



# 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，船向往航道外行駛」

## 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)

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。

1

2

3

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

「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

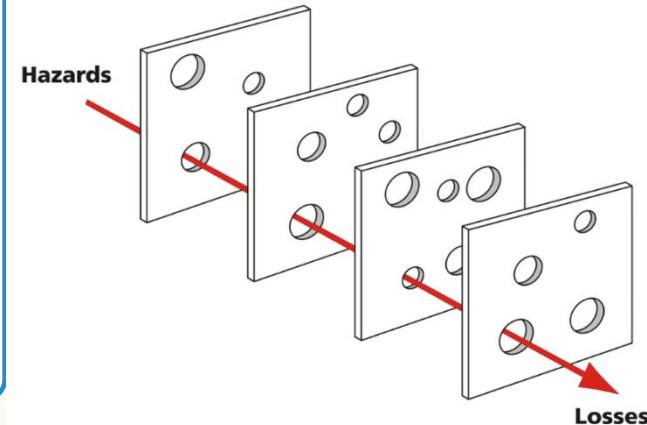
國際上常用的安全分析模型：SHEL model / Reason's model / HFACS / Bowtie analysis 等。本會以澳洲ATSB的 **Safety Factor Analysis Framework** 為核心架構，作為調查報告分析的理論基礎。採用此架構的目的，是讓分析過程更有邏輯、結論更可比較，並能支援跨案件的系統性分析。

## 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。

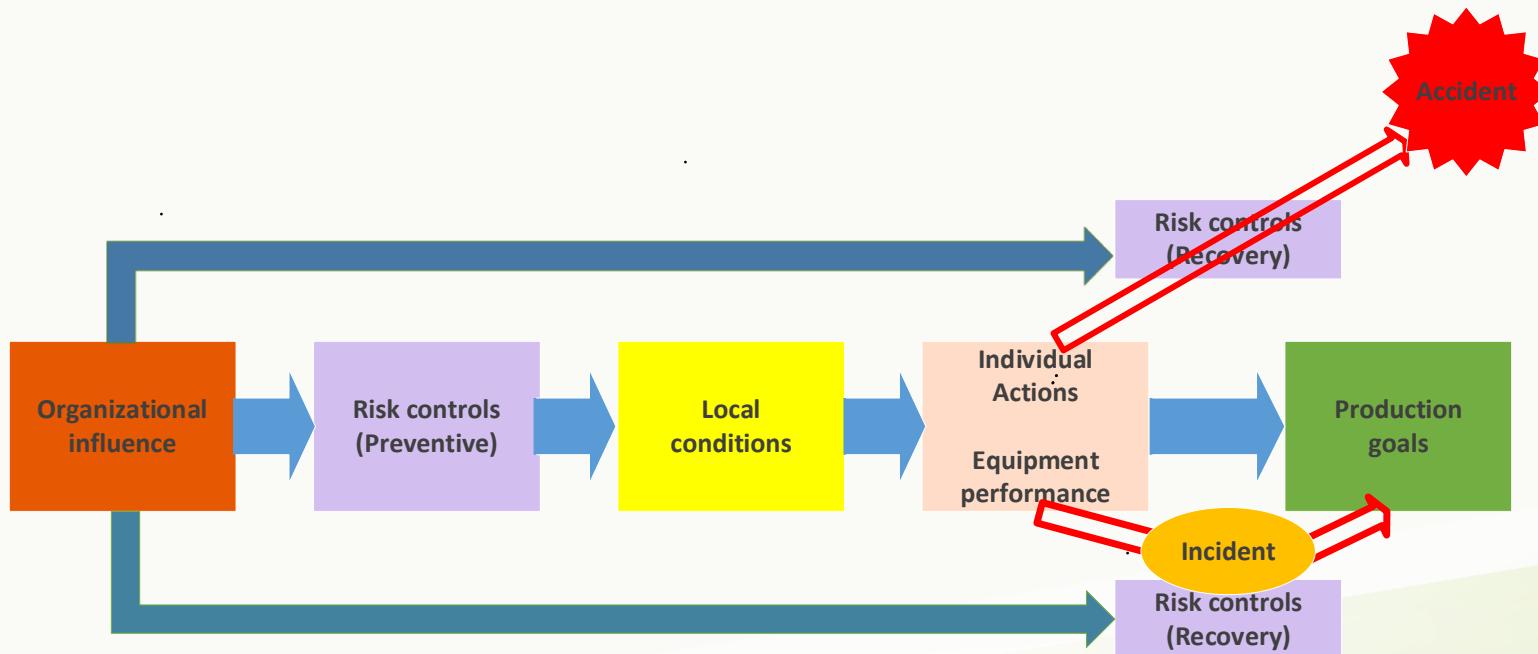
## 學術基礎

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。

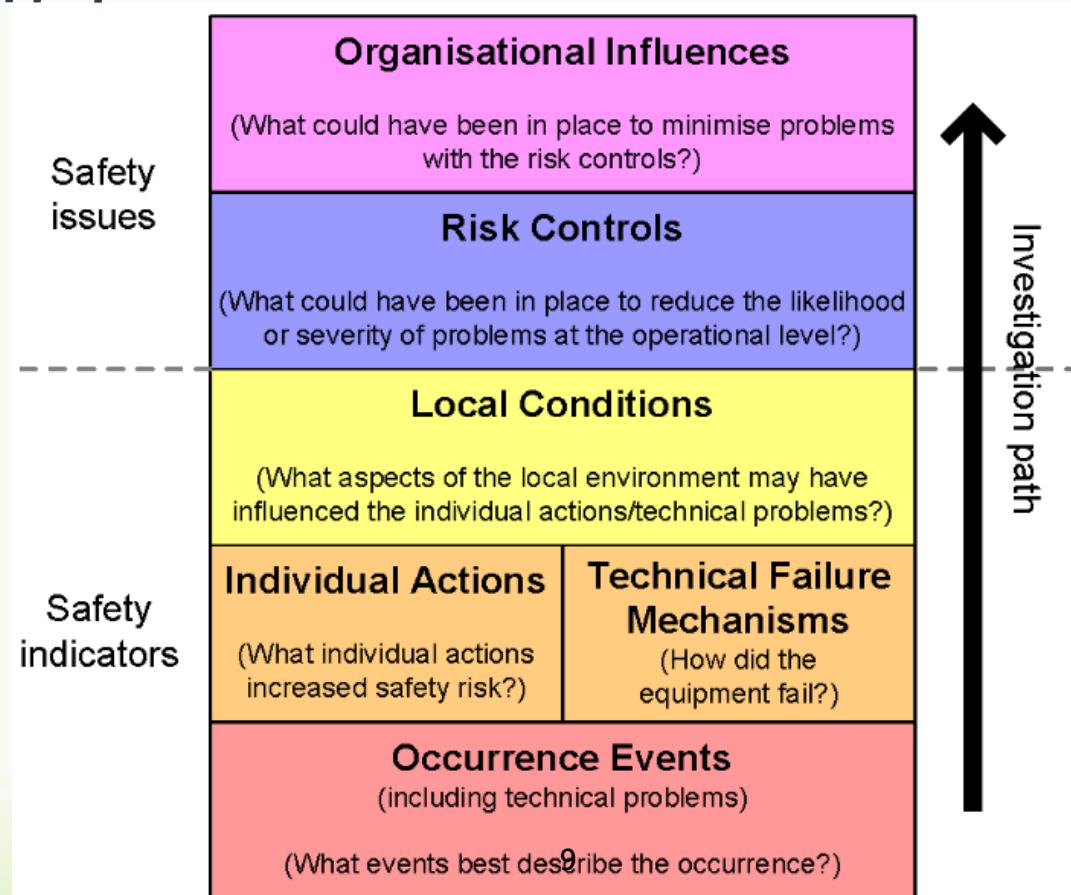


於水路調查事故中，本會使用海事事故資料分析系統 ( MADAS, Marine Accident Data Analysis Suite )整合VDR 聲音紀錄、航跡資料 ( AIS / Radar overlay ) 及港口監視影像等多元資料，使用時間同步並建立事件序，視情況需要以模擬軟體驗證操船行為與動態反應。確保分析結果可被驗證並具一致性。

# 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。

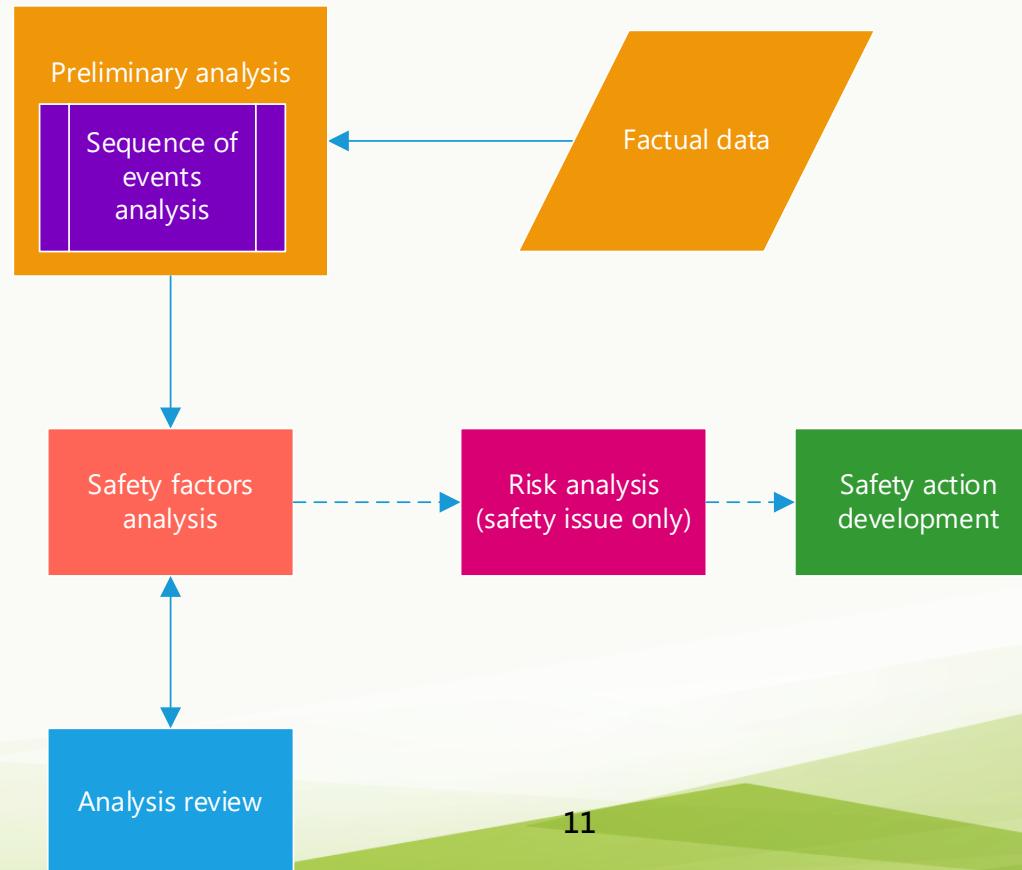
05

## 結論分類與建議

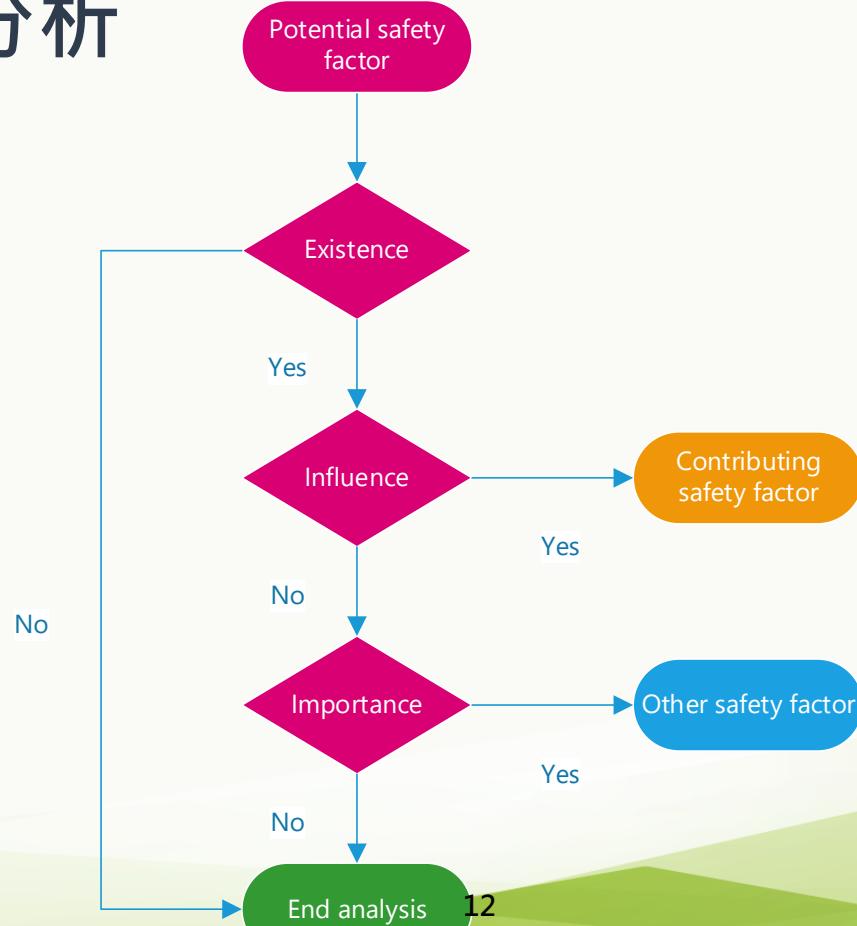
將調查發現依與事件發生的因果關係及重要性分為3.1、3.2、3.3三類，建立安全議題提出改善建議。

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

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



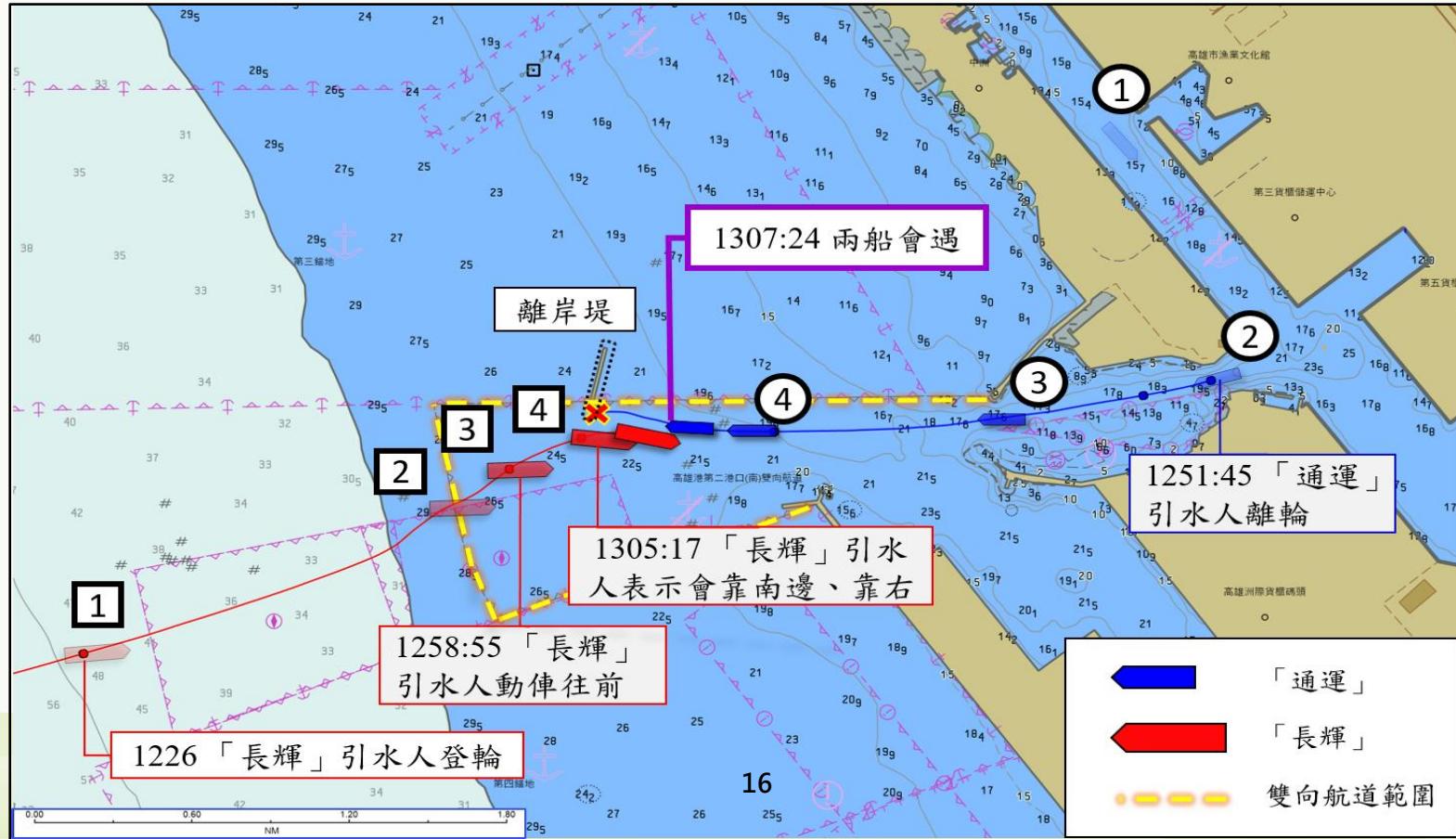
# 港口航道事故調查範例

# 事故案例

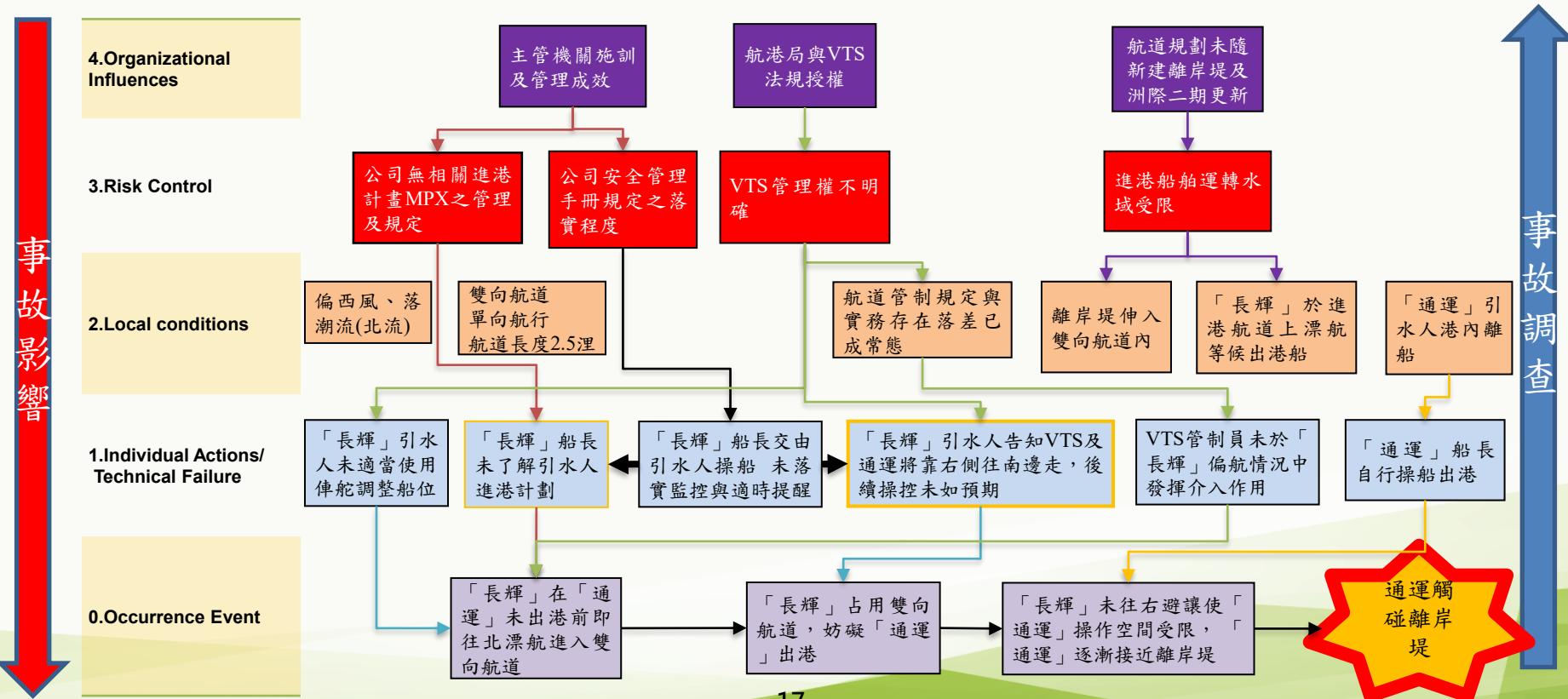
- ◆ 民國113年6月8日，本國籍油輪「通運」與賴比瑞亞籍散裝船「FPMC B FOREVER」(以下簡稱「長輝」)於高雄港二港口會遇後，「通運」右舷船身觸碰二港口外海離岸防波堤。
- ◆ 「通運」船殼破損導致泵間浸水；離岸堤結構呈錐狀破損。
- ◆ 本次事故無人員傷亡。



# 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，選擇加値通過；「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