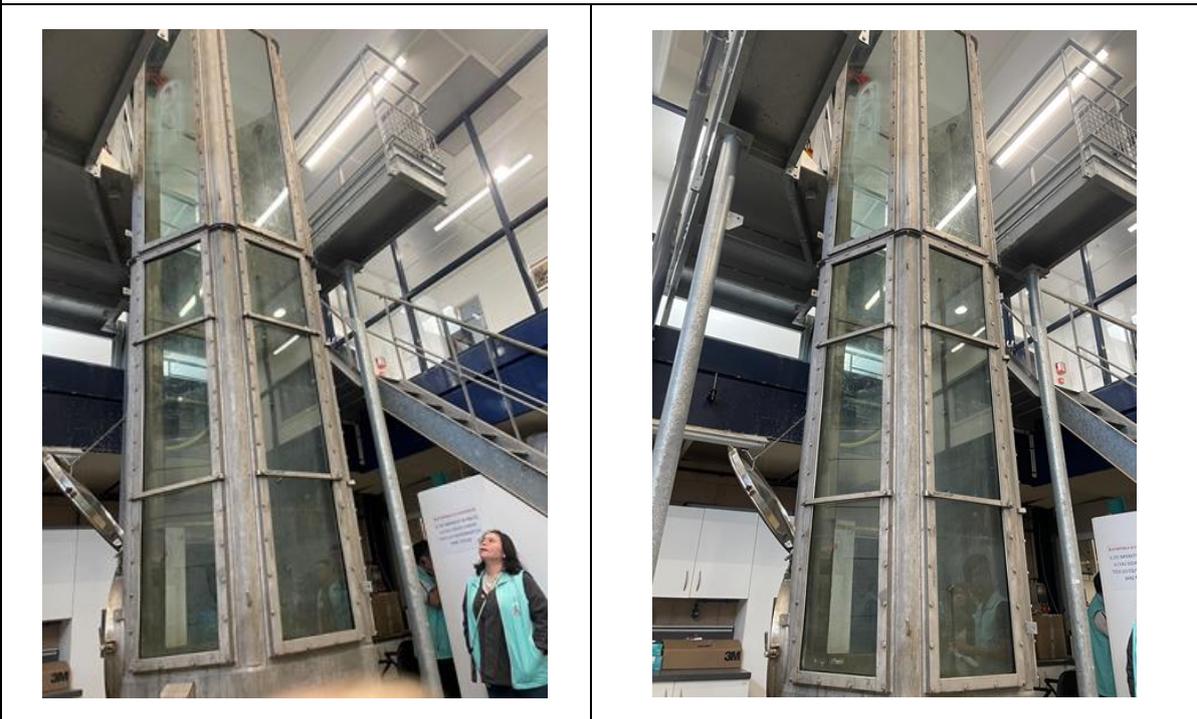
軟體模擬就是統計學，精準資料的輸入，才能有較符合油污現地的模擬結果，當污染發生時，要不斷地自監測數據中獲得新的資料並更新，

才能適時提供最新的預測資料予應變中心判斷，並盡可能使用多種軟體去分析及比較，哪種模式模擬較為符合現狀，如果不知道如何使用輸入參數或判讀，盡可能多跟地質學家、海洋氣候學家修正判讀資訊。

4. 參觀 CEDRE 設施 (實驗部門)



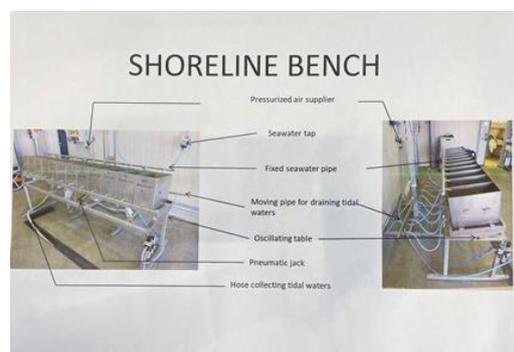
本項設備可引入海水、淡水，進行油品及化學品在海水、淡水中真正變化狀態的裝置。



本項設備模擬油污在海水、淡水中，以陽光照射在不同狀態下測試在水中漂浮、沉積、溶解、分散的現象，運用化學分散劑或就地燃燒方式處理，分析其殘留物。



本項裝置用於測試油的成分及其化學變化，模擬極地圈及熱帶雨林的氣候及海洋洋流，可每天或每星期觀察油在水中（揮發、沉積、溶解、漂浮）其密度、黏度的變化，並分析是否有生物降解的作用，相關報告可提供給公私部門，制訂其應變計畫參考或做為訓練材料，並揭露於 CEDRE 網站。



本項設備置於法屬圭亞那，模擬油污染物在海水漲退潮及沖積下或進入潮間帶中，油污染物在累積沙灘、岩石間的情形，並測試放入如清潔劑、油分散劑等，其對殘留在沙質、岩質或泥質清除效果。



CEDRE 設有室外模擬油污染場地，可作為訓練人員施放攔油索、使用吸油棉、機械回收油污、使用高壓洗機沖洗岩石或火災救災應變及提供油在自然環境下觀察每天油性質變化的訓練場所。

圖 2-10 參觀 CEDRE 設施（實驗部門）

(三) 小結

近年來，國內外發生許多大型船舶因機械故障、洋流、暗礁擱淺等船難事故，導致船舶燃料油或船上裝載油品、化學品外洩。事故發生時若未充分掌握，容易造成生態浩劫、財產損失，進而引發媒體撻伐的壓力，所以在事前就必須充分瞭解油品特性、在環境中的變化的型態，蒐集相關資料作為平時資料庫、模擬及訓練專業執行人員使用，充分運用歐美國家、私人機構所開發的油污染模式，去預測油污染事件發生後，可能影響的區域、範圍、油污清除量及發布預警警報等，並建立各種應變物資的儲備倉庫；一旦發生油污染事件，在人員安全考量下，派遣偵察機、無人機等偵測工具，到事故現場蒐集資訊並運用資料庫，隨時提供緊急應變指揮中心正確的訊息，以決策所要採取的應急策略，調派適當的清污器材及專業人員，盡量縮短事故處理期間，減輕影響範圍並收最大效益。