



應用結構化安全因素分析 方法於港口航道事故 調查

從「發生了什麼」到「為什麼發生」——運輸
安全調查的科學化分析

報告人：陳威仲

民國114年12月4日

為何需要結構化分析



From what happened To why it happened

過去事故調查著重於事故過程與直接原因，安全調查更重視根本原因分析 (RCA)，揭示事故背後的間接原因與系統性因素。



理論基礎與可驗證性

採用可比較的分析框架，讓每一項結論都能在分析的內容顯示出，也能支持後續制度與安全措施的改善。



數據處理

結合VDR資料解讀、AIS航跡重建、資料時間同步，使每一項分析都建立在可驗證的原始紀錄上。

這套方法是將分析理論以結構化的程序實務化，建立在可實際掌握的事實資料與分析工具之上，讓整個分析過程具備分析結果可被重現與驗證。





結構化分析在水路事故分析中的三個核心特性



整合性 **Integration**

能橫向整合不同資料來源與分析層級，
包含航跡、聲音、氣象與人因訪談資料
，建立完整的事故全貌。



證據性 **Evidential Basis**

所有推論都必須有具體事實支持，並經
跨資料比對確認一致性，**確保結論的可
信度。**



可溯性 **Traceability**

分析過程與資料來源都能追溯，任何
結論都能回到原始紀錄及分析中。

這三項特性確保報告結論可信，也讓主管機關在修訂操作規範與安全制度時，有可依循的客觀依據。

什麼是結構化分析

透過整合不同證據來源，依循一致的邏輯架構進行分析，確保每項推論皆有明確事實支持。
這套方法的核心，是把事故調查分析分成五個層級：

事件與條件 (Event & Condition)

具體發生了什麼事

範例：「船舶偏出航道，艏向往航道外行駛」

安全指標 (Safety Indicators)

對安全產生負面影響的事件、個人作為、現存的狀況(環境)

範例：「引水人未提前要求船舶減速」

安全因素 (Safety Factor)

事件或狀況如果再發生，會增加事故發生的可能性或增加結果嚴重性。

範例：「船舶轉向時船速過快」

安全議題 (Safety Issue)

系統性的或組織性的安全因素，
換言之不是單一的個案，是全面性的。

範例：「港口未訂定進出港速限」

安全建議 (Safety Recommendation)

針對安全議題提出改善方向

範例：「建議主管機關訂定進出港速限」

運安會調查分析方法沿革與理論來源

民國103年 (2014)

1

飛安會 (運安會前身) 引入澳洲運輸安全局 (ATSB) 之調查分析方法，該方法受 Reason (1990) 之人為錯誤理論啟發，強調從個人行為延伸至制度與組織層面的安全因素分析。

2

民國110年 (2021)

整合加拿大運輸安全委員會(TSB)分析架構，並結合本土調查實務經驗進行修訂，讓架構更貼近本會運輸安全調查需求。

現行體系

3

「結構化安全因素分析方法」能系統性識別事故中不同層級的安全因素 (含直接、潛在與其他)，具跨運具適用性；並以明確的分類與定義體系，支援安全因素資料庫之建置與趨勢分析。

事故調查的演進：從說明發生什麼到理解為什麼發生

From Describing What Happened to Understanding Why It Happened



理論基礎與國際對照

理論來源

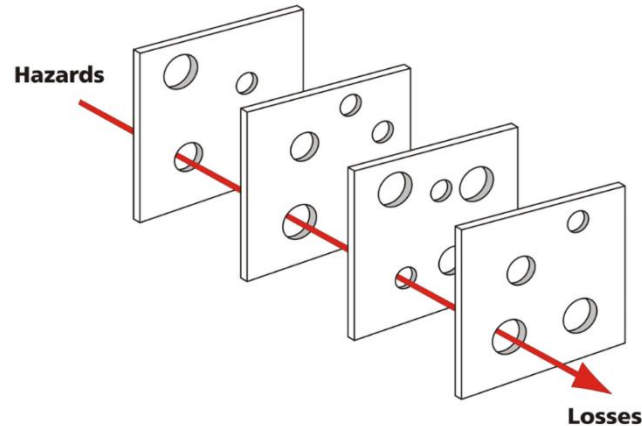
國際上常用的安全分析模型：SHEL model / Reason's model / HFACS / Bowtie analysis 等。本會以澳洲ATSB的 **Safety Factor Analysis Framework** 為核心架構，作為調查報告分析的理論基礎。採用此架構的目的，是讓分析過程更有邏輯、結論更可比較，並能支援跨案件的系統性分析。

國際調查報告結構對照

在國際上，各國報告雖形式不同，但邏輯一致，都重視因果關係與風險層次的區分。澳洲ATSB與加拿大TSB採三層結構——分別對應直接因素、風險因素與其他發現。英國MAIB與美國NTSB雖未明列章節，但同樣依因果層次區分。本會調查報告結論中的3.1、3.2、3.3結構，正是與這些國際實務接軌的邏輯。

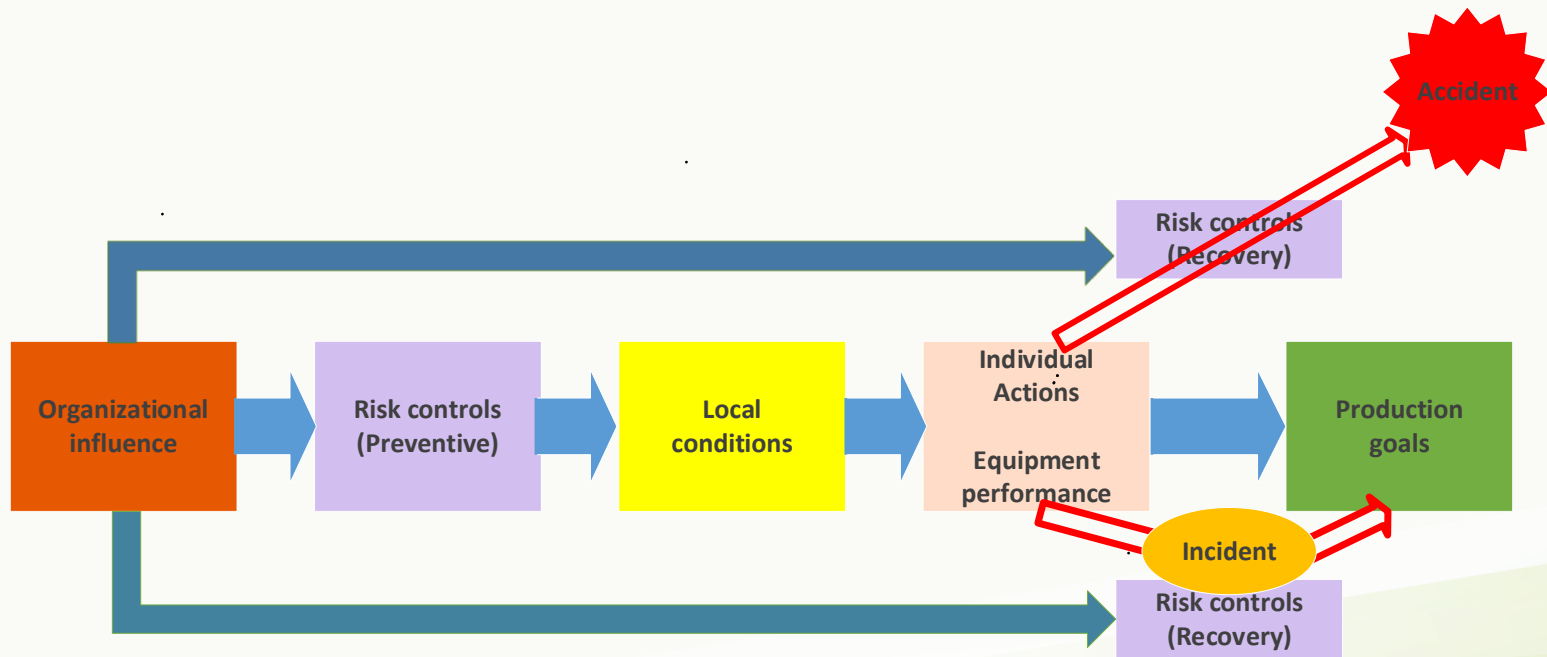
學術基礎

事故的發生通常是多層防護逐步失效的結果，此概念源自Reason (1990) 提出的瑞士乳酪理論 (Swiss Cheese Model)，如左圖所示：每一層防護都像一片乳酪，雖能阻擋錯誤，但仍有缺口；當這些缺口在特定情境下對齊，就可能讓風險穿透所有防線而導致事故。

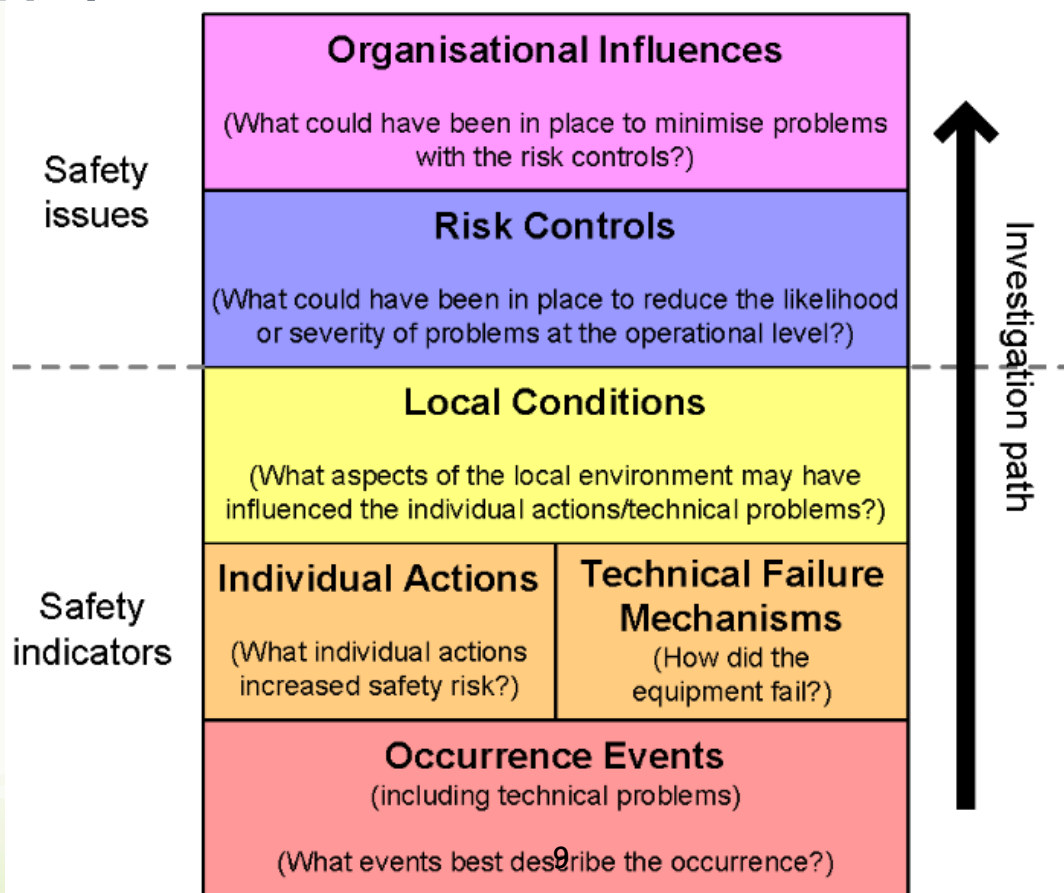


於水路調查事故中，本會使用海事事故資料分析系統 (MADAS, Marine Accident Data Analysis Suite) 整合VDR 聲音紀錄、航跡資料 (AIS / Radar overlay) 及港口監視影像等多元資料，使用時間同步並建立事件序，視情況需要以模擬軟體驗證操船行為與動態反應。確保分析結果可被驗證並具一致性。

參採ATSB調查分析模式(改自於瑞士乳酪理論)



調查階層圖



分析流程

01

建立事實資料與事件序

整合訪談資料、AIS航跡、VDR紀錄、雷達紀錄、港口監控影像等事實資料，進行時間同步，重建事故經過，**建立完整事件序及當下存在的狀況**。

02

合理的假設(調查發現)

以專業經驗與知識為基礎，針對發生的事件或狀況，尤其是為什麼會造成不安全的行為及不安全的狀況，提出合理的假設，**建立假設的安全因素**。

03

安全因素評估

調查發現都要有具體證據支持，尤其是假設的安全因素須以所有事證交叉比對驗證其「**存在性、影響性、重要性**」三項檢驗，以確認該安全因素是否存在、與事故的因果關係及重要性。

04

安全因素風險分析

在風險分析階段，調查團隊會根據各安全因素是否為系統性或組織性的議題，若再發生造成事故的可能性及後果的嚴重性，評估這項安全因素若再發生，其風險是否超出可接受範圍，**並判斷是否需提升為安全議題**。

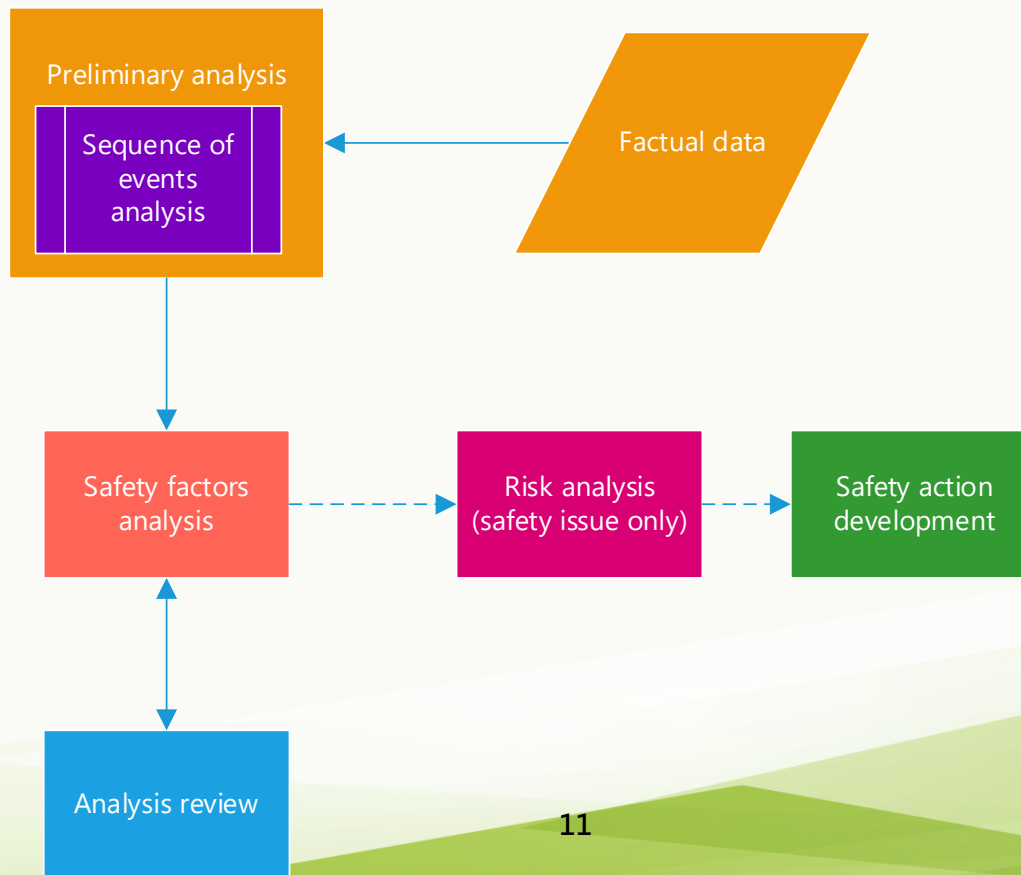
05

結論分類與建議

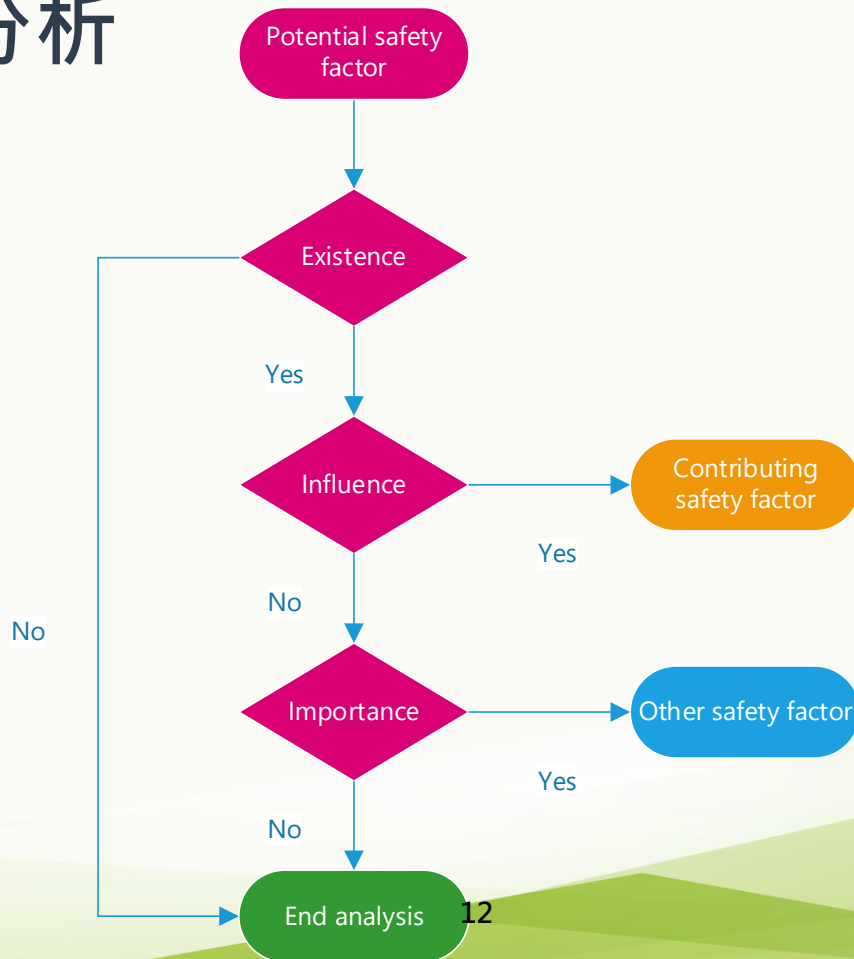
將調查發現依與事件發生的因果關係及重要性分為3.1、3.2、3.3三類，建立安全議題提出改善建議。

這套方法讓我們不只是記錄事故，而是能用科學化的方式理解系統安全，進而提升整體船舶操作風險意識、整體港口與船舶操縱之安全水準。

調查分析流程



安全因素分析



安全因素證物表		
Title		
Safety factor type		
Description		
Existence (存在性檢驗)		
Item	Comment	Support?
Existence?	是否有足夠證據確認該因素確實存在？	
Summary		
Influence (影響性檢驗)		
Factor influenced	該因素是否對事故結果有可驗證的影響？	
Item	Comment	Support?
Related to probable causes?		
Summary		
Importance (重要性檢驗)		
Related to risk?	該因素的影響是否重要到需要被列入結論？	
Justification		



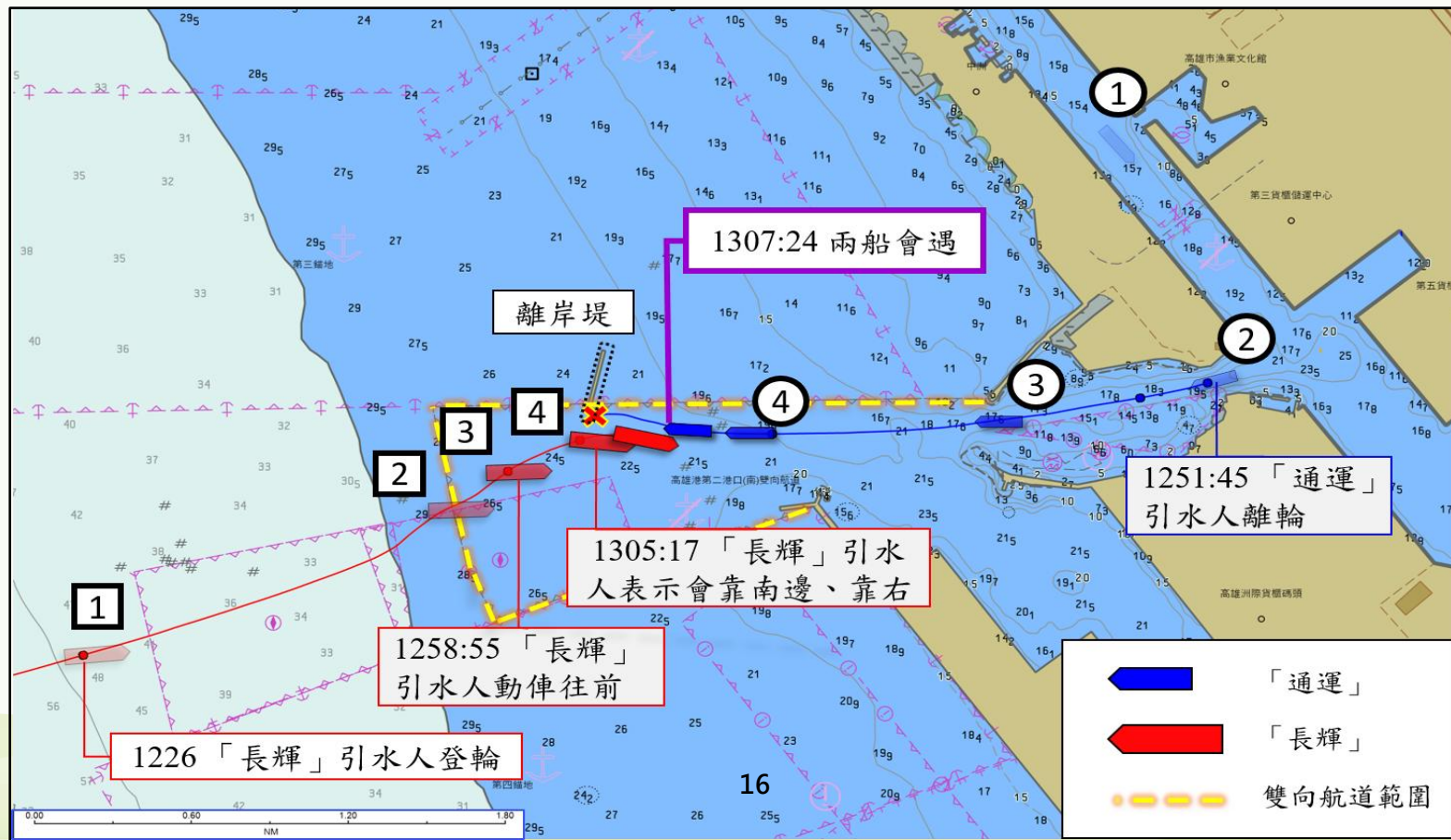
港口航道事故調查範例

事故案例

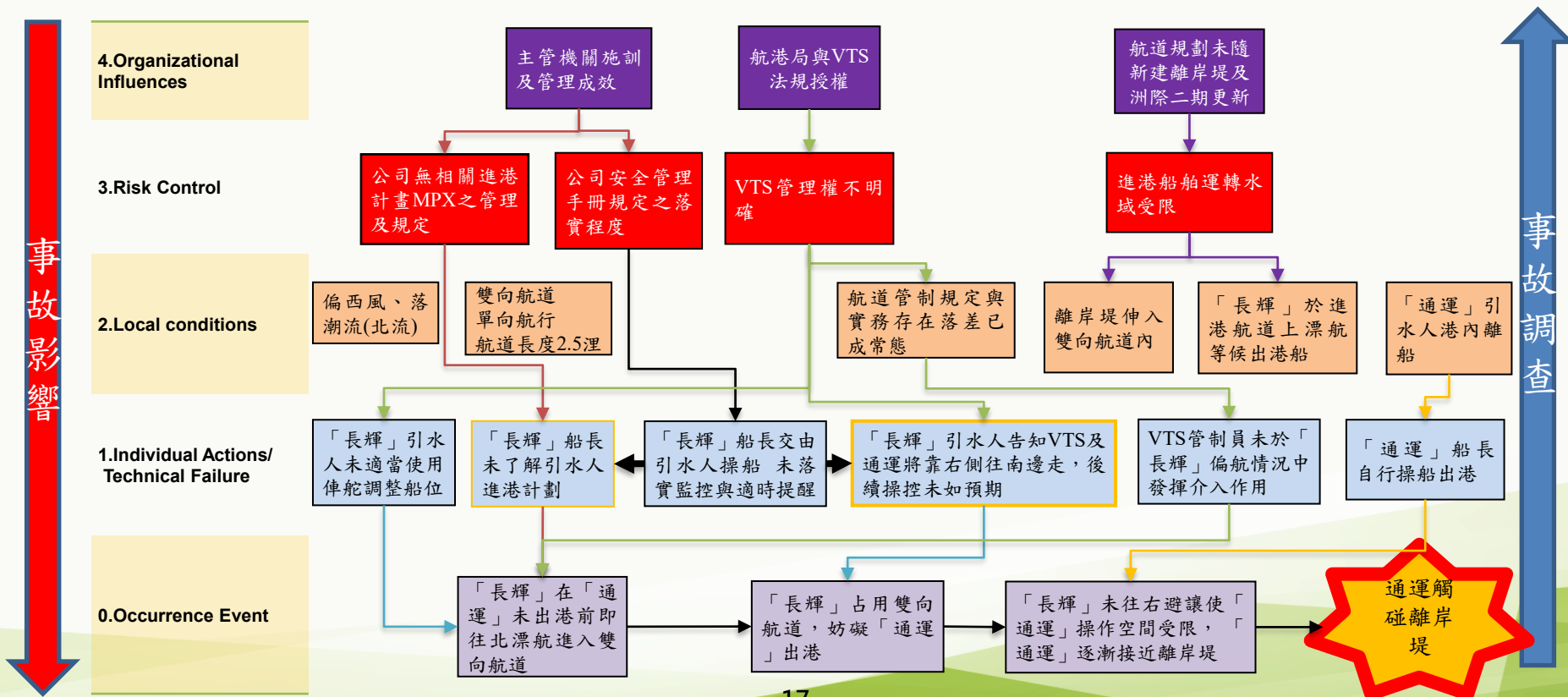
- ◆民國113年6月8日，本國籍油輪「通運」與賴比瑞亞籍散裝船「FPMC B FOREVER」(以下簡稱「長輝」)於高雄港二港口會遇後，「通運」右舷船身觸碰二港口外海離岸防波堤。
- ◆「通運」船殼破損導致泵間浸水；離岸堤結構呈錐狀破損。
- ◆本次事故無人員傷亡。



事故案例



事故案例-安全因素分析圖




事故案例-結論摘要(1/2)

以下為本案調查報告重點摘要，說明與事故相關之主要安全因素與制度風險。

與可能肇因有關之調查發現

1. 「長輝」受風流影響漂入雙向航道，未維持船位或採避讓措施，限縮「通運」出港空間。
2. 兩船接近時，「長輝」未及時修正航向，選擇加俾通過；「通運」右轉避讓後觸碰離岸堤。
3. 「長輝」引水人未遵守高雄港航行及VTS相關規定，進入雙向航道並未避讓在航道內船舶。

 摘要重點：操作與判斷失誤、未遵守規範、船位控制不當。

事故案例-結論摘要(2/3)

與風險有關之調查發現


1. MPX資訊交換不足，船長與引水人間缺乏共識。
2. 雙引水人協作效能不足，未及時調整領航策略。
3. 駕駛臺團隊監控與協作不足，未依安全管理手冊規範執行。
4. 「通運」船長離船後需獨自操船，負擔部分引水任務，熟悉度不足增加風險。
5. VTS未對「長輝」漂航行為發出警示，未完全落實IMO VTS指南。
6. 新離岸堤使航道可用空間縮減，增加會遇與避讓難度。
7. 分道航行實務執行出現解釋空間，船舶會遇現象持續發生。
8. 現行違規通報與處罰機制對引水人管控有限，影響VTS執行效能。

✚ 摘要重點：通訊與協作不足、人為與組織協調失靈、制度與管理落差、環境變化未反映於現行措施。

事故案例-結論摘要(3/3)

其他調查發現

1. VTS內部分工影響監控效率。
2. 港勤交通船未達引水船標準，影響引水人登離輪作業穩定性。
3. 多數港口仍採港內離輪，增加操船風險。
4. 二港口航道環境改變，航道規劃需重新評估。

 摘要重點：管理與基礎設施仍有改善空間。


事故案例-安全改善建議摘要(1/2)

致台塑海運股份有限公司：

- 加強船隊決策與駕駛臺團隊監控訓練，提升應變與介入操船能力。

致交通部航港局：

- 督導引水人遵循港口及VTS規定，提升雙引水協作。
- 檢討VTS規範與航道管理及違規處理機制，落實警示與建議功能。

 摘要重點：強化訓練與制度落實，提升整體航安管理效能。

事故案例-安全改善建議摘要(2/2)

致高雄港引水人辦事處：

- 加強引水人遵規與協作效能。
- 結合訓練課程與模擬演練，提升實務能力。

致臺灣港務股份有限公司：

- 提升VTS對不安全態勢之警覺與反應。
- 檢討VTS分工作業與規範落實。
- 檢視分道航行制與航道規劃，評估離岸堤影響。
- 研擬引水人離船配套，強化航行安全與作業效率。
- 確保管理措施依法公告執行，維持制度明確性。

✿ 摘要重點：完善港口管理制度與VTS功能，確保制度執行一致性。

結構化安全因素分析方法讓水路事故調查不只是記錄事故，而是能用科學化的方式理解系統安全，進而提升整體船舶操作風險意識、整體港口與船舶操縱之安全水準。

簡報結束

Thank You For Your Attention