

出國報告（出國類別：考察）

赴新加坡參與美國驗船協會技術論壇及 TCOMS 試驗水槽參訪

服務機關：國家海洋研究院

姓名職稱：林世昌副研究員、吳昊恩約聘技師

派赴國家/地區：新加坡

出國期間：2023年10月17日至10月20日

報告日期：2024年1月15日

摘要

國家海洋研究院國家船模實驗室預計於 2027 年完工，因船模實驗室設備精度要求高，且國內廠商未有該實驗水槽、操作系統與設備的建置經驗，為周延實驗室建置工作，本院派員於 2023 年 10 月前往新加坡參訪及技術交流。

1. 參訪新加坡海事技術中心(定位為國家級研發中心)的深海試驗水槽，汲取實驗設備與土建工程介面整合、ISO 國際標章認證及維運規劃經驗。
2. 參訪新加坡理工學院海事安全卓越中心(頂尖國際海員訓練機構)，觀摩 VR/MR 結合操船模擬機訓練與適任性鑑測的創新研究，可供我國構築新型海事培訓模式。
3. 受邀出席美國驗船協會技術論壇(全球前三大驗船機構)，共同探討海事設計模型規劃、數位孿生模擬應用、海上綠色航道及積層製造等國際最新發展。

目次

一、 目的.....	1
二、 過程.....	3
(一) 考察新加坡海事技術中心(TCOMS)深海試驗水槽	3
(二) 考察新加坡理工學院海事安全卓越中心(SPCEMS).....	9
(三) 參與美國驗船中心技術論壇(ABS Technology Forum)	14
三、 心得與建議.....	23
(一) 心得.....	23
(二) 建議.....	24

圖目錄

圖 1	TCOMS 自控卓越中心研發項目	3
圖 2	TCOMS 深海試驗水槽設計圖(圖片來源: Edinburgh Designs).....	5
圖 3	TCOMS 深海試驗水槽裝備完工圖(圖片來源: Edinburgh Designs).....	5
圖 4	本院拜會 TCOMS 合影	7
圖 5	與 TCOMS 進行技術交流	7
圖 6	TCOMS 深海試驗水槽現勘圖(放水保固期)	8
圖 7	TCOMS 深海試驗水槽設備：主拖車與子拖車	8
圖 8	TCOMS 深海試驗水槽設備：吸波側與軌道施裝工法	9
圖 9	SPCEMS 模擬與訓練室.....	11
圖 10	SPCEMS 高階船舶操作模擬研究室：介紹港口交通模擬區.....	11
圖 11	SPCEMS 高階船舶操作模擬研究室：介紹外海操船模擬區.....	12
圖 12	SPCEMS 高階船舶操作模擬研究室：腦波儀及眼動儀使用介紹.....	12
圖 13	SPCEMS 高階船舶操作模擬研究室：即時記錄與回饋系統介紹.....	13
圖 14	SPCEMS 海事操作模擬室：VR 裝置運用介紹與示範.....	13
圖 15	SPCEMS 海事操作模擬室：即時數據與演練結果分析.....	14
圖 16	ABS 技術論壇專題：試驗模型規劃與數位模擬	17
圖 17	ABS 技術論壇專題：專案協調軟體實際運用案例	18
圖 18	ABS 技術論壇專題：自動化模擬測試與實際運用展示	19
圖 19	ABS 技術論壇專題：海上綠色航道-全球供應鏈模擬.....	20
圖 20	ABS 技術論壇分組發表：海事設計模型規劃與積層製造/3D 列印技術 ...	22
圖 21	ABS 技術論壇分組發表合影	22

表目錄

表 1	出國行程概要	2
表 2	TCOMS 深海水槽主要結構規格	4
表 3	ABS 技術論壇議程表	15

一、目的

國家海洋研究院(以下簡稱本院)於 2019 年 4 月 24 日正式成立，組設 5 個一級業務單位(綜合規劃及人力培訓中心、海洋政策及文化、海洋科學及資訊、海洋生態及保育、海洋產業及工程等)及 3 個輔助單位，協助海洋委員會辦理海洋政策規劃、海洋資源調查、海洋科學研究、海洋產業及人力培育發展業務，以整合國家海洋研究量能、提升國家海洋科研實力、發揮海洋研究群聚效益，提升海洋產業競爭優勢，促進國家經濟永續發展，定位為國家海洋智庫。

為提升國內船模實驗能量，提供國防船艦、海事重建等相關工程技術之諮詢服務提升國內海洋造船產業競爭力，培植我國船艦自製率，推動我國國防船艦產業政策，並達成「船艦建造與維護成本低、造船能量自主在地化」等目標，行政院於 2021 年 8 月核定本院提報之國家船模實驗室多功能水槽建置計畫，於高雄市興達港興建「國家船模實驗室」，建置耐海性能方形水槽、迴旋臂圓形水槽、造波機、拖車及相關實驗儀器設備，預計於 2027 年中旬前啟用營運。

國家船模實驗室建置重點工作包含實驗室土木與建築工程、重要裝備儀器採購及專業人才培訓等三大項目，由於國家船模實驗室設備精度要求高、採大跨距鋼構結構及建築內部以無落柱設計，增加介面整合難度，且國內廠商未有耐海性能方形水槽、迴旋臂圓形水槽建置經驗，復又我國具備耐海性能水槽及迴旋臂水槽之實驗操作經驗人才極少，為周延實驗室建置工作，極需汲取先進國家經驗，本院遂規劃由林世昌副研究員及吳昊恩約聘技師於 2023 年 10 月前往新加坡參與「美國驗船協會技術論壇(ABS Technology Forum)」，並參訪海事技術中心 TCOMS 深海試驗水槽及新加坡理工學院海事安全卓越中心 SPCEMS(行程表如下)。

表 1 出國行程概要

日期		行程概要	地區
10月17日	(二)	臺灣桃園中正機場出發	新加坡
10月18日	(三)	考察新加坡海事技術中心TCOMS深海試驗水槽及進行技術與營運經驗交流	
		考察新加坡理工學院海事安全卓越中心SPCEMS及進行技術與人才經驗交流	
10月19日	(四)	參與美國驗船中心技術論壇ABS Technology Forum	
10月20日	(五)	抵達臺灣桃園中正機場	臺灣

二、 過程

(一)考察新加坡海事技術中心(TCOMS)深海試驗水槽

新加坡海事技術中心(TCOMS)成立於 2016 年，由新加坡科學技術研究局(A*STAR)和新加坡國立大學(NUS)共同合資設立，定位為國家級研發(R&D)中心，並由新加坡經濟發展局(Economic Development Board, EDB)、海事與港務局(Maritime & Port Authority of Singapore, MPA)、國家超級運算中心(National SuperComputing Centre, NSCC)支援相關研發技術、數據與模擬運算。

TCOMS 對新加坡海事工程和海洋相關產業的轉型、海事安全和沿海適應氣候變化等國家優先發展事項，發揮著重要作用。

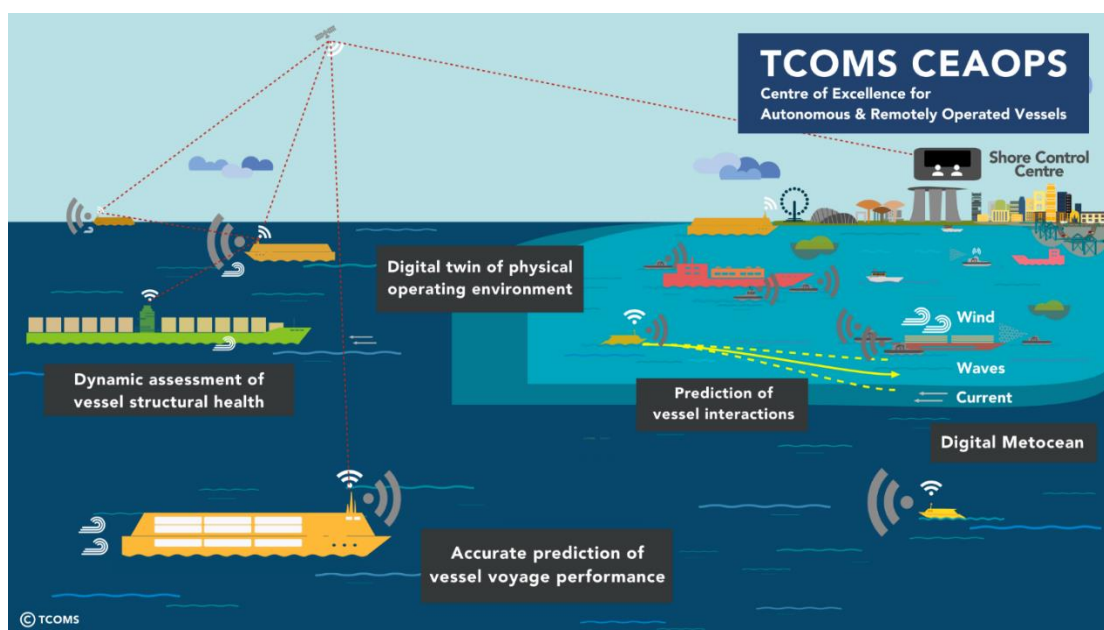


圖 1 TCOMS 自控卓越中心研發項目

TCOMS 的自控船舶卓越中心 (Centre of Excellence for Autonomous & remotely Operated vessels, CEAOPS) 的研究和開發的聚焦於自控水面船舶 (Maritime Autonomous Surface Ships, MASS)，刻正發展「自動和遠端操作船舶」及「智慧海事系統」，讓船舶在近海、港區、海上船舶交通密度高(複雜操作環境)能安全航行，在大洋等開放海域(海上船舶交通密度低)高效航

行，也能更準確地預測船舶航行性能和評估船舶結構(船體)安全與船舶主機、輔機、航儀現況。CEAOPS 目前的研究與系統開發扣合國際發展勢。

TCOMS 深海試驗水槽(Deepwater Ocean Basin, DOB, 圖 2) 包括方形水槽(主體)與環形深坑(Deep Pit) 2 大部份，可供海事工程模擬與船模實驗之用，於 2022 年正式啟用，具可移動(活動式)槽底，可依據試驗需求自由切換深度(方形水槽:可於試驗操作期間，自由切換表層 0 至 12 公尺深;環形深坑:方形水槽底部至深坑底層 50 公尺深)。

TCOMS 期透過建立近海模擬數據與各類型船舶與海事工程模型，有效於深海水槽中還原現實海況，蒐集相關船舶與海洋結構物受力數據，進行後續分析與加值應用。TCOMS 深海試驗水槽主要結構描述如下表：

表 2 TCOMS 深海水槽主要結構規格

水槽設備	設備概述
Basin Dimensions 深海水槽尺寸	60 公尺(長)x48 公尺(寬)x12 公尺(主體深度)。
Deep Pit Dimensions 深坑底層	直徑約 10 公尺、深度可至 50 公尺。
Wave Generation System 造波系統	以 180 餘片翼狀造波板分布於兩側鄰近槽壁，轉角處採弧形設計，最大造波週期可達 5 秒；波高可達 1.1 公尺高。
Current Generation System 海流系統	槽壁備有垂直 6 層之推水設備，最大近表面流速可達每秒 0.5 公尺，並可製造均等流場或剪切流場。
Instrumentation-cum-Towing Carriage 拖車系統	可用於拖曳模型船隻及監控設備，最大速度為每秒 2 公尺；牽引力為 10 千牛頓力。
Movable floor 可動式槽底	主要底層可於試驗操作期間從表層 0 至 12 公尺深之間切換深度。

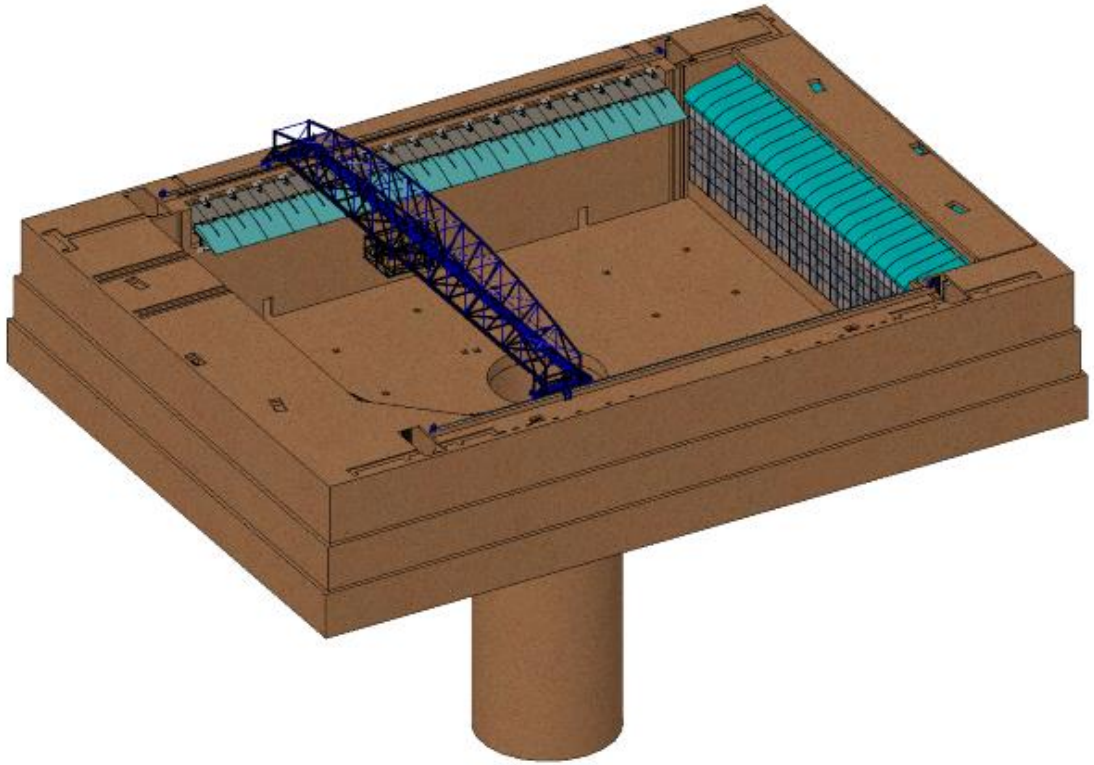


圖 2 TCOMS 深海試驗水槽設計圖(圖片來源: Edinburgh Designs)



圖 3 TCOMS 深海試驗水槽裝備完工圖(圖片來源: Edinburgh Designs)

本次考察由 TCOMS 執行長 Chan Eng Soon 親自接待，並與專案經理、商務經理、自控船模卓越中心經理、深海試驗水槽組長等人員與本院人員進行經驗交流。

TCOMS 先向本院分享，該中心在新加坡國內官、產、學之海洋產業合作模式(EDB 及 MPA:提供技術與實務數據、ABS 等國際知名驗船協會:共同合作開發新技術、新加坡國立大學(NUS):研究人力支援及人才培育)，並簡報現有計畫、各部門執行工作、以及深海試驗水槽興建與營運過程。本院則透過簡報與形象影片向 TCOMS 介紹本院職掌任務、重要推動工作與國家船模實驗室興建計畫。

延續自 2020 年 10 月 12 日本院與 TCOMS 線上會議討論內容，本次參訪討論議題聚焦於 TCOMS 組織架構及營運模式，包含(1)現今營運收益來源於政府與民間之比例是否如計畫內逐年調整、(2)原規劃試驗設備需求(如造風系統)與實際運用現況、(3)申請 ISO 等國際標章與船模試驗認證所需時程與籌備事項、(4)未來雙方就水槽技術與人才交流之合作可能性等 4 大子議題。

會後實地走訪 TCOMS 深海試驗水槽，參觀其試驗區域及中央操作室(機敏區域不允拍攝)。TCOMS 向本院說明該中心之試驗水槽各項地理條件、土建與設備介面整合模式、建設期間遭遇之重大問題與解決方案、試驗人員規劃與工作分配、儀器校正流程、人員操作動線，及未來該中心可持續精進之處及規劃，討論內容對本院刻正進行的船模實驗室新建工程規劃、拖車系統採購規劃、營運管理、人才培訓等事宜大有助益。



圖 4 本院拜會 TCOMS 合影



圖 5 與 TCOMS 進行技術交流



圖 6 TCOMS 深海試驗水槽現勘圖(放水保固期)



圖 7 TCOMS 深海試驗水槽設備：主拖車與子拖車



圖 8 TCOMS 深海試驗水槽設備：吸波側與軌道施裝工法

(二)考察新加坡理工學院海事安全卓越中心(SPCEMS)

新加坡理工學院（Singapore Polytechnic, SP）創立於 1954 年，是新加坡的第一所理工學院(學制上類似我國之五專)，著重於培養與訓練工程技術型人才，下設建築環境和設計、商業、化學和生命科學、電器科學和電子工程技術、信息科學與通訊技術、機械學和製造工程、海運等 10 個學院 (Academic School)，學生人數約 12,500 名，國外學生的佔比高，學風嚴謹，該校在新加坡的教育體系評價極高。

本次參訪的標的為新加坡理工學院所屬之海事學院海事安全卓越中心 (SPCEMS)，該學院為符合 IMO 與 STCW2010 規範的國際海員訓練機構，教職員工的學驗能力俱佳(多曾任船長或輪機長，並有碩博士以上學位)與訓練設備完備，除可執行船員訓練，也接受委託進海上航行安全和船上作業安全相關的研究與諮詢。

本次參訪由中心經理 Lee Vincent 帶領參觀 SPCEMS 的「高階船舶操作模擬研究室」及「海事操作模擬室」等訓練設施，「高階船舶操作模擬研究室」能再現當代多數船舶控制室之操作平台與參數介面，並模擬各常態或惡劣海象環境，使操作者有效地在安全的環境下演練各項操作。SPCEMS 更進一步運用「腦波儀」及「眼動儀」等偵測裝置，使觀察員在操作期間即時偵測與紀錄訓練者的情緒變化及視線觀察重點。藉由反覆重現相同海況，記錄多組初階操作員、5 年實船經驗或 10 年以上經驗豐富者等反應，便可呈現一套完整的訓練數據，以便更精準地分析各項心理素質、反應速度與操作程序等數值對應實船經驗有多少關聯，並改善後續課程訓練目標與鑑測標準；「海事操作模擬室」則結合當今逐步完善的 VR、MR 等技術，模擬緊急海事狀況，蒐集試驗者之應變措施是否合規，並同樣透過操作速度與精準性等即時數據，精準強化各訓練員需精進之項目。

是日參訪與交流討論內容與本院業務職掌高度相關，對本院海洋相關人才培育規劃、海洋產業創新與轉型、海域救難技術之研究多有助益，並可供本院海洋基礎資料調查船建置案後續運維及人員培訓參據。



圖 9 SPCEMS 模擬與訓練室



圖 10 SPCEMS 高階船舶操作模擬研究室：介紹港口交通模擬區



圖 11 SPCEMS 高階船舶操作模擬研究室：介紹外海操船模擬區



圖 12 SPCEMS 高階船舶操作模擬研究室：腦波儀及眼動儀使用介紹

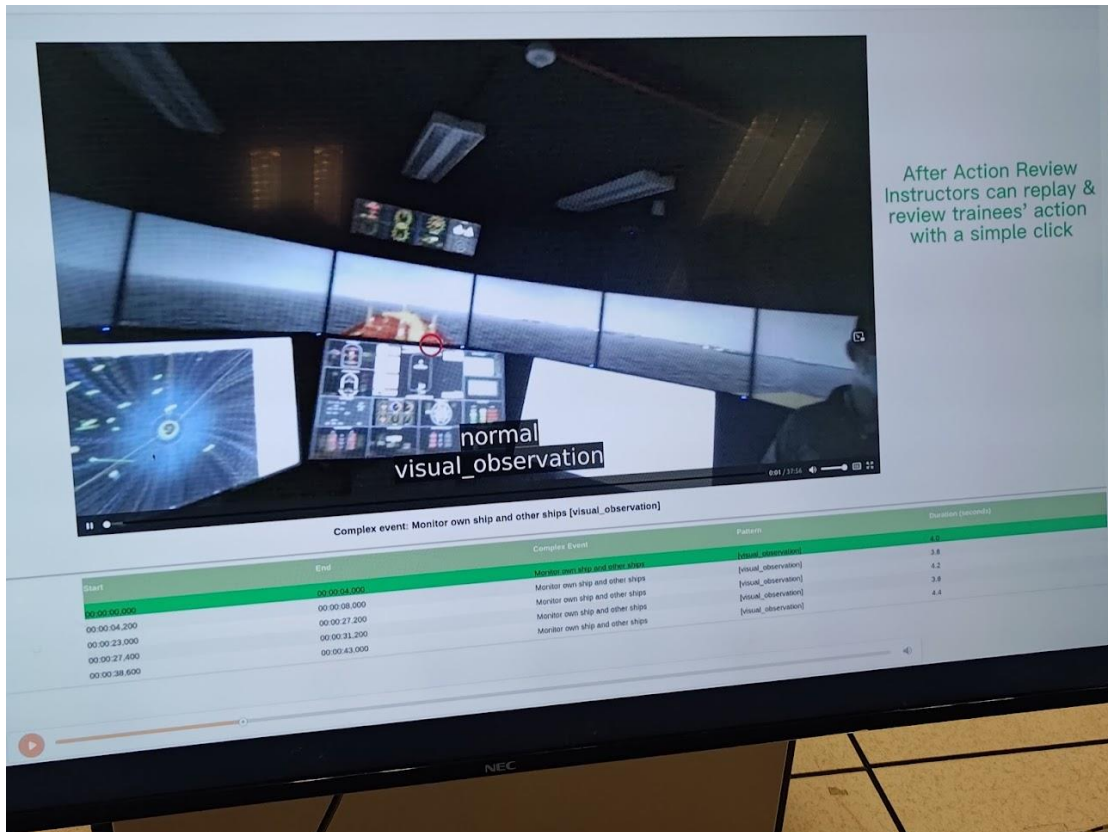


圖 13 SPCEMS 高階船舶操作模擬研究室：即時記錄與回饋系統介紹



圖 14 SPCEMS 海事操作模擬室：VR 裝置運用介紹與示範

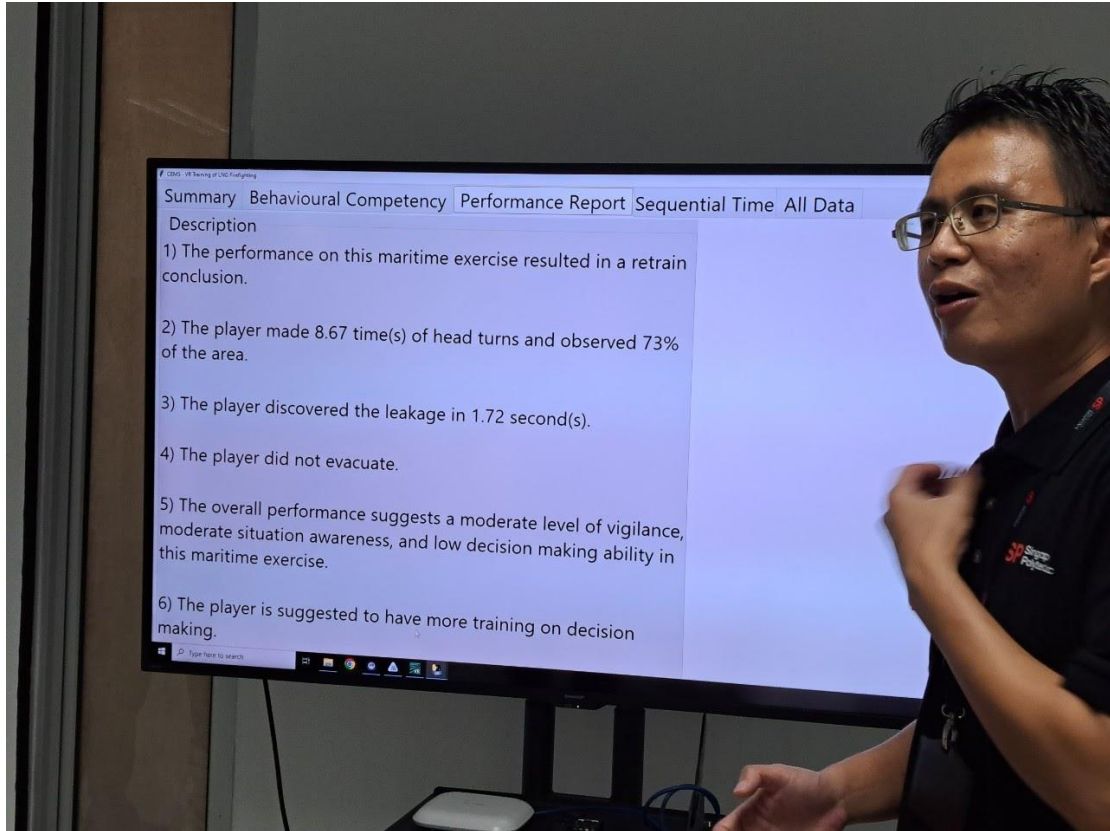


圖 15 SPCEMS 海事操作模擬室：即時數據與演練結果分析

(三)參與美國驗船中心技術論壇(ABS Technology Forum)

美國驗船協會(ABS)設立於 1862 年，為全球前三大驗船機構，在 70 個國家及地區擁有 200 個辦公室，執行船舶的法定檢查及嚴格檢驗，以滿足航運業、保險業及造船業的需求。

為提升船舶智能資訊架構技術，蒐集航行大數據，透過雲端即時監控及預測船體結構健康度，掌握船舶航行安全，ABS 持續在船舶與海事安全領域進行多研究，並為各國船東及海事科技產業客製化相關服務。

本次技術論壇為 ABS 新加坡的亞太地區總部主辦，邀請日本、馬來西亞、印度、芬蘭等 10 餘國之 ABS 合作單位及新加坡海洋研究院 (Singapore Maritime Institute, SMI)、新加坡科學技術研究局(A*STAR)、新加坡海事技術中心(TCOMS)、及新加坡海事與港務局(MPA)發表最新的研發成果與國際發

展趨勢(議程表如表 3)，是日來自國際各地之海洋相關之產官學研界人員近 150 員。

表 3 ABS 技術論壇議程表

時間	論壇議程
0930-0940	Welcome Address Dr Gareth Burton, <i>Vice President, American Bureau of Shipping</i>
0940-0950	Opening Address by MPA Kenneth Lim, <i>Assistant Chief Executive, Maritime and Port Authority of Singapore</i>
0950-1000	Opening Address by SMI Tan Cheng Peng, <i>Executive Director, Singapore Maritime Institute</i>
Technology Presentations 技術發表環節	
1000-1050	Model-Based Approach and Electrification 試驗模型規劃與數位模擬 Rune Arnt Waage, <i>General Manager, Wärtsilä</i> Dr Gu Hai, <i>Vice President & Head of Global Simulation Center, American Bureau of Shipping</i>
1100-1130	Harmonizing Software and Tools for Collaborative Success 專案協調軟體實際運用案例 Tan Ching Eng, <i>Director, Centre of Excellence for Autonomous & remotely Operated vessels (CEAOPS), of Technology Centre for Offshore and Marine Singapore (TCOMS)</i> Qin Geng, <i>Senior Engineer, American Bureau of Shipping</i>
1130-1200	Virtual Testing for Autonomous Navigation and CDCA (Maritime Autonomous Surface Ships) 自動化模擬測試與實際運用展示 Wong Tien Loong, <i>Director, Centre of Excellence for Autonomous & remotely Operated vessels (CEAOPS), of Technology Centre for Offshore and Marine Singapore (TCOMS)</i> Lui Chih Wei, <i>Manager, American Bureau of Shipping</i>

1200-1230	<p>Green Shipping Corridors: Simulation of Value Chain 海上綠色航道：全球供應鏈模擬</p> <p><i>Li Haobin, Director, Centre of Excellence for Simulation and Modelling for Next Generation Ports</i></p> <p><i>Kuntal Satpathi, Senior Engineer, American Bureau of Shipping</i></p> <p><i>Ilias Soultanias, Managing Principal, American Bureau of Shipping</i></p>
1230-1330	Networking Lunch outside breakout rooms
Technology Breakout Sessions 分組發表環節	
1330-1530	<p>Breakout Session 1: Model Based Approaches 海事設計模型規劃</p>
1330-1530	<p>Breakout Session 2: Electrification 海事工程自動化設計</p>
1330-1530	<p>Breakout Session 3: Additive Manufacturing 積層製造/3D 列印技術</p>
1600-1630	Conclusion and Actionable Insights Debrief

1. 試驗模型規劃與數位模擬

發表人 Dr Gu Hai 簡報 ABS 已針對「船舶設計」與「海事工程研發」之相關流程(包括初步設計(Design)、計畫審查(Plan Review)、生產流程(Manufacturing)、測試與定規(Testing & commissioning)、以及營運與維護(Operation & Maintenance))建置專屬分析模型與數位孿生模擬，可幫助使用者迅速且有效地建立複雜的設計規劃與可靠的運算機制。

發表人 Rune Arnt Waage 簡報 Wärtsilä 公司(芬蘭，專門製造和服務海洋能源市場的動力源和設備)現正研發之「油電混合動力船舶設計」(Hybrid Electric)與建造「新型液化天然氣運輸船」(Liquefied Natural Gas, LNG)等專案，說明 ABS 模型軟體的實務運用成效及可持續開發之潛力。



圖 16 ABS 技術論壇專題：試驗模型規劃與數位模擬

2. 專案協調軟體實際運用案例

發表人 Qin Geng 簡報 ABS 開發之綜合型模擬平台(Integrated Simulation Platform, ISP, ABS 為新加坡海洋產業所客製化開發產品)，該平台可讓海洋產業開發由原本紙本及單一需求運算等設計模式，進展至多元且具合作性的運算平台，大大減少設計時間，提早發現設計衝突(或錯誤)，優化設計進程。

綜合型模擬平台也有基於設計計算分析模型的數位孿生技術，可自主優化設計，改善船舶各項運動性能(提升船舶操控性、最大化降低船舶碳排)，以滿足國際碳排管理規定。

發表人 Tan Ching Eng 簡報 ABS 與 TCOMS 自控船模卓越中心(CEAOPS)合作成果，透過新加坡現有產業研發能量盤點，整合相關資源與聚焦硬體建設，進行綜合型模擬平台建置作業中，未來可藉由船模自航實驗設計規劃，建立新式節能船舶運動試驗數據資料，進行符合節能與商業利益之最適承載與最優航路規劃。

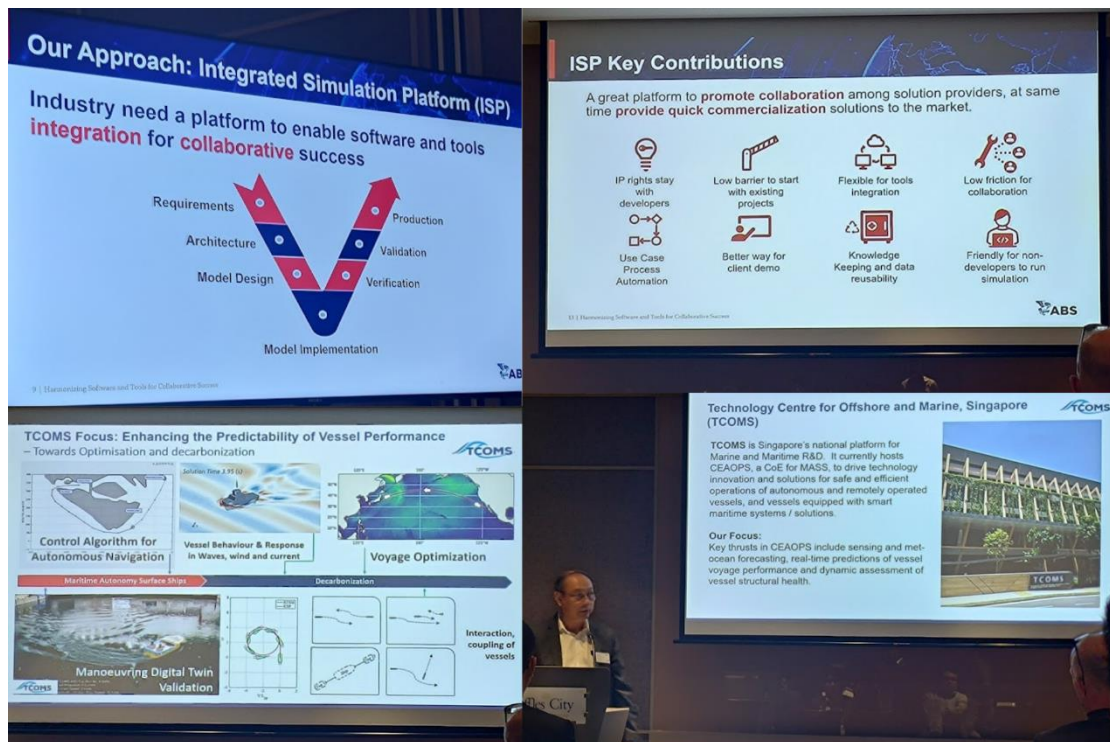


圖 17 ABS 技術論壇專題：專案協調軟體實際運用案例

3. 自動化模擬測試與實際運用展示

發表人 Lui Chih Wei 簡報說明，ABS 刻正發展自動化船舶的驗證系統，另為協助新加坡為解決港口龐大的運輸量能(全球第二)與現正興建的全自動化港口(大士港)，ABS、CEAOPS 以及新加坡高速運算研究中心(Institute of High Performance Computing, IHPC) 共同研發船舶自主導航系統 (Autonomous Navigation System, ANS)，並說明該系統之各項優勢。

發表人 Wong Tien Loong 及 Zhao Liangbin 簡報 ANS 系統配合各項港口業務對於自動化之需求，集成「A*STAR 之新加坡海峽 (Singapore Strait) 數位模型」、「TCOMS 之港口場域流場模型、船模實驗」、「SPCEMS 之人為反應操作數據」及「IHPC 之各類型船舶交通動線模擬」，對比模擬結果與實船互動狀況，提出各船最佳化航行與避碰計畫，除可精進新加坡海務工作效能，也能增加海事安全。



圖 18 ABS 技術論壇專題：自動化模擬測試與實際運用展示

4. 海上綠色航道：全球供應鏈模擬

發表人 Kuntal Satpathi 及 Ilias Soutanias 簡報海上綠色航道全球供應鏈模擬，說明 C40 城市(含新加坡)氣候領導聯盟推動之節能減碳共識，新加坡在低碳能源、零碳排船舶及海事工程及的推動現況，也積極與多國簽署綠色航道協議。

發表人 Ryo Okumura 簡報日本住友商事株式會社 (Sumitomo Corporation) 與 ABS 及新加坡大學 NUS 在綠色航道相關進展，透過數位模型建置與經濟利益考量，逐步解決海洋運輸相關利益者(如航運規劃公司、船舶燃料供應商、港口運輸與船舶加油站、以及船東等)面對綠色轉型所需解決之議題。

發表人 Li Haobin 簡報新節能船舶常見的燃料(液化天然氣、甲烷與氫氣等)，因運輸與儲放之燃料冷卻成本高，新加坡刻正發展可使用氨氣燃料的新引擎技術，建設全世界最大之液化氨氣儲放槽，並持續推展「氨氣能源供應鏈」(Ammonia Bunkering)，除能壓低冷卻成本(氨氣為負 33°C、液化氫液化溫度為負 253°C)、降低碳排，也能增進運輸安全。



圖 19 ABS 技術論壇專題：海上綠色航道-全球供應鏈模擬

5. 分組發表與討論：海事設計模型規劃與積層製造/3D 列印技術

本次論壇下午行程依主題化分為三組進行分享與議題探討，考察成員分別參與「海事設計模型規劃」及「積層製造/3D 列印技術」。

「海事設計模型規劃」延續上午專題發表內容，由 ABS 邀請日本郵船株式會社 NYK、新加坡勝科海事 Seatrium 及新加坡科學技術研究局 A*STAR 等單位發表設計模型之實務運用。其項目包含創建模型系統工程(Model-Based Systems Engineering)利用於船舶零件設計與驗證、船舶能源與推進系統最佳化設計、以及中央冷卻系統數位孿生模擬建置等設計方向。

透過專案分享及討論環節，與會者提出目前海事設計模型規劃仍需增加與相關設計軟體與異業合作，並確保模型建置資料相容性能維持 10 年以上。本院提出相關模型建置可考慮人為操作誤差機制與操作訓練等培育性數據，以確保模型建置之實用性與可重複性。

「積層製造/3D 列印技術」則由新加坡海事與港務局 MAP 以及 ABS 國際供應鏈部門探討當今積層製造在新加坡海事工程之應用，以及積層製造所造成供應鏈之衝擊效應。

複合材料積層製造技術對公安及成品精度有益，加上金屬積層製造等相關技術仍不斷突破，可持續關注後續複合材料製程在海事需求的發展應用。因應積層製造技術發展，將引領企業轉型，也會對全球供應鏈造成相當大的影響，如何將其對人、環境及企業之衝擊降至合理範圍，也是值得深入的討論議題。本院提出相對於模組化大量生產的產品，船模實驗模型製造等這些客製化產品利用複合材料積層技術製造有其成本與時間效率的優勢，唯複合材料結構強度目前不達到船模試驗之需求。



圖 20 ABS 技術論壇分組發表：海事設計模型規劃與積層製造/3D 列印技術



圖 21 ABS 技術論壇分組發表合影

三、心得與建議

為完整補足我國船模試驗之缺口、提升國艦設計與自主應用、加增我國海洋產業國際競爭力，本院以「船艦運動性能試驗」、「水下船艦操縱性能」、「船模試驗專業人才培訓」為 3 大發展主軸，於高雄市興達港興建「國家船模實驗室」，建置耐海性能方形水槽、迴旋臂圓形水槽、造波機、拖車及相關實驗儀器設備，預計於 2027 年中旬前啟用營運。

儘管「船模試驗」於船舶設計與規劃的重要性在造船產業與學研界眾所皆知，但國內學界具備實驗用船模製造、船模實驗操作與分析實務的專業人才卻寥寥可數，加上我國未有耐海性能水槽與迴旋臂水槽的建置經驗，極需汲取先進國家之船模試驗水槽建置經驗，並積極與國內外具船模試驗與船模製造之專家學者建立學術合作平台，以利完備我國船模試驗量能具備國際級水準。

本次考察與座談討論內容與本院職掌高度相關，有利於本院發展海域與海洋工程技術、船舶流力實驗與數值模擬技術研發，也可供本院國家船模實驗室新建工程規劃、拖車系統採購規劃、營運管理、人才培訓等事宜極有助益。相關心得與後續建議簡述如下：

(一)心得

1. 學習國外水槽營運經驗，提升本國水槽試驗量能

與 TCOMS 深海試驗水槽進行技術與人員交流，瞭解實際執行面所接觸之困境與挑戰，TCOMS 的組織管理、業務開發、產學計畫合作、試驗人員晉用、在職訓練與分工、實驗設備規劃、試驗操作流程與品質認證等議題，對本院國家船模實驗室建置、實驗設備與土建工程介面整合、實驗軟體選用規劃、船模試驗量能提策略、與後續維運規劃大有助益。

2. 國內外海事技術合作，擴展業務範疇與國際觀

TCOMS、SPCEMS 及 ABS 等機構透過合作備忘錄與國際合作計畫，結合產官學研界的能量，在船舶、海事工程與海洋相關產業的轉型發展出極高的成果。

為結合國內擁有船模試驗水槽及水下載具技術之大學建立合作與對話平台，本院 2022 年與臺灣海洋大學、臺灣大學、成功大學及中山大學共同成立船模試驗國家隊，TCOMS、SPCEMS 及 ABS 的國際海事技術合作成功經驗，有助於本院整合國內各船模試驗水槽的試驗能量，提升國家整體船模試驗技術水準。

(二)建議

1. 持續深化水槽實驗技術合作，提升國家整體水槽試驗技術水準

為提升本院自主研究能力，形成國家海洋跨際交流基地，推動國家海洋科技研發，讓國家海洋研究與先進國家接軌，本院透過合作備忘錄簽署已與國內外 30 餘個學研機構進行實質合作，展現耀眼成果。

本次參訪，本院與 TCOMS 針對船模實驗技術合作，建立合作通訊窗口，TCOMS 期待本院能協助船模製造與人才培訓，本院期待 TCOMS 能在新節能船舶之船模實驗及海事工程實驗與本院有更深入的技術合作交流。未來本院將持續深化與 TCOMS 船模實驗技術合作，提升國家整體船模試驗技術水準。

2. 持續參與國際驗船協會相關論壇，鍊結海事實驗最新發展

全球超過 90%貨船是由美國船級社(ABS)、法國驗船協會(BV)、挪威船級社(DNV)、韓國船級社 (KR)、英國勞氏船級社(LR)、日本海事協會(NK)、波蘭船級社(PRS)等 11 個國際船級社協會(IACS)成員所設計、監造或審核認證。上述協會每年均會不定期舉辦與船舶設計、海事安全、海事工程與海事規範相關的國際技術論壇，發表最新的研究成果。

本次 ABS 國際技術論壇的部分議題與研發成果，對本院船舶實驗規劃

與數值模擬技術研發高度相關。為讓本院船模實驗研究扣合國際新能源船舶及特規船舶之發展，應持續參與國際驗船協會相關論壇，加深本院與國際船級社協會成員聯繫與合作默契。

3. 整合數據蒐集與模擬平台，構築新型海事培訓模式

現今航海人員岸上訓練課程重點除了理論課程的教學外，也會利用與船上現有儀器裝備高度相似的介面模擬機配備進行各項情境模擬，讓學員在安全的環境、精神良好的狀況下，透過反覆性的訓練熟習裝備的正確使用並從錯誤中找出問題。

新加坡利用 VR/MR 結合操船模擬機訓練的研究，雖非為世界先例，但其利用眼動追蹤進行船員適任性鑑測的方法，扣合實務需求並創新。我國船員訓練機構或可進行類案研究，構築新型海事培訓模式。