

理事長開講：海事風險圖譜 ～ 50 起國際重大海難事故的系統性分析

Mapping Maritime Risks: A Systematic Analysis of Fifty Major International Maritime Casualties

國家運輸安全調查委員會 - 2026.06.24 年度複訓 - 國外重大事故調查報告研析 (授課補充參考資料)

陳彥宏*

前言

自從人類第一次揚帆離岸以來，海洋便同時象徵著希望與危險。它是文明交流的道路，是全球貿易的動脈，也是國家力量投射的舞臺。然而在海洋帶來繁榮的同時，它也從未停止提醒人類自身能力的邊界。無論是暴風中的沉船、濃霧中的碰撞、戰火下的商船、失控的油輪，或是漂流於公海之上的老舊浮式儲油設施，海事事故始終伴隨著航海史一路前行。

長久以來，人們習慣將海難視為一連串彼此獨立的個案。事故調查報告往往聚焦於船長的判斷失誤、設備故障、惡劣天候或管理缺失，並試圖找出事故的直接原因。然而當我們將時間尺度拉長，將不同年代、不同海域與不同類型的故事放在同一張圖上重新檢視時，便會發現海難從來不是孤立事件，而是人類與科技、制度、權力、自然以及自身價值觀持續互動下的結果。

本資料係配合國家運輸安全調查委員會 2026 年 6 月 24 日年度複訓課程「國外重大事故調查報告研析」所編製之授課補充參考資料。其目的並非取代原始事故調查報告，亦非逐案重述事故經過，而是希望透過不同事故案例之間的比較與連結，協助讀者建立更宏觀的海事風險認知架構。

本文所收錄之五十起案例，涵蓋碰撞、擱淺、翻覆、火災爆炸、海洋污染、軍事事故、供應鏈中斷、影子船隊及地緣政治衝突等不同面向。部分案例因篇幅限制僅摘錄其核心內容與重要教訓，相關事故細節、調查發現及安全建議，仍建議讀者回歸各國事故調查機構、國

* 陳彥宏 Solomon CHEN，英國威爾斯大學海洋事務與國際運輸學博士，台灣海事安全與保安研究會理事長，新台灣國策智庫諮詢委員，國家運輸安全調查委員會諮詢委員，海洋委員會海巡艦隊分署海損評議審查會委員，海事仲裁人。曾任教於臺灣海洋大學、澳大利亞海事學院國家港埠與航運中心、高雄海洋科技大學。曾客座於上海交通大學凱原法學院國際海事研究中心、廈門大學南海研究、澳大利亞海運學院。EMAIL: solomonyhchen@gmail.com。

際組織或主管機關所發布之原始調查報告進行閱讀與研析。唯有深入理解事故發生的背景、決策過程與調查結論，方能真正吸收事故教訓，而非僅記住事故本身。

從 1987 年 Herald of Free Enterprise 的翻覆，到近年紅海危機下商船遭受無人載具攻擊；從 Exxon Valdez 所引發的油污浩劫，到 FSO Safer 所避免的未遂環境災難；從傳統的人為失誤與機械故障，到數位航運、氣候變遷與地緣政治交織而成的新型態風險，海事安全所面對的挑戰早已超越單一事故本身。

因此，本文嘗試以七個風險維度作為分析架構，分別從人機環管與實體操作、技術極限與認知邊界、法規制度與商業拉鋸、地緣政治與權力工程、氣候業力與自然反撲、心性覺照與韌性哲學，以及海洋污染與生態損害等面向，重新觀察事故形成、擴大與演化的過程。

這五十起事故或許發生於不同年代、不同海域與不同背景之下，但它們共同揭示了一項事實：海事安全從來不只是航海技術問題，而是一面映照人類文明的鏡子。透過它，我們看見技術的極限、制度的缺陷、權力的角逐、自然的反撲，以及人在災難之中所展現的勇氣與責任。

每一次海難，都是一次昂貴的學習；每一次調查，都是一次對安全體系的重新檢視。而本資料所繪製的，不僅是一張海事事故圖譜，更是一张關於風險、治理與文明演化的海洋地圖。期盼能作為讀者後續研讀事故調查報告時的一把鑰匙，協助從個別案例之中，看見更大的風險圖像與安全脈絡。

維度一：人機環管與「實體操作維度」

人機環管與「實體操作維度」(SHEL 模型與系統防線)(Physical Operations: SHEL Model & Systemic Defenses)維度聚焦於海事事故最基礎的形成機制：人(Liveware)、設備(Hardware)、環境(Environment)與管理制度(Software)之間的互動失衡。

從事故調查的角度來看，多數海難並非單一因素造成，而是人員判斷失誤、設備缺陷、外部環境與組織管理漏洞同時發生連鎖失效的結果。James Reason 的 Swiss Cheese Model 指出，重大事故往往發生於多層防線的缺口在同一時間重疊之際。SHEL 模型則進一步揭示了事故形成的四個核心構面。

1. Liveware(人為因素)：聚焦於第一線操作者(船長、船員、引水人、值班駕駛員)的認知極限、心理壓力與決策失誤。

- 極限疲勞與情勢警覺喪失(Fatigue & Situational Awareness Loss)

MV Shen Neng 1 (2010)

SS El Faro (2015)

MV Cita (1997)

MV Rena (2011)

- 心理急迫感與情緒決策(Psychological Pressure & Emotional Decision Making)

FV Ehime Maru (2001)

MV APL Panama (2005)

MV Costa Concordia (2012)

MV Rena (2011)

- 注意力被佔用與分心航行(Distracted & Distracted Navigation)

MV Queen Jenuvia II (2021)

MV CF Crystal (2018)

MV Caledonian Sky (2017)

- 極端醫療與精神異常事件(Medical & Mental Episode)

MV Benita (2016)

共同特徵：(1)情勢警覺(Situational Awareness)下降。(2)疲勞、壓力或過度自信影響判斷。(3)關鍵資訊未被正確理解或運用。(4)駕駛台資源管理(BRM)失效。(5)個人錯誤最終成為事故觸發點。

這些案例共同揭示：人並不是系統中的弱點，而是系統最後一道防線。然而當這道防線失效時，事故便開始進入不可逆的階段。

2. **Hardware (硬體/船舶因素)：**探討船舶設計缺陷、設備故障、結構失效與技術限制如何成為事故催化劑。

- 主機故障與失去推進能力(Machinery Failure & Loss of Propulsion)

MS Camilla Desgagnés (2003)

MV CDRY Blue (2019)

MV Selendang Ayu (2004)

MV Seli 1 (2009)

MV Dali (2024)

- 船體結構失效(Structural Failure)

MV Flare (1998)

MV Smart (2013)

MV Rena (2011)

- 穩度失效與重心控制問題(Stability Failure)

MV Herald of Free Enterprise (1987)

MV Sewol (2014)

MV Höegh Osaka (2015)

MV Golden Ray (2019)

MV Haidar (2015)

- 火災、爆炸與危險貨物風險(Fire & Dangerous Goods)

MV MSC Flaminia (2012)

MV Maersk Honam (2018)

MV Fremantle Highway (2023)

MV X-Press Pearl (2021)

MV Sanchi (2018)

- 自動化偏誤與軟體輸入錯誤(Automation Bias & Input Errors)

MV CF Crystal (2018)

MV Golden Ray (2019)

MV Caledonian Sky (2017)

共同特徵：(1)主機、電力或操舵系統失效。(2)船體結構或穩度存在脆弱性。(3)火災、爆炸與危險貨物風險累積。(4)單一故障引發連鎖失效。(5)船舶複雜度超越操作者控制能力。

這些案例共同反映：技術能夠提升效率，但無法消除脆弱性。每一項工程創新，往往也同時創造新的風險。

3. **Environment(環境因素)**：涵蓋無法預測的「物理環境(天候、巨浪)」與無形的「社會/商業環境(船期壓力、索賠恐懼)」。

- 極端天候與海象(Extreme Weather)

SS El Faro (2015)

MV Princess of the Stars (2008)

MV New Carissa (1999)

MV Sea Empress (1996)

- 生態敏感區與高風險航道(Sensitive Waters & Restricted Navigation)

MV Ever Given (2021)

MV Caledonian Sky (2017)

MV Shen Neng 1 (2010)

MV Wakashio (2020)

MV Rena (2011)

MV Byakko (2021)

- 商業與社會環境壓力(Commercial & Social Pressure)

MV CDRY Blue (2019)

MV Sewol (2014)

MV Herald of Free Enterprise (1987)

共同特徵：(1)極端天候超出預期。(2)海流、波浪與地形放大事故後果。(3)狹窄航道降低容錯空間。(4)船期壓力與商業壓力影響決策。(5)環境條件快速改變事故演化方向。

這些案例共同說明：許多事故並非由環境造成，但環境往往決定事故的規模。

4. **Software (管理/制度因素)**：檢視安全管理體系(SMS)、公司治理、制度缺陷與組織文化如何默許事故發生。事故發生前，公司早就出事了。

- 不安全行為的常態化偏誤(Normalization of Deviance)

MV Höegh Osaka (2015)

MV Sewol (2014)

MV Costa Concordia (2012)

- 頂層管理失效與利潤至上(Top-Level Negligence & Profit-Driven Culture)

MV Herald of Free Enterprise (1987)

MV Sewol (2014)

MV Haidar (2015)

- 組織性決策失敗(Organizational Failure)

SS El Faro (2015)

MV Dali (2024)

MV Golden Ray (2019)

共同特徵：(1)安全文化逐漸空洞化。(2)違規行為被正常化。(3)管理階層未能辨識風險。(4)文件合規取代實質安全。(5)組織決策將效率置於安全之前。

這些案例共同揭示：事故發生前，公司早就出事了。真正沉沒的往往不是船，而是組織的安全文化。

維度二：技術極限與「認知邊界維度」

技術極限與「認知邊界維度」(智動之窮與認知外包)(Cognitive Boundaries: Technological Limits & Automation Bias)維度聚焦於人類與科技互動所產生的認知風險。

二十世紀以來，航運科技持續進步，從雷達(Radar)、全球定位系統(GPS)、電子海圖(ECDIS)、自動識別系統(AIS)、整合導航系統(INS)到人工智慧(AI)與自主航行技術(MASS)，科技逐漸接管原本屬於航海員的感知、判斷與決策工作。

然而，科技並未消滅風險，而是改變了風險的樣貌。當操作者開始過度依賴電子設備時，容易產生「自動化偏誤(Automation Bias)」、「設備崇拜(Automation Worship)」以及「認知外包(Cognitive Outsourcing)」現象。

船員逐漸失去對環境的直接感知能力，將情勢警覺(Situational Awareness)交由儀器代為判斷。一旦設備資訊錯誤、系統失效或資料遭到誤解，人類反而更難察覺危機的來臨。

1. 自動化偏誤與設備過度依賴(Automation Bias & Technology Overreliance)：當設備成為唯一真理時，人類反而失去了質疑設備的能力。案例：

- *MV CF Crystal (2018)*
- *MV Caledonian Sky (2017)*
- *MV Queen Jenuvia II (2021)*
- *MV Shen Neng 1 (2010)*
- *MV Ever Given (2021)*

共同特徵：(1)過度信任電子設備輸出結果。(2)忽略目視瞭望與傳統航海技能。(3)操作者逐漸失去獨立判斷能力。(4)系統錯誤被視為真實資訊。(5)設備成為新的單點失效來源。

這類案例共同揭示：當人類停止驗證科技時，科技便開始主導人類。

2. 認知外包與情勢警覺退化(Cognitive Outsourcing & Situational Awareness Degradation)：科技越進步，人類越容易放棄主動思考。案例：

- *MV APL Panama (2005)*
- *FV Ehime Maru (2001)*
- *MV Byakko (2021)*
- *MV Costa Concordia (2012)*
- *MV Caledonian Sky (2017)*
- *MV CF Crystal (2018)*

共同特徵：(1)決策過度依賴單一資訊來源。(2)情勢警覺逐漸退化。(3)對異常訊號敏感度下降。(4)操作者成為資訊接收者而非判斷者。(5)資訊越多，真正的理解反而越少。

這類案例共同反映：這類案例共同反映出當代航行的「認知外包」危機。人類最大的風險，往往不是一無所知，而是執迷於屏幕上的數據名相，卻對窗外致命的實相視而不見。

3. 電子證據與事故真相之爭(Digital Evidence & Reconstruction Limits)：現代事故調查越來越依賴電子紀錄。然而當證據本身消失時，事故真相也可能永遠沉入海底。案例：

- *MV CF Crystal (2018)*
- *MV Sanchi (2018)*
- *FV Ehime Maru (2001)*
- *KRI Nanggala-402 (2021)*
- *Kursk (2000)*
- *SS El Faro (2015)*

共同特徵：(1)VDR 成為事故重建核心。(2)電子紀錄決定事故調查方向。(3)深海環境增加證據保存難度。(4)關鍵資料遺失可能改變結論。(5)當 VDR 電子數據沉入深淵，事故的「實相」也往往隨之被無常的黑水掩蓋。這凸顯了現代海事調查中，真相的還原已越來越受制於數位證據存續的物理極限。

這類案例共同說明：在數位時代，失去證據有時等同失去真相。

4. 科技極限與未知風險(Technological Limits & Unknown Risks)：人類往往在技術最進步的時候，最容易忘記技術仍有極限。案例：

- *MV Fremantle Highway (2023)*
- *MV Maersk Honam (2018)*
- *MV MSC Flaminia (2012)*
- *MV X-Press Pearl (2021)*
- *MV Sanchi (2018)*

共同特徵：(1)新技術帶來新型態風險。(2)法規與管理制度落後技術發展。(3)工程能力無法完全掌握複雜系統。(4)事故模式超出既有經驗。(5)技術創新與風險創新同步發生。

這類案例共同揭示：每一次科技突破，往往也伴隨一種新的脆弱性。

5. 數位航運與未來風險 (Digital Shipping & Emerging Risks)：近年的海事風險已逐漸從「設備失效」轉向「資訊失效」。案例：

- *Front Eagle vs Adalynn (2025)*
- *Galaxy Leader (2023)*
- *Rubymar (2024)*
- *Tutor (2024)*
- *Magic Seas (2025)*

共同特徵：(1)AIS 資訊與 GNSS 定位數據逐漸成為地緣政治對抗下的戰略操弄資源。(2)數位空間的「電子海圖與 AIS 訊號之惡意欺騙(AIS Spoofing / GNSS Jamming)」取代或耦合了傳統的實體設備破壞。(3)地緣政治衝突演化為數位不對稱戰爭，進而造成「商船在國際咽喉水道無害通過權(Innocent Passage)與自由航行權的實質剝奪」。(4)數位虛擬風險與實體航安風險高度耦合，傳統橋樓團隊的經驗法規面臨認知過載。(5)海事事故調查與安全鑑識，正式從傳統的「機械破口與物理軌跡鑑定」，跨足延伸至「數位鑑識(Digital Forensics)與電子戰干擾比對」。

這類案例共同顯示：新世代的海事事故未必始於引擎故障，而可能始於一筆被刻意操弄的虛假數位資訊，或一場無形卻致命的電子訊號封鎖。

維度三：法規制度與「商業拉鋸維度」

法規制度與「商業拉鋸維度」(形式合規與責任漂移)(Commercial Interests: Institutional Framework & Responsibility Drift)維度探討海事事故背後的制度性風險。

現代航運產業是全球化程度最高的產業之一。一艘船舶可能由甲國船東持有、乙國船旗登記、丙國船員操作、丁國保險承保、戊國貨主租用，並在己國港口發生事故。

這種高度跨國化的營運模式雖然提升了經濟效率，卻也產生了複雜的責任分散現象。事故發生後，各利害關係人往往透過法律架構、保險制度、船旗安排與公司結構進行責任切割，形成所謂的「責任漂移(Responsibility Drift)」。

因此，本維度關注的不只是事故本身，而是事故如何暴露制度漏洞，以及如何催生新的國際規範與治理機制。

1. 形式合規與實質失靈(Formal Compliance vs. Functional Failure)：許多事故中，船舶表面上完全符合國際公約要求，但實際運作卻早已偏離安全初衷。案例：

- *MV Herald of Free Enterprise (1987)*

- *MV Sewol (2014)*
- *MV Höegh Osaka (2015)*
- *MV Haidar (2015)*
- *SS El Faro (2015)*

共同特徵：(1)法規要求已被形式化執行。(2)文件與紀錄完整但缺乏實質落實。(3)安全文化逐漸被商業目標侵蝕。(4)組織習慣將合規視為終點而非起點。(5)制度存在卻未真正發揮防線功能。

這類案例共同揭示：最危險的制度失敗，不是沒有制度，而是相信制度存在就代表安全存在。

2. 船東棄船與責任逃逸(Shipowner Abandonment & Liability Evasion)：當事故發生成本超過船舶價值時，部分船東選擇直接放棄船舶。案例：

- *MV Seli 1 (2009)*
- *MV CDRY Blue (2019)*
- *MV Flare (1998)*
- *MV Smart (2013)*
- *MV Tricolor (2002)*

共同特徵：(1)船東惡意利用單一目的「船」和「空殼公司」(Single Purpose Vehicle, SPV; Single Purpose Company, SPC)與《海事賠償責任限制公約(LLMC)》的法律面紗進行資產惡意隔離與法律套利。(2)涉事船東經濟能力不足或利用國際私法漏洞刻意規避環境清污與殘骸清除之連帶責任。(3)沿岸國被迫介入並承擔巨大的公共財政治理與長期防污成本。(4)受損難船與殘骸長期滯留於敏感海岸，轉化形成長期的公共航安、景觀與長尾生態風險。(5)國際保賠協會(P&I Club)與沿岸國政府之間的法律及保險追償程序極其漫長複雜。

這類案例共同反映：當不合規船東透過法人面紗從海難現場消失時，私人的商業風險便被惡意轉嫁，最後買單的往往是整個社會與海洋環境。

3. 避難港制度與風險轉嫁(Places of Refuge & Risk Transfer)：受損船舶是否允許進港，往往成為商業利益與公共安全之間的拉鋸戰。案例：

- *MV Sea Empress (1996)*

- *MV MSC Flaminia (2012)*
- *MV X-Press Pearl (2021)*
- *MV Sanchi (2018)*
- *MV Maersk Honam (2018)*

共同特徵：(1)地方政府與港口當局高度擔憂次生污染、化學爆炸與連帶之政治責任，傾向採取防衛性拒絕。(2)深刻暴露了船旗國(Flag State)依國際公約(如 UNCLOS、SAR)履行的公海救助與管轄義務，與沿岸國(Coastal State)行使預防原則(Precautionary Principle)拒絕准入之間，無法調和的主權與公法衝突。(3)沿岸國傾向將環境風險排除於自身領海轄區之外，導致事故船舶在公海各方推諉下持續惡化。(4)海事公權力機關的延遲決策與盲目拒絕，往往將原本可控的局部險情，放大加劇為跨國界的長尾生態浩劫。(5)公共安全、國際商業航運利益與地方沿岸社區利益發生實質嚴重衝突，極度考驗海事仲裁與國際救撈合同的救濟極限。

這類案例共同說明：這些案例共同說明，在全球海洋環境治理中，有時候最大的環境風險不是允許受損船舶進港處理，而是基於主權本位主義不讓它進港。

4. 油污責任與賠償制度(Oil Pollution Liability & Compensation)重大油污事故往往成為國際賠償制度改革的轉折點。案例：

- *MV Exxon Valdez (1989)*
- *MV Sea Empress (1996)*
- *VLCC Hebei Spirit (2007)*
- *MV Wakashio (2020)*
- *FSO Safer (2023)*

共同特徵：(1)污染損害遠超單一企業承受能力。(2)賠償機制往往落後於實際損害。(3)社區與漁民成為主要受害者。(4)國際基金逐步介入補償。(5)每次重大污染都促成制度改革。

這類案例共同揭示：海洋污染的代價，往往超出市場機制所能計算的範圍。

5. 危險貨物與商業利益衝突(Dangerous Goods & Commercial Incentives)：危險貨物事故常暴露貨主、承運人與保險市場之間的利益衝突。案例：

- *MV MSC Flaminia (2012)*

- *MV Maersk Honam (2018)*
- *MV X-Press Pearl (2021)*
- *MV Fremantle Highway (2023)*
- *MV Princess of the Stars (2008)*

共同特徵：(1)貨物資訊不透明。(2)危險品申報不實或低報。(3)商業利益凌駕風險揭露。(4)事故後責任歸屬複雜。(5)法規發展速度落後於產業創新。

這類案例共同反映：最危險的貨物，往往不是危險品本身，而是被隱藏的危險品。

6. 全球供應鏈與系統性責任(Supply Chains & Systemic Responsibility)：二十一世紀以後，單一船舶事故已開始影響全球經濟體系。案例：

- *MV Ever Given (2021)*
- *MV Dali (2024)*
- *MV Golden Ray (2019)*
- *MV Stellar Banner (2020)*
- *MV Front Eagle vs MV Adalynn (2025)*

共同特徵：(1)事故影響迅速跨越國界。(2)關鍵基礎設施成為脆弱點。(3)供應鏈中斷造成連鎖反應。(4)多方利害關係人共同承擔風險。(5)局部事故演變成全球事件。

這類案例共同顯示：在全球化時代，一艘船的事故可能成為全世界的問題。

7. 影子船隊與責任黑洞(Shadow Fleets & Governance Vacuum)：這是近十年最值得關注的新型態制度風險。案例：

- *MV Front Eagle vs MV Adalynn (2025)*
- *MV Galaxy Leader (2023)*
- *MV Rubymar (2024)*
- *MV Tutor (2024)*
- *MV True Confidence (2024)*
- *MV Magic Seas (2025)*

共同特徵：(1)所有權與控制權高度不透明。(2)保險與船籍資訊難以追溯。(3)制裁規避形成治理灰色地帶。(4)責任歸屬模糊化。(5)國際法面臨執法困境。

這類案例共同揭示：現代海事治理最大的挑戰，不是找不到事故原因，而是找不到真正負責的人。

維度四：地緣政治與「權力工程維度」

地緣政治與「權力工程維度」(面紗遮蔽與武裝衝突)(Power Engineering: Geopolitical Tensions & Shadow Fleets)維度將海事風險提升至國際政治與戰略競爭層次。

在傳統海事安全觀念中，事故通常來自天候、設備故障或人為失誤。然而進入二十一世紀後，越來越多海事事故開始與國家權力、能源安全、經濟制裁與武裝衝突產生直接連結。

從冷戰時期的潛艦事故，到近年的紅海危機、影子船隊與無人載具攻擊，海洋已逐漸從單純的交通空間轉變為全球權力投射的競技場。在這種環境下，商船不再只是商船，油輪不再只是油輪。它們同時也是能源命脈、經濟工具、戰略資產，甚至是政治訊號的一部分。

1. 國家衝突與軍事對抗(Interstate Conflict & Military Confrontation)：海洋始終是國家力量競逐的重要場域。案例：

- *Kursk (2000)*
- *ROKS Cheonan (2010)*
- *KRI Nanggala-402 (2021)*

共同特徵：(1)軍事活動直接影響海事安全。(2)國家安全考量往往凌駕資訊透明。(3)救援與調查容易受到政治因素干擾。(4)軍事機密與人道救援產生衝突。(5)事故後果常超越海事層面，演變為外交事件。

這類案例共同揭示：海洋不只是航運空間，也是國家權力投射的延伸戰場。

2. 戰區海域與商船武裝化風險(Conflict Zones & Merchant Shipping Vulnerability)：當戰爭進入海上交通線，商船往往成為最脆弱的目標。案例：

- *MV Galaxy Leader (2023)*
- *MV Rubymar (2024)*

- *MV True Confidence (2024)*
- *MV Tutor (2024)*
- *MV Magic Seas (2025)*

共同特徵：(1)商船逐漸成為戰爭附帶目標。(2)戰區風險與商業航運高度重疊。(3)船員面臨超越傳統海盜的新威脅。(4)戰爭保險與航線選擇成為重要決策因素。(5)全球供應鏈受到區域衝突直接衝擊。

這類案例共同說明：在現代戰爭中，商船雖非作戰單位，卻往往最先承受戰爭代價。

3. 影子船隊與權力面紗(Shadow Fleets & Maritime Obfuscation)：地緣政治競爭催生出 一支前所未有的海上灰色艦隊。案例：

- *MV Front Eagle vs MV Adalynn (2025)*
- *MV Rubymar (2024)*
- *MV True Confidence (2024)*
- *MV Galaxy Leader (2023)*

共同特徵：(1)船籍、所有權與保險資訊高度不透明。(2)AIS 關閉或訊號操控逐漸常態化。(3)制裁規避與灰色航運快速擴張。(4)責任追究與事故調查難度提高。(5)傳統海事治理架構面臨挑戰。

這類案例共同反映：現代海事風險最大的威脅之一，不是看不見的敵人，而是看不見的責任人。

4. 能源安全與海上戰略通道(Energy Security & Maritime Chokepoints)：海洋不只是運輸通道，更是全球能源命脈。案例：

- *FSO Safer (2023)*
- *Ever Given (2021)*
- *Front Eagle vs Adalynn (2025)*
- *Rubymar (2024)*

共同特徵：(1)關鍵水道具有高度戰略價值。(2)單一事故可能影響全球能源市場。(3)海上運輸瓶頸成為國家安全議題。(4)事故後果透過供應鏈迅速外溢。(5)航運風險逐漸轉化為經濟風險。

這類案例共同揭示：二十一世紀的海權競爭，本質上也是能源與供應鏈的競爭。

5. 海上保安與非對稱作戰(**Maritime Security & Asymmetric Warfare**)：現代海上衝突最大的改變，是攻擊者越來越小，而破壞力越來越大。案例：

- *MV Tutor (2024)*
- *MV Magic Seas (2025)*
- *MV Galaxy Leader (2023)*
- *ROKS Cheonan (2010)*

共同特徵：(1)低成本武器造成高價值損害。(2)無人化作戰逐漸改變海上安全格局。(3)傳統海軍優勢受到挑戰。(4)商船成為非對稱攻擊目標。(5)攻擊手段難以預測且防禦成本高昂。

這類案例共同顯示：未來海上安全最大的挑戰，未必來自大型艦隊，而可能來自一艘無人艇或一架無人機。

6. 地緣政治下的預防性治理(**Preventive Governance under Geopolitical Risk**)：有些事之所以重要，不是因為它真的發生，而是因為它差一點發生。案例：

- *FSO Safer (2023)*

共同特徵：(1)風險來源已超越單一船舶層級。(2)事故預防涉及外交、能源與安全合作。(3)國際社會必須提前介入治理。(4)預防成本遠低於災後代價。(5)現代海事治理逐漸由事故應變轉向風險管理。

這類案例共同證明：最成功的危機處理，往往不是解決災難，而是讓災難沒有機會發生。

維度五：氣候業力與「自然反撲維度」

氣候業力與「自然反撲維度」(極端天候與環境救撈)(**Natural Backlash: Climate Karma & Environmental Salvage**)維度探討自然力量如何超越人類工程能力，並透過極端天候、海洋環境與生態系統反作用機制，對航運活動形成根本性的挑戰。

傳統海事風險主要來自船舶本身，但近年來，氣候變遷所帶來的極端氣象事件、海洋環境敏感區的脆弱性，以及大型海難所造成的長尾污染效應，已逐漸改變全球航運風險的樣貌。

在許多案例中，事故雖然由人為失誤引發，但最終擴大災害規模的卻是海洋本身。風暴、海流、波浪、珊瑚礁、生態系統與氣候條件共同作用，使事故演變成難以控制的環境災難。因此本維度所關注的，不只是事故如何發生，而是自然力量如何接手並主導事故後續發展。

1. 極端天候與自然力量主導(Extreme Weather & Natural Dominance)：當自然條件超越船舶設計極限時，再先進的設備與管理制度也可能失效。案例：

- *SS El Faro (2015)*
- *MV Princess of the Stars (2008)*
- *MV New Carissa (1999)*
- *MS Camilla Desgagnés (2003)*
- *MV Sea Empress (1996)*

共同特徵：(1)極端風浪超出船舶設計假設。(2)氣象預測與實際海況存在落差。(3)船員決策空間急速縮小。(4)人為失誤在惡劣環境下被放大。(5)自然力量最終凌駕於工程能力之上。

這類案例共同揭示：人類可以預測風暴，卻未必能夠駕馭風暴。

2. 自然環境放大事故後果(Environmental Amplification of Disasters)：事故本身未必致命，但環境條件可能讓事故迅速失控。案例：

- *MV Rena (2011)*
- *MV Wakashio (2020)*
- *MV Selendang Ayu (2004)*
- *MV Sea Diamond (2007)*
- *MV Stellar Banner (2020)*
- *MV Ever Given (2021)*

共同特徵：(1)波浪與海流持續惡化船體損傷。(2)救助窗口受到天候限制。(3)污染物快速擴散。(4)小事故逐步演變成大災難。(5)自然環境成為事故演化的重要推手。

這類案例顯示：真正摧毀船舶的，有時不是碰撞或擱淺，而是事故之後的大海。

3. **生態敏感區的反撲(Ecological Sensitivity & Environmental Consequences)：**某些海域的價值不在航運，而在生態。案例：

- *MV Shen Neng 1 (2010)*
- *MV Caledonian Sky (2017)*
- *MV Wakashio (2020)*
- *MV Rena (2011)*
- *MV Sea Diamond (2007)*

共同特徵：(1)世界遺產區或保護區遭受破壞。(2)生態損害遠大於船舶損害。(3)復育期長達數十年。(4)賠償金額難以反映真實損失。(5)生態價值逐漸成為事故評估核心。

這類案例共同說明：海洋有些地方的價值，不在於能通過多少船，而在於孕育多少生命。

4. **海洋污染與長尾效應(Pollution & Long-Term Ecological Impact)：**某些事故的影響可能持續數十年。案例：

- *MV Exxon Valdez (1989)*
- *VLCC Hebei Spirit (2007)*
- *MV Treasure (2000)*
- *MV X-Press Pearl (2021)*
- *MV Haidar (2015)*
- *MV Cita (1997)*

共同特徵：(1)污染效應長期存在。(2)生態恢復遠慢於經濟恢復。(3)食物鏈受到持續影響。(4)漁業與社區生計受損。(5)社會往往低估環境代價。

這類案例提醒我們：海難結束之後，生態災難往往才剛開始。

5. 自然與工程的長期對抗(Long-Term Struggle between Nature and Engineering)：救撈工程往往不是與船舶搏鬥，而是在與海洋搏鬥。案例：

- *MV Smart (2013)*
- *MV Golden Ray (2019)*
- *MV Costa Concordia (2012)*
- *Kursk (2000)*
- *FSO Safer (2023)*

共同特徵：(1)工程團隊必須長期對抗海象限制。(2)救撈計畫不斷因自然條件調整。(3)時間與環境成為最大敵人。(4)技術創新往往來自極端挑戰。(5)成功救撈代表人類與自然達成短暫平衡。

這類案例共同反映：現代救撈工程最大的對手，從來不是沉船，而是海洋本身。

6. 氣候變遷下的新海事風險(Emerging Maritime Risks under Climate Change)：近年的海事風險已逐漸受到全球氣候變遷影響。案例：

- *SS El Faro (2015)*
- *MV Wakashio (2020)*
- *MV Rena (2011)*
- *MV Sea Empress (1996)*
- *FSO Safer (2023)*

共同特徵：(1)極端氣象事件頻率提高。(2)救撈作業窗口縮短。(3)海岸與島嶼生態更脆弱。(4)污染事故後果被進一步放大。(5)氣候風險開始與傳統海事風險耦合。

這類案例共同揭示：氣候變遷未必直接造成事故，但它正在改變所有事故的後果。

維度六：心性覺照與「韌性哲學維度」

海事安全的最終目的，從來不是保護船舶，而是保護生命。這是本心性覺照與「韌性哲學維度」(安住定力與人道救撈)(Resilience Philosophy: Mindfulness & Humanitarian Salvage)的終極訴求。

然而在許多重大事故中，人們往往將焦點放在船體損壞、污染規模或經濟損失，卻忽略了事故現場真正支撐救援行動的力量，往往來自人類面對絕境時所展現的勇氣、責任感與利他精神。

救撈工程可以依靠起重機、潛水鐘與拖船完成；但搜救行動、人命救助與跨國合作，則必須依靠人與人之間的信任、紀律與道德責任。從這個角度來看，海事史不只是技術發展史，同時也是一部關於人性韌性的歷史。

本維度所關注的不是技術，而是人。不是設備，而是心。不是事故本身，而是事故中的人性，是在災難之中仍然選擇承擔責任、守護生命與維持希望的力量。

1. 絕境中的定力與專業精神(Professionalism under Extreme Adversity)：真正的專業，往往是在最困難的時刻才得以顯現。案例：

- *MV Sanchi (2018)*
- *SS El Faro (2015)*
- *MV Fremantle Highway (2023)*
- *MS Camilla Desgagnés (2003)*
- *MV Smart (2013)*

共同特徵：(1)高風險環境下仍維持專業判斷。(2)在資訊不足情況下持續決策。(3)面對生命威脅仍堅守職責。(4)個人意志成為最後一道安全防線。(5)真正考驗的不是技術能力，而是心理承受能力。

這類案例共同說明：專業的價值，往往不是平時展現，而是在危機來臨時被看見。

2. 生死抉擇與船員倫理(Life-and-Death Decisions & Maritime Ethics)：海上事故往往迫使人們在極短時間內作出影響生命的決定。案例：

- *MV Sewol (2014)*
- *MV Herald of Free Enterprise (1987)*
- *MV Costa Concordia (2012)*
- *FV Ehime Maru (2001)*
- *MV Princess of the Stars (2008)*

共同特徵：(1)緊急情況下必須立即作出選擇。(2)領導者的決定直接影響生死。(3)船員責任與個人求生本能產生衝突。(4)指揮體系是否健全決定事故結果。(5)海員倫理在災難中受到最嚴峻考驗。

這類案例提醒我們：真正的領導力，不是在順境中發號施令，而是在危難中承擔責任。

3. 跨國合作與人道救援(International Cooperation & Humanitarian Response)：海洋沒有國界，因此救援往往也不應有國界。案例：

- *Kursk (2000)*
- *KRI Nanggala-402 (2021)*
- *FV Ehime Maru (2001)*
- *MV Sanchi (2018)*
- *FSO Safer (2023)*

共同特徵：(1)單一國家難以獨立完成救援。(2)技術、資源與情報必須共享。(3)國際合作往往超越政治立場。(4)人命與環境保護成為共同目標。(5)海事安全本質上具有全球公共財特性。

這類案例共同揭示：在海洋面前，人類最大的力量不是科技，而是合作。

4. 對生命的尊重與遺體尋回(Respect for Life & Recovery of the Lost)：有些救撈工程的目的不是挽救財產，而是帶亡者回家。案例：

- *FV Ehime Maru (2001)*
- *Kursk (2000)*
- *ROKS Cheonan (2010)*
- *KRI Nanggala-402 (2021)*

共同特徵：(1)搜尋作業具有高度人道意義。(2)遺體尋回往往超越經濟考量。(3)家屬需要真相與告別機會。(4)社會創傷修復依賴完整調查與追思。(5)救撈不只是工程，也是對生命尊嚴的維護。

這類案例所展現的是：真正的救援，不一定是拯救生命，而是不讓生命被遺忘

5. 人與自然之間的慈悲實踐(Compassion toward Nature)：現代救撈的對象已不再侷限於船舶與人員。案例：

- *MV Treasure (2000)*
- *MV Exxon Valdez (1989)*
- *MV Wakashio (2020)*
- *MV X-Press Pearl (2021)*
- *MV Hebei Spirit (2007)*

共同特徵：(1)救助對象擴展至野生動物與生態系統。(2)污染治理結合社區參與與志工力量。(3)生態復原成為事故應變的重要目標。(4)人類開始承認自身對自然的責任。(5)海事救助逐漸從「救船」轉向「救海洋」。

這類案例共同反映：海事安全的終點，不只是保護航運，而是保護生命共同體。

6. 預防性救撈與大悲治理(Preventive Salvage & Compassionate Governance)：最高層次的救撈，不是事故後的挽救，而是事故前的避免。案例：

- *FSO Safer (2023)*
- *MV Golden Ray (2019)*
- *MV Stellar Banner (2020)*

共同特徵：(1)將治理重心提前至事故發生之前。(2)重視風險辨識與預警機制。(3)優先考量環境與公共利益。(4)預防成本遠低於災後代價。(5)現代救撈逐漸由工程思維走向治理思維。

這類案例共同證明：最成功的救撈，不是拯救一艘船，而是避免一場災難。

維度七：海洋污染與「生態損害維度」

海洋污染與「生態損害維度」(棲地破壞與長尾浩劫)(Ecological Disasters: Marine Pollution & Habitat Destruction)維度聚焦於海事事故所引發的海洋污染、生態棲地破壞與長期環境損害。

傳統海難調查往往關注人員傷亡、財產損失與事故責任。然而進入二十一世紀後，海事事故的影響早已超越船舶本身。一次漏油、一批化學品外洩、一艘擱淺船舶，都可能改變整個海岸生態系統，甚至影響數代人的生計與海洋環境。

海洋具有極強的自我修復能力，但這種能力並非無限。當污染規模超過生態系統承載能力時，事故的影響可能持續數十年甚至更久。

因此本維度探討的核心，不是事故如何發生，而是事故結束之後，大海仍然必須承受什麼海難事故對海洋生態系統所造成的長尾效應(Long-tail Effects)。

1. 大規模燃油與原油污染(Hydrocarbon Spills & Oil Pollution Disasters)：原油與燃油污染是海事史上最具代表性的環境災難。案例：

- *MV Exxon Valdez (1989)*
- *MV Sea Empress (1996)*
- *VLCC Hebei Spirit (2007)*
- *MV Wakashio (2020)*
- *MV Treasure (2000)*
- *MV Rubymar (2024)*

共同特徵：(1)大量碳氫化合物快速進入海洋環境。(2)污染範圍常跨越行政區域與國界。(3)海岸線、生態棲地與漁業資源首當其衝。(4)清除成本往往遠高於船舶本身價值。(5)生態損害具有高度延遲性與長尾效應。

這類事故最大的特徵是：船舶事故可能只持續數天，但環境影響往往持續數十年。

2. 化學品、危險貨物與微塑膠污染(Chemical Pollution, Hazardous Cargo & Plastic Nurdles)：相較於油污，化學污染往往更難評估與處理。案例：

- *MV X-Press Pearl (2021)*
- *MV Sanchi (2018)*
- *MV MSC Flaminia (2012)*
- *MV Maersk Honam (2018)*
- *MV Princess of the Stars (2008)*

共同特徵：(1)污染物組成複雜且毒理特性不明。(2)傳統油污應變技術往往無法直接適用。(3)污染監測與風險評估週期極長。(4)微粒化污染難以完全回收。(5)法規與科學研究通常落後於事故發展速度。

這類事故所暴露的問題是：人類已經創造出超過治理能力的新型污染物。

3. 非典型貨物與生物性污染(Atypical Cargoes & Biological Pollution)：並非所有污染都來自石油與化學品。案例：

- *MV Haidar (2015)*
- *MV Selendang Ayu (2004)*
- *MV Cita (1997)*

共同特徵：有(1)污染來源並非傳統油品或化學品。(2)大量有機物進入海洋後容易造成缺氧現象。(3)生態衝擊常被事故初期低估。(4)公共衛生問題與環境問題同時出現。(5)事故影響可能由海洋擴散至沿岸社區。

這類事故提醒我們：污染不一定有毒，但可能破壞整個生態平衡。

4. 珊瑚礁與脆弱棲地破壞(Coral Reefs & Habitat Destruction)：大型船舶的物理衝擊往往比污染本身更難復原。案例：

- *MV Shen Neng 1 (2010)*
- *MV Caledonian Sky (2017)*
- *MV Wakashio (2020)*
- *MV Rena (2011)*
- *MV Sea Diamond (2007)*

共同特徵：(1)船舶物理衝擊造成不可逆棲地損害。(2)生態復原速度遠慢於工程修復速度。(3)世界遺產區與海洋保護區風險特別突出。(4)損害難以完全貨幣化評估。(5)復育工程往往需持續數十年以上。

這類事故最大的矛盾在於：破壞只需要幾分鐘，復原卻可能需要一個世代。

5. 野生動物與食物鏈衝擊(Wildlife Casualties & Food Chain Impacts)：污染最終受害的往往不是船舶，而是海洋生命。案例：

- *MV Treasure (2000)*

- *MV Exxon Valdez (1989)*
- *VLCC Hebei Spirit (2007)*
- *MV Wakashio (2020)*
- *MV X-Press Pearl (2021)*

共同特徵：(1)海鳥、海龜、鯨豚及魚類成為直接受害者。(2)污染物透過食物鏈逐層累積與放大。(3)生態影響常在事故多年後才逐漸顯現。(4)部分物種可能面臨族群衰退風險。(5)環境災害最終會轉化為社會與經濟問題。

這類事故顯示：海洋污染最終傷害的不是海洋，而是依賴海洋生存的生命。

6. 海洋污染治理制度的演進(Evolution of Marine Environmental Governance)：許多重大事故最終改變了全球海洋環境治理制度。案例：

- *MV Exxon Valdez (1989)*
- *MV Sea Empress (1996)*
- *VLCC Hebei Spirit (2007)*
- *MV X-Press Pearl (2021)*
- *FSO Safer (2023)*

共同特徵：(1)幾乎每一次重大污染事故都伴隨制度改革。(2)法規演進往往落後於災難發生。(3)賠償機制逐步由事後補償走向預防治理。(4)環境責任已從企業責任擴大為社會責任。(5)國際合作逐漸成為治理核心。

這些案例共同證明：海洋環境治理的歷史，本質上是一部由災難推動的制度進化史。