

預測自主船技術進入等級二後對未來船員配置之適當性探討

Forecasting on the Discussion of the Suitability of Future Crew Configuration after Maritime Autonomous Surface Ship Enters Degree Two

許敦皓 (Tun-Hao Hsu)^{1*}

摘要

自主船舶(Maritime Autonomous Surface Ship, MASS)議題已受到多方重視，此類船又稱無人船(Unmanned Ship)其技術發展可分為四等級，有專家認為目前船員專業仍無法被人工智慧(Artificial Intelligence, AI)取代。本文蒐集文獻、網路資料、國際海事組織文件後進行研究，對船上人力配置議題以實務考量進行合理預測，MASS 進入等級二後船上現行兩部門配置將出現新式之三小組方式。我國籍船員未來欲服務於上述先進科技之船舶，其適任性與相應訓練方式，權責機關可開始思考對策。雖各方觀點均指出此技術進入等級二後會發生長期停滯，且何時能大規模用於海運業界尚無法預測，但未來技術能否進入等級三也並非不可能。

關鍵字：自主船舶、無人船、人工智慧

Abstract

The development of Maritime Autonomous Surface Ships (MASS), also known as unmanned ships, has garnered significant attention. The ship basically could be categorized into four technical levels of autonomy. Some experts believe that the crew members will not be replaced by artificial intelligence (AI). This article through literature

^{1*} 通訊作者，國立高雄科技大學航運技術系碩士、曾任商船大副，現服務於航港局南部航務中心；聯絡地址：80543 高雄市旗津區中洲三路 482 號；電話：07-2620592；E-mail: fl07182107@nkust.edu.tw。

review, internet information, and International Maritime Organization documents, and make reasonable predictions on the issue of manning on board in a practical direction. Now two-department configuration of ships will present a new type of three-team. Authorities should start thinking about the competency and corresponding training of national seafarers in the future. Although all parties point out that above technology will be stagnant for a long time after it enters degree two, and it is still unpredictable when it will be used on a large scale in the shipping industry, but it is not impossible to enter the degree three.

Keywords: Maritime Autonomous Surface Ships, Unmanned ship, Artificial Intelligence

壹、前言

國際海事組織(International Maritime Organization, IMO)定義之海上自主水面船(Maritime Autonomous Surface Ships, MASS)簡稱「自主船」,亦稱「無人船(Unmanned Ship)」,被劃分為四個發展階段,但此技術早已受到重視,且北歐與其他水域已有建出實體 MASS 船舶,投入客運與小量貨櫃海運服務,但目前尚未實際用於大規模海上運輸業務。

IMO 向來對海運界有重大變革之新議題,採漸進式新修正案或決議案方式推動,未來商船人力配置當如何。此技術持續發展,甚至會掀起最不願意去討論的潘朵拉盒子,「船員最終也將被人工智慧(AI)取代,成為夕陽產業。」。儘管有學者專家認為目前船上航海與輪機專業仍無法被取代,因為還有法令、可靠度、營運效能、

習慣性等需評估,何時達到廣為運用無人船海運階段,業界尚在觀望或協助研究階段。但只要能節省成本,未來就一定受到重視或有人願意嘗試,現行 MASS 在區域中使用的成果展現,沒有被大規模用於海運運輸業務中,均不能說它已正式成功。

本文以文獻回顧、網路資料蒐集、國際海事組織法規與文件研究等方式,考量目前公約、各國國情、海上實況、保全、安全、港口等原因,評斷 MASS 技術將先停滯在等級二階段,要很長的適應與過渡期,而目前我國航政主管機關在因應無人船發展上似乎尚未具備充足的預先準備,在 MASS 未來一定會成功為前提下,本研究特別針對船員配置部分提出想法與配套之建議,為海運先進技術發展後對本國籍船員未來就業之影響與變革做出倡議與建議。

貳、文獻回顧

2.1 無人船定義與發展等級界定

海事安全委員會 (Maritime Safety Committee, MSC)，自 2017 年在第 98 屆會議，由丹麥、挪威、日、韓、英、美等九國提議，開啟 IMO 自主船議題，針對未來此類船監管範圍進行界定，會議記錄 MSC/98/20/2 提出 MASS 正式定義為「可以包括具有不同自動化水平之船舶，從協助船員的部分自動化系統到能夠在不需要人工干預的情況下，承擔船舶運營的所有方面的完全自主系統。」。

MASS 發展階段之技術等級分類，國際上普遍兩種說法，差別在船上完全無人階段前之自動化程度認定不一致，較早為 2016 年 7 月英國勞氏船級社 (Lloyd's Register of Shipping, LR) 將自主船 (Autonomous ships) 在操作上分為七個級別，各為 AL0 手動航行、AL1 循跡航行、AL2 遙控自航、AL3 人員優先、AL4 系統優先、AL5 高度自駕、AL6 完全自駕。後續 IMO 考慮不同程度的船舶自主權，正式將 MASS 分為四個等級，各為：第一等級 (Degree One) 具有提供船員自動化流程和決策支持之船舶；第二等級 (Degree Two) 船上配有海員之遙控船；第三等級 (Degree Three) 船上沒有海員的遙控船；第四等級 (Degree Four) 完全自主之船舶。兩種論點

大同小異，彙整分類如下表 1，本文將以 IMO 定義之等級為主。

2.2 國際海事組織未來對 MASS 應對與做法

MSC 最早在 2017 年會議中討論 MASS 後，從概念發想到實體船舶造出施行測試，經歷定名與定義、自動化程度分級、監管範圍界定之施行 (Regulatory Scoping Exercise, RSE)、法律文件適用範圍、如何進行海上測試 (Sea Trail) 之過程，至 2020 年 MSC 第 102 屆會議，IMO 共花五年時間獲取來自各成員國有關 MASS 議題之各項試驗成果，也展現對 MASS 準備過程之謹慎與完善度。

MSC 續於 2021 年第 103 屆會議中，完成自主船 (MASS) 使用監管範圍界定活動之結果，邀請成員國就未來最佳方式提出建議，將 MASS 正式領入國際海運上之新興議題，以通函 MSC.1/Circ.1638 正式公布，內含資訊有：

1. 界定 MASS 適用範圍，並加以分析相關受影響及需修正之船舶相關公約，諸如：SOLAS 公約和依據 SOLAS 所附帶之各附錄與章程、認可組織 (Recognized Organizations, RO)、避碰規則 (COLREG)、載重線公約及 1988 年議定書、安全貨櫃公約 (Convention on Safe Containers, CSC)、STCW 公約

和規則、以及 STCW-F 公約、1979 年
搜尋與援救公約；噸位丈量公約
(Tonnage 1969)、IMO 準法律文件履約

章程(IMO Instruments Implementation
Code, III-Code)等。

表 1 MASS 技術之等級分類彙整表

IMO 定義與分級		LR 定義與分級			
等級	說明	等級		說明	自動化程度
Degree One	具有提供船員自動化流程和決策支持之船舶	AL0	手動駕駛	船上人員完全操控船舶	無
		AL1	循跡自航	船上人員決策，系統依令循跡航行	輔助
Degree Two	船上仍配有必要海員，可提供遠端遙控之船舶	AL2	遙控自航	遠端或船上人員決策，系統依令循跡航行	遙控&輔助
		AL3	人員優先	系統做出決策，由遠端或船上人員同意後執行	低度輔助自駕
		AL4	系統優先	系統做出決策後執行，遠端或船上保持監控，人員隨時可接管操控	高度輔助自駕
Degree Three	船上沒配置海員之遠端遙控船舶	AL5	高度自駕	系統自行做決策與執行，遠端人員僅監控系統運作是否正常，必要時才干涉	大部分時間保持自駕
Degree Four	AI 完全自主控制之船舶	AL6	完全自駕	系統決策與執行，無需人員存在	完全自駕

資料來源：IMO 網站、LR 網站、Covill et al. (2019)，經本文彙整與翻譯。

2. 商定國際統一之 MASS 定義、及澄清名詞「船長、船員或負責人 (Responsible Person)」之定義，特別在等級三遙控船和等級四完全自主船。

3. 其他關鍵問題，諸如：解決遠端控制站與中心之功能和操作要求、及遠端操作員可能被指定為海員、手動操作和船上駕駛臺警報相關之條約中，確定共同的潛在差距和議題、與人員行動相關之規

定(例如：消防、貨物積載、及繫固和維護)、值班、對搜救的影響、以及船上安全操作所需信息等細節。

最近 MSC 於 2022 年底召開第 106 會議，對發展 MASS 法定規範方面取得進一步進展，IMO 目標訂於 2025 年生效非強制性之該類型船舶專門章程(MASS Code)，預計 2028 年 1 月 1 日生效成為強制性國際標準。會中又對海事安全委員會(MSC)、法律委員會(Legal Committee, LEG)、簡化促進委員會(Facilitation Committee, FAL)三分委員會於 2022 年 9 月 7~9 日召開

MASS 聯合工作組(Joint Working Group, JWG)之第一次會議結果進行更新，JWG 被建立成為一個跨領域機制，以解決 MASS 船監管範圍界定中之常見問題，例如：MASS 船長及船員之角色、MASS 船長和船員之職責、MASS 船長與船員所需之能力、專用名詞「遠程操作員(remote operator)」和「遠程控制站/中心(remote control station/centre)」之界定與定義，後續將於 2023 年 4 月份進行第二次聯合工作組會議，有關 IMO 之 MSC 委員會應對 MASS 之積極做法，彙整如下表 2。

表 2 MSC 各年度會議對 MASS 船之議題與計畫簡要說明

屆次	開會日期	MASS 議題與計畫簡要說明
MSC 98	2017.Jun.7~16	1. MSC 將海上自主船問題列入其議程 2. 界定不同級別的自動化範圍，討論 MASS 之定義 3. 考量發生涉 MASS 事故時責任歸屬之法律問題
MSC 99	2018.May.16~25	1. 開始研究如何在 IMO 文書中解決安全、可靠和無害環境的自主船(MASS)操作問題 2. 批准監管 MASS 範圍界定之施行架構 3. 討論 MASS 依自主化程度分 4 等級 4. 第一步，範圍界定架構，將確定 IMO 文件中現行規定，評估適用或不適用具不同自主程度船和/或是否能排除於 MASS 操作
MSC 100	2018.Dec.3~7	1. 評估 IMO 文書以了解如何適用於具有不同自主權船舶之過程繼續進行 2. 批准 MASS 範圍界定之施行(RSE)架構與其方法 3. 確定將 MASS 自主化程度分 4 等級 4. 進行第二步，以分析和確定解決 MASS 操作之最合適方法，尤其考慮人為、技術和操作因素 5. MSC 負責 MASS 範圍界定活動中涵蓋之文書清單 6. 制定 MASS 船試驗指南
MSC 101	2019.Jun.5~14	1. 批准 MASS 試驗之臨時指南 MSC.1/Circ.1604 2. MASS 之船載或遠程操作員有應具備之適當資格 3. MSC 在範圍界定施行方面取得進展，研究如何在 IMO 文書中引入安全、可靠和無害環境的 MASS 操作

表 2 MSC 各年度會議對 MASS 船之議題與計畫簡要說明(續)

屆次	開會日期	MASS 議題與計畫簡要說明
MSC 102	2020.Nov.4~11	1. 對之前會議中對 MASS 在監管範圍之施行練習第二步相關成果或摘要之報告 2. 批准 STCW，規則第 A-I/1，將「電子技術官員(Electro-Technical Officer)」能力納入操作級定義之修正草案
MSC 103	2021.May.5~14	1. 批准 MSC.1/Circ.1638 通函 MASS 船監管範圍界定作業(RSE)已正式完成 2. 確保 IMO 之監管能跟上 MASS 技術發展步伐
MSC 104	2021.Oct.4~8	1. MASS 未來工作將開發基於此目標之硬體設備 2. 同意從 MSC.105 開始重新建立 MASS 工作組 3. 新產出工作之第一步，是確定最終路線圖
MSC 105	2022.Apr.20~29	1. 開發以 MASS 為目標之工具，以規範 MASS 之運行 2. 批准 MASS 路線圖
MSC 106	2022.Nov.2~11	1. 開始研析 MASS 之強制性/非強制性文書之範圍與框架 2. 開始編撰非強制性之 MASS Code 內容 3. 持續更新工作路線圖 4. 批准 MASS 聯合工作組(JWG)之工作計劃及未來之會議預定時間、議題
MSC 107	預定 2023 上半年	1. 持續編撰非強制性之 MASS Code 內容 2. 依據相關次委員會意見修正 MASS Code，並考量到其對於其他 IMO 文書之衝擊 3. 持續更新工作路線圖
MSC 108	預定 2024 上半年	內容同上
MSC 109	預定 2024 下半年	1. 完稿並採納非強制性之 MASS Code 2. 編撰強制性之 MASS Code
MSC 110	預定 2025 上半年	採納強制性之 MASS Code，並採納其他對應之公約修正案，以期於 2028 年 1 月 1 日生效。

資料來源：財團法人中國驗船中心(CR)及 IMO，Meeting Summaries and Schedule，經本文彙整。

IMO 對本議題的立場，是公正且不去特意阻擾的，還推出宣導短片、研討會，像貨櫃船大型化議題一樣，雖出現反向聲浪，IMO 也並沒有對此型船作出法規上實質限制，業界或會員國成員有需求、要研發，在各 IMO 會議中尊重各會員國的建言進行討論與協商，這也是 IMO 推動海事科技進步之展現，所以可假設 MASS 未

來一定會度過 Degree Two 進到 Degree Three 的最大陣痛期，最終到達完全由 AI 控制船舶、港口、貨物之所有海運業務的時代，總有一天人類在海運中的地位，將從主導變成輔助，甚至成為旁觀監控者、或完全退出，面對自己將被取代，或更尖銳的「淘汰」，該將如何調適？本議題會是一個在海運界持續發熱的重大議題，後

續若朝好的面向來評價 MASS 技術所帶來之影響與變革，是推動人類發展腳步永不停歇之動力。

2.3 現行研發成果回顧

MASS 各方面需求之研究或開發已在進行中，包括：遙控與自主導航、船舶監控、避碰系統；岸端配套之碼頭設施、導助航設施、供應鏈、靠泊繫纜、維修支持等等。北歐三國對於 MASS 研發向來非常積極推動，已成為此類議題主導者(林上閔、徐胤承，2020)，而在亞洲部分，由日本及南韓也是 2017 年最早倡議國之一亦參與此議題之研發；中國則是近年後起之秀積極投入 MASS 技術法規制定與研發；我國則是由國家中山科學研究院(National

Chung-Shan Institute of Science & Technology, NCSIST)參與 MASS 技術之努力，加入財團法人船舶暨海洋產業研發中心(Ship and Ocean Industries R&D Center, SOIC)之合作計畫，負責開發我國 MASS 三個關鍵技術中之「岸船遠端控制系統介面」項目、由船舶中心負責「船舶智慧操作系統」、工研院負責「岸船遠端通訊系統」，實體 MASS 船正式航行成果，則由高雄市輪船股份有限公司與 SOIC 合作研發之小型無人客船「愛河一號」，在 2022 年 11 月 9 日於高雄愛河以實體載客方式，完成智慧駕駛旅客遊港活動。

參閱相關網站資訊、民間公司、法人組織與政府機構資料後，舉例目前全球知名使用 MASS 技術之船舶，彙整如下表 3：

表 3 全球各國知名 MASS 船舶研發概要

年 份	研發者	船舶資料	簡要敘述
2017.6.20	英 國 Rolls-Royce & 丹麥 Svitzer	第一艘遙控拖船「Svitzer Hermod」，2016 年建造、船長 28 公尺、IMO 號碼 9788124、總噸 461。	依靠安裝在船上傳感器使用先進軟件結合不同數據傳輸，讓船長在 Svitzer 公司總部之船舶遠程操作中心(Remote Operating Centre, ROC)進行遠端操控。
2017.8.21	芬蘭 Wärtsilä	平臺船「高地酋長(Highland Chieftain)」，2013 年建造、船長 80 公尺、IMO 號碼 9639359、總噸 3,260。	使用 DP 系統之 Gulfmark Highland Chieftain 技術與操縱桿控制進行測試浪湧、搖擺和偏航控制，然後駕駛該船行駛幾英里返回阿伯丁。
2017.12.05	中國 CSSC & Sinotrans	散貨船「大智(Great Intelligence)」，IMO 號碼 9800623、長 179 公尺、寬 32 公尺、模深 15 公尺、總噸 38,800。	安裝「智慧船舶運行與維護系統(SOMS)」與高度智能化「航行學習控制系統」，實現智慧航行、機艙、能效管理等功能，可將原本值班配置 3 人降至 1 人。
2018.4	Wärtsilä & Dynamic Positioning Inc.	滾裝客船「福爾格豐(Folgefonn)」，1998 年建造、長 85 公尺、IMO 號碼 9172090、總噸 1,182。	結合自動靠泊系統(prototype auto-docking system)和無線充電(wireless charging)技術，於斯托德港之水域在船長監督下由系統進行操縱。

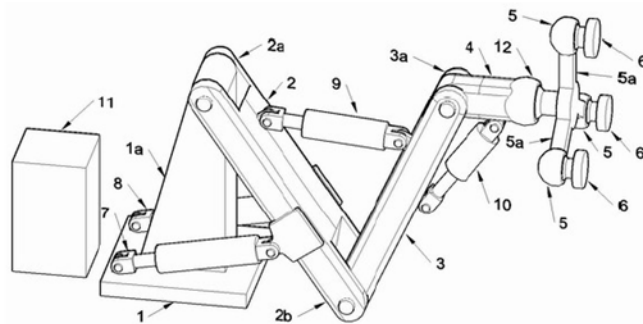
表 3 全球各國知名 MASS 船舶研發概要(續)

年 份	研發者	船舶資料	簡要敘述
2018.12.03	英 國 Rolls Royce & 芬 蘭 Finferries	第一艘完全自主汽車渡輪「Falco」,1993 年建造、船長 53.8 公尺、IMO 號碼 8685741、總噸 517。	在 Parainen 港和 Nauvo 港間航行,使用 Rolls-Royce Ship Intelligence 技術,成功實現回程在遙控下進行的系統自主航行。
2018.12.04	瑞士 ABB	渡輪「芬蘭堡 II 號 (Suomenlinna II)」。	改裝新式動態定位系統(ABB Ability™ Marine Pilot Control),由岸上控制中心進行遠端駕駛,證明當今技術可從任何地方對船舶進行人工監督。
2019.9	日 本 NYK & Japan Marine Science Inc.	汽車船「Iris Leader」,2015 年建造、IMO 號碼 9748019、總噸 70,826。	完成中國新沙至名古屋港、名古屋至橫濱,兩段航程之世界首次大型貨船自動航行試驗。
2019.12.15	珠海市政府、CCS、武漢理工大學、雲洲科技公司	貨船「筋斗雲 0 號」,船長 13.2 公尺、吃水 1 公尺、設計航速 8 節。	載運一只 20 呎貨櫃,從珠海東澳島啟航往港珠澳大橋,單向載貨自主航行測試,並將試航報告向 IMO 提交,該船技術等級已達定義之 Degree Three。
2020	挪 威 Yara & Kongsberg	「亞拉伯克蘭 (Yara Birkeland)」,IMO 號碼 9865049,總噸 3000、裝載量為 120 TEU。	世界第一艘自主及零排放全貨櫃船,每年省下 90%後續運營成本,2022 年投入波斯格倫港至布雷維克港間短程水域運營。
2021.11	南 韓 Samsung Heavy Industries & SK 電信& 木浦海洋大學	9,200 噸級教學實習船「世界路 (Segero)」。	透過船上 360 度全景式監控影像系統 (Around View)及 LTE/5G 技術等,使遠端岸基控制中心直接俯瞰船舶影像,對船實施遠端控制,完成韓國首次海上複雜環境 MASS 航行測試。
2022.4.22	上海佳豪船舶設計院&Navigation Brilliance& 中國水上運輸研究院 &大連海事大學	貨櫃船「智飛 (Zhi Fei)」,船長 117.15 公尺、寬 17.32 公尺、模深 9.9 公尺、裝載量為 310 TEU。	具人工、遠程遙控、無人自主三種駕駛模式,能夠實現航行環境智能感知、航線自主規劃、智能避碰、自動靠離泊和遠程遙控駕駛等功能,現安排於董家口港至青島港間短程國內航線營運。
2022.6.02	南韓 Avikus	LNG 船「Prism Courage」	使用 Avikus 研發「HiNAS 2.0」自主導航技術,從美國 Freeport 港出發通過巴拿馬運河後,開始跨太平洋之全程自主航行
2022.10.31	中國南方海洋實驗室	科考船「珠海雲 (Zhu Hai Yun)」,船長 88.5 公尺、寬 14 公尺、模深 6.1 公尺,最大航速 18 節。	完成耐波性、航行性能驗證、無人載具(包括無人機、無人船、無人潛具)施放與收回,以智慧操控進行自主航行。
2022.11.09	高雄市輪船公司 & SOIC	小型客船「愛河一號」。	以實體載客方式,由河畔國賓飯店開往愛河灣再返航,完成旅客遊港活動。

資料來源：各企業網站以及經本文彙整。

目前各國研發以專門進行 MASS 船舶與系統、及船上相應設備之研發為主，另有團隊與組織在 MASS 需給予之配套技術上，即岸端碼頭、繫泊、作業等進行研發，這也是 MASS 技術相應之未來商機，舉例有：大連理工大學周波等人於 2018 年 6 月 1 日向中國國家智慧財產權局提出「自動磁力繫泊裝置」之實用新型專利，該裝

置包括基座、控制箱、機械臂、液壓缸、球形接頭、電磁吸盤、位移感測器與三向力感測器，船舶貼上繫泊過程中由三向力感測器測量船舶所受橫、縱、垂向力之大小，經控制箱控制液壓缸調整機械臂位置從而抑制船舶運動幅度和速度，兩個系泊裝置形成一組，在船舶首尾各設一組，實現自動系泊，裝置示意如下圖 1。



資料來源：周波等人(2018)。

圖 1 「自動磁力繫泊裝置」專利圖

此新議題在國內、外學術界，正興起研究熱潮，針對船舶、港口、軟體系統、船員等議題均有涉獵，論點大多彙集於 MASS 之優點評價、發展趨勢分析、或同時探討可能之疑慮與待克服之細節，但對 MASS 真正進入等級三及等級四之未來，仍以彙整現行資料為主流，係因 MSC 委員會後續每年會議均持續商議本議題，在沒有國際統一規範及依據前提下，研究者多持公正與客觀之觀望立場，尚沒有大膽做出 MASS 在何時能取代海運現況之論

點，學術界多數認同現行 MASS 相關技術仍屬實驗階段，並已證明其可靠與可行性。

學界研究領域跨足船舶控制、造船、海事、交通、運輸、物流、航管、工程、機械、系統、電子、電機、人工智慧、測量等等非常廣泛，近年來發表於論文、期刊、研討會、研究計畫等成果不勝枚舉，各學術機構亦相繼成立無人載具之研發及設計中心，諸如：臺大無人載具研發設計中心、成大無人載具發展中心等，因此，顯示無人載具技術本就需跨領域合作，很

多領域均會涉獵本議題，共同為海運先進技術努力，對我國 MASS 將是一個非常良性的學術環境。

2.4 對無人船之質疑與困境探討

蔡絢麗等人(2019)指出無人船可用於改善船員不足、勞動環境、減少海難事故及提升作業效率等五大優點，但也有對船員使用新科技之電子技術官(Electronic Technical Officer, ETO)僱用及訓練；駭客入侵之保全疑慮；特殊水域仍須人力介入應變；對未裝 AIS 的小船避碰上有風險；自動化及通訊技術可靠性仍有疑義；因成本及效益，多項船上工作仍無法由機器人或遠端遙控完全取代；社會接受程度、船員就業及工會因素；岸上遠端操作員專業訓練，公約及各國內國法能否在十年內因應完成修正等之風險。

文獻提出儘管自主船舶技術在減少人為錯誤和顯著提升整體安全水平方面有預期之好處，但其發展無疑會帶來新的風險，研究發現 MASS 與有人駕駛船舶間之互動、及物體檢測對 MASS 操作整體風險最大、其次是網絡攻擊、人為錯誤和設備故障(Chang et al., 2021)。而 MASS 更廣泛應用將給航運業帶來巨大變革，對船員知識結構、人才培養等方面提出巨大挑戰，諸如：綜合駕駛臺系統、環境資訊感知、防撞路徑規劃、信息物理系統、航路控制、

物聯網、雲計算、大數據、自動化、遠程控制、衛星與通信、故障等，以及在 MASS 上之應用及診斷處理等之新技術挑戰(Deling et al., 2020)。

Coito (2021)彙整了自主船將在海洋法律與政策中，有新機遇及現有國際海洋秩序是否具備應對 MASS 作業之條件、此技術能否完全履行經驗豐富之海上值班員的職責、網絡攻擊的潛在破壞性影響、對 IMO 各項法定文件之改革等新問題之挑戰。另有文獻透過專家訪談蒐集數據、參與 IMO 工作之經驗、系統性文獻回顧法進行三角測量，對 MASS 進行整體評估，發現社會接受度、法令與政府管理之因素、及人力資本都被忽視，此技術發展需在未來研究和政策中仔細考慮(Fonseca et al., 2021)。Kim and Schröder-Hinrichs (2021)新技術對船東船舶運營和整個航運業之未來，預計將提高效率和可靠性、減少運營支出和溫室氣體排放，同時具有為安全與經濟效益做出貢獻之巨大潛力。新技術將逐漸減少船上之配員水平，最終致無人駕駛，向更大海上自主權過渡之法律與社會影響，可能比技術變革給航運業帶來更多挑戰(Kim et al., 2022)。

Liu et al. (2022)分析在現有發展基礎上，MASS 人機協同導航存在之關鍵理論與技術為：導航行為識別與風險評估、強化態勢感知、人機協同決策、人機協同導航、實驗平臺、人機協作導航之案例研究

等，其認為人機協同航行是 MASS 發展之重要突破關鍵，內陸和近海海域將成為檢驗的適宜航區。Miyoshi et al. (2022)收回來自 130 位引水人、船長、當值航行官員，關於對 MASS 操作之避碰規則公約 (COLREG) 之問卷，從海員的角度討論 MASS 技術下需對 COLREG 進行修訂。

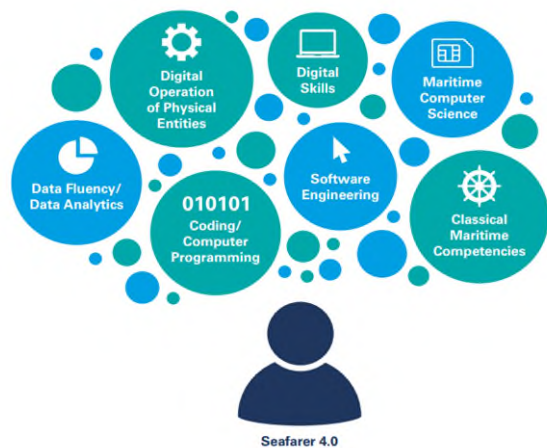
由此可見目前對 MASS 相關研究是正向、反向同時存在之論點，對 MASS 進行研究在期待它可行的同時，也提出發現了 MASS 不安全存在的各項風險、需克服之困難點、或進一步尚需追蹤研究求證等等學術貢獻。

2.5 對船員來源之海事院校教育之影響

海事教育中航海類科系將首先受到 MASS 船變革影響，輪機類科系在等級二中應該還可以沿用以往教學課程，但最好也可以思考也許等級三來臨前的變革，當然海事院校培養船員的堂課內容規劃是依據最新之航海人員訓練、發證及當值標準國際公約 (International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers, STCW) 及其 2010 年章程 (STCW CODE 2010) 中，對各職級船員適任性能力之要求，這個議題當然我國可以選擇從善如流，從事海事教育

工作組織或個人均可以做等待者，等候 STCW 修改完竣後，再來變革。

世界海事大學 (World Maritime University) 與運輸工人聯盟 (ITF) 合作研究，於 2019 年出版之 Transport 2040 「Autonomous ships: A new paradigm for Norwegian shipping - Technology and transformation」報告書指出，國際上已有相應「工業 4.0 (Industry 4.0)」² 而為航海人員之專業提出所謂「海員 4.0 (Seafarer 4.0)」之能力架構，未來海員適應 MASS 技術對應的知識技能有：數據分析、電腦程式、數位化操作、軟體工程、海事專用電腦科學、傳統海事技能(航海與輪機)，詳如圖 2。



資料來源：World Maritime University (2019)。

圖 2 Seafarer 4.0 與其所需相關對應能力

² 第四次工業革命，簡稱工業 4.0 (Industry 4.0) 主要是「智慧製造」為革命重點，採用智能機器和系統來自動

化和交換數據，甚至在沒人在場的情況下相互自主控制。

報告中對 MASS 技術所需在岸上遠端控制中心之操作人員或海員之能力提出有：海運業不同部門專業背景、具航海經驗、數位化系統技能、軟體工程之綜合能力，未來 MASS 船上海員必備能對軟體程序及數據流暢性有基本知識、及能操作數位控制系統之能力。

輪機人員也需面對與主機相關之任務正變得越來越數位化，需有人能處理數位化任務，可能“無法擰緊螺栓 able to tighten a bolt”，換句話說 MASS 船上之輪機部門人員，不能僅會執行傳統之單純機器及設備之保養修護能力，故有必要考慮在教育方面預期會發生哪些之變化。

在挪威部分海事教育機構，正與具有人工智慧(AI)技術、或數位化海事工程領域技術之大學合作，使海事類科含研究所之學生與教師能更與新式技術緊密連結，將新科技融入挪威海事教育中，但對未來海員之技能與能力該國專家持保留態度，該國教育工作者還在考慮「海事」專業是否需和「計算機科學」進行聯合化³。另外挪威也考慮到並提出師資方面的問題，即是在挪威，具航海專業知識之教授級別教師非常少，簡單說需博士學位海員，挪威希望師資要有足夠之海上實務經驗，再經取得博士學位之學術訓練後，深入研究新

式數位領域，才能投入海事大學 Seafarer 4.0 未來船員之教學工作。

Shahbakhsh et al. (2022)利用系統性文獻回顧，探討工業 4.0 和未來工業革命應用所產生之 MASS 技術對海員之多方影響，船上海員角色將發生變化，海員需參與從傳統航運往自主與智能航運之過渡時期，Seafarer 4.0 係海員應具備之數位化能力，透過數位技術實現無人駕駛和自主船舶管理，同時研究提出當下一代工業革命，即「工業 5.0 (Industry 5.0)」⁴來臨時，同時對海運業之影響將催生相應之海事 5.0、航運 5.0、海員 5.0、海事教育和訓練 5.0 (Maritime Education and Training 5.0, MET 5.0)。

Baum-Talmor and Kitada (2022)發現數位化與自動化，對海員個人在海運職涯中將產生潛在影響，包含技能與訓練、及未來從業之方向，而對於新式技術能力之提升很大程度在於海員自己本身之學習積極度，要讓海員繼續在配置高度數位化設備之先進船上工作，航運公司有責任增加對海員訓練之投資。

2.6 小結

³ 挪威教育體制之雙重許可(dual license)，即是我國之雙主修，意旨挪威未來航海或輪機科系學生必須同時學習「傳統航海技藝+電算機科技技術」或「傳統輪機技藝+電算機科技技術」。

⁴ 工業 5.0(Industry 5.0)主要強調人類與自主機器之間的協同工作，目標是讓人類帶來創造力和創新，讓機器人作為智能系統來執行所需的任務(Demir et al., 2019; Nahavandi, 2019)。

回顧文獻可知全球各地之發展現況，投入的先知者主要有：部分航商、主機製造業、造船業、研究機構、海事院校、拖船服務業、港口經營者、船級協會、電信通訊業、國家主管機關等，幾乎都是合作模式進行，顯見 MASS 技術的研發與推廣，是要海運相關利益者多方合作才能成功。

且 MASS 實船之進度也尚在單一固定水域、或港到港單一航線之開放水域中，以提供極少數與少量貨物、或人員運輸之營運模式，航行中系統決策上有測試到 AI 自行避讓之 Degree Four 階段、亦有測試到遠端控制之 Degree Three，但只要是非單一水域、或拖船之較大型船上，都還是有出資者、正規船員、系統及監控、測試人員配置在船，事實上在 MASS 正式定義中全球仍屬 Degree Two 階段。

這顯出 MASS 的兩個議題，首先是在「人」的部分，即是「船員」還沒有被取代，何時系統可以取代船員在船的功能時，應該就是海運完全進入以 MASS 為主流的時代，當然要強調一點，這時代的來臨還是可以接受非 MASS 之船舶的存在。因此，當船員不再需要一定在船上現場工作的模式被推廣、發展、或突破時，MASS 技術就會進展的非常神速，因為現有之系統運算、通訊與控制、資料蒐整與研判等決策技術已經存在，所以當 MASS 在進入等級二後發生長期停滯，若能突破則後面兩個等級都將不會是問題。但我們還是需要

船員，船員的訓練與培育還是存在，因為 MASS 的存在目前簡單來說，只是把船員的功能從船上現場移出，並沒有說船員會消失，這是政府機關、海事院校、船訓機構等相關負責教育與訓練者，要先了解之事實。

其次，對新技術有「自由選擇」的權利，IMO 法規還沒正式訂出、各國現有內國法也僅針對能讓 MASS 合法存在而設立，對現有海運生態並不造成影響，因此上述利益相關者當然可以採自由選擇之方式，來看待技術的研發及進展，因為 MASS 發展係為能實用而生，使用者付費本就天經地義，不成為先驅研發者即不須承擔成本、同儕競爭、技術專利、率先發表等風險，選擇安穩成為本議題的最末端使用者，等候 MASS 技術成熟再參與使用，也是一種較佳選擇，但如果是不得不參與的利益者，那就該開始準備了。

參、船員資格與配置之法定要求

3.1 現行 STCW 對各等級職務船員之適任能力要求

STCW公約在1978年採納，於1984年4月28日生效，之後數年間相關修正案分別通過，其中最大幅度修正為2010年之STCW馬尼拉修正案。該公約主要內容分

為兩部分，A部分，在公約附件中具體提及之強制性要求，詳細訂定了締約國需要維持之船員最低適任標準；B部分，為建議性質之指南，協助締約國以統一的標準，實施、應用或執行STCW公約。

船上現行分甲板與機艙兩部門，並分管理(Management)、操作(Operational)、助理(Support)等三個職務層級，在我國管理級與操作級稱甲級船員；助理級稱乙級船員，並在按船舶總噸(Gross Tonnage)多寡再分三個等級，對所有甲板部船員專業能

力要求有不同之強度；而依主機推進功率大小，對所有輪機部船員專業能力要求有不同之強度，船員適任能力共分為航海、貨物裝卸與積載、控制船舶作及船上人員管理、輪機、電機電子及控制工程、保養及維修、無線電通信，共計七種專長，STCW 公約及章程將上述船員適任性要求各有不同細節，以甲板部與輪機部以最高條件下之 A 部分強制性適任能力要求為例，如下表 4。

表 4 STCW Part-A 船員適任性之強制性要求所需專長

部門	等級	船上職務層級	專長能力需求	公約對應法源
甲板部	管理級	船長、大副	航海、貨物裝卸與積載、控制船舶操作及船上人員管理。	STCW Part. Table A-II/1 及 A-II/2
	操作級	資深船副、資淺船副	航海、貨物裝卸與積載、控制船舶操作及船上人員管理、無線電通信。	STCW 附表 A-II/1 及 A-IV/2
	助理級	水手長、木匠、水手、大廚	航海、控制船舶操作及船上人員管理、保養及維修。	STCW 附表 A-II/4 或 A-II/5
輪機部	管理級	輪機長、大管輪	輪機、電機電子及控制工程、保養及維修、控管船舶操作及船上人員管理	STCW 附表 A-III/2
	操作級	資深管輪、資淺管輪	輪機、電機電子及控制工程、保養及維修。	STCW 附表 A-III/1
	助理級	加油長、銅匠、機匠、電匠、加油	輪機、電機電子及控制工程、保養及維修、控管船舶操作及船上人員管理。	STCW 附表 A-III/4 或 A-III/5、A-III/6、A-III/7

資料來源：STCW 公約以及本文彙整。

3.2 船員適任性資格與訓練

依 STCW 公約與其章程，船員除上述等級、階級、部門之差別外，船員身分依據實際情況，又可分為初任船員、定期複訓、因公約更動之補差訓練、曾經是船員

但超過時間為就業，要返回船上則需重新生效者等四種情況，取得適任性各別又有不同條件。

若一般非民眾就是未來之初任船員者，想加入這個行業，以甲級船員為例，需先取得基本專門船上服務科系之學歷，在學校期間接受STCW要求之專業能力需求課程上之學分修讀，且大多為必修課程，畢業後取得海員手冊，具備專業基礎知識，或以其他資格條件⁵，獲得交通部舉辦之航海人員測驗應試資格，通過測試將取得合格證明，視力與體格符合STCW公約A-I/9健康標準，再經船上擔任實習生一職進行業界現場實習，船副部份需滿足達12個月海勤資歷、管輪部分需達6個月，在此實習期間內完成船上晉升訓練紀錄簿(Training Record Book)內所述要求，並經該船現職官員進行簽名確認後，船員視自身所需職務與服務船舶等級，再搭配依STCW所要求一日或數日不等之各項專門類別熟悉訓練，取得完成訓練以證明適任性之文件，諸如：基本安全、進階滅火、駕駛臺資源管理、保全意識、醫療急救…等等⁶，各類「船員專業訓練合格證書」(俗稱：小證)，要搭配完成各類小證訓練，才可向航政主管機關申請核發個人之「適任

證書(Certificate of Competency, COC)」(俗稱：大證)、後續換發高一等級大證、原證效期到期續發、要恢復船員身分返回海上工作者之重新生效等等，我國均有一套完善之程序與規劃⁷並符合STCW公約要求。

明顯地船員之七種專長及各項訓練中，還沒有對各級職船員欲服務於MASS船舶訂出適任性標準，因為在Degree Two後船上留下誰都尚未確定，更別提人力配置議題要如何進入Degree Three。但MASS Code章程於預定期程2025年產出後，過渡到2028年成為強制性標準，STCW亦會進行類似馬尼拉修正案之大幅度更新，是增加訓練量、或改變刪除原定內容改新項目取代，尚無可知，但傳統商船各級職船員之適任資格與訓練應不會被取消，以應對尚存之大量非先進技術船舶。

3.3 我國船員養成過程與其專責機構

我國非IMO成員國及STCW公約簽約國，但積極配合國際相關海事法令，故本國籍船員所受訓練與教育絕對符合國際標準，課程內容也均依循STCW公約要求進行安排。合格船員之養成主要先由海事院校航、輪兩系完成基礎知識上的傳受，

⁵ 可參考航港局網站「航海人員測驗應測資格表」，<https://www.motcmpb.gov.tw/Information/Detail/c4a74bcfe1d7-4f10-bf31-13d9d38c5c77?SiteId=1&NodeId=351>。

⁶ 詳細內容請參考「船員訓練檢覈及申請核發證書辦法」之附件「各職級船員依STCW公約2010年修正案應受專業訓練項目」，全國法規資料庫，

<https://law.moj.gov.tw/LawClass/Law-All.aspx?pcode=K0070059>。

⁷ 詳細內容可參考「船員訓練檢覈及申請核發證書辦法」、「船員適任證書申請書」以及交通部航港局網站，有詳細說明。

其校內課程安排均符合並包含STCW之最高等級(First Class)要求，學校主要以培育甲級船員為主，偶爾會有乙級船員培訓專班，大學院校等級者均設置有專門之船員訓練中心，並通過航政主管機關之稽核及定期查驗，確保滿足公約要求與彰顯公信力；另有專門船員訓練機構提供甲乙級船員相關訓練，及其他航運公司所設民營船員訓練中心，除公司內部訓練外亦有提供少量種類之船員訓練；亦有航運公司與學校合作雙贏模式，由學校提供場地與部分師資，航運公司提供業師與設備，除訓練內部船員及學生外，空餘時間也能提供部分專門類別之船員專業訓練。

船員基礎知識課程部分以基隆之海洋大學及高雄科技大學為例，兩校均有完善航、輪系所、船員訓練機構、獨立招生之特定職務之船員訓練專班，可以提供學生從就學到就業成為正式各級職船員之完整培育，兩校大學部之課程內容也均包含STCW公約之各項適任性要求，鍾添泉、余坤東(2010)結合IMO典範課程(Model course) 7.03對操作級甲板部建議之授課時數，比對我國兩校航海三系授課課程，以STCW95及其章程對各級職甲級船員「航海專長」為研究目標，發現我國航海高等教育兩校航海專業必修課程授課科目與章程規範雖相符，但課程授課時數有明顯之縮減，建議仍應滿足操作級船副專業規範必修學分後，再佐以管理級課程。

針對MASS技術所衍生之知識傳授，以現階段有航、輪系所之海事大學均沒有相關對應課程，各學制修習之諸如：電腦概論、船舶自動控制系統、航海程式設計、程式語言、現代航海系統、網際網路等課程，應是無法達到能處理MASS船載系統維修、駭客入侵抵抗、系統復原等之軟體工程師程度，當然此能力也不是航、輪科系培養的方向。

因此在未來Degree Two後進入Degree Three過渡期，船上仍保有部分航、輪人力，他們應該還是接受傳統海事教育為主，採漸進式增加針對MASS技術所生之基礎課程學分，將MASS船上系統維運與資安防護工作，除初始設計盡量有雙套系統、備援系統機智、資安防護外，實際MASS營運時軟體系統部分，仍交由具專業水平之軟體工程師較為穩妥，船員僅輔助支援、或遠端聽從工程師指示進行故障排除、或在系統失靈時及時能予以人工接手等，如此規劃可消除船旗國主管機關、使用者航商、提供服務之港口國對MASS船之不安疑慮，將更快能被接受。

我國非IMO成員國身分則對MASS船員議題，最佳方案現階段當然還是以持續關注為佳，後續航政主管機關、大專院校及船員訓練單位，最好能順利接軌配合MASS Code、STCW、Model Course更新，近年內可能要開始有規劃動作，可以挪威為學習借鏡反觀我國，屆時海事院校航、

輪系所及所屬船員訓練機構師資，是否具有電子、系統、資工、資訊、AI控制跨領域的能力，現有師資可以直接教學，還是提前設想聘用上述領域的教師，應占比例多少；還是鼓勵師資跨領域學習、系所合併、聯合開課、需具雙學位等等，未來有待教育機構持續關注及思考。

3.4 商船船員標準配置與再精簡思考

每艘商船船員的最低人力配置是考量正常作業情況下諸如：航行輪值三班、錨泊班輪值、貨物看照、例行性保養、主輔機運行保障、油水、伙食、零配件、物料後勤補給、清潔整理、一般性行政工作等能正常完成航次之安全運行，偶發之較大事件可以撐到靠岸後再行安排支援維修；及異常情況下船上能保有處理危機之自救能力之人力，諸如：火災發生時能至少提供兩股消防皮龍(一股需三位船員)、棄船時能分兩組施放兩舷救生艇筏、舵機失靈時能有人在駕駛臺與後舵房間進行溝通合作施作等。

MASS就是定要最大限度無人化，如前文所述，何時系統可取代船員在船之功之前，現行船上最低人員安全配額勢必被挑戰，因MASS最終目標為AI控制，則依序要評估：(1)哪些業務能夠完全轉移到岸端、碼頭端處理的；(2)哪些一定有人在現場處理的，最終可能發展成船舶就僅是

一個載具而已；(3)應急處理的最底限人力與其能力之可行性。

船上現場人的工作可能是簡單的、例行性的、但又不得不為之工作，放少量人員能達成效果，可能比花巨資研究之全AI控制更有經濟效率，除非科技進步到AI機器人能完全取代，當然這將是很可怕的未來，但是科技的持續進步，岸端支援比重越來越高，MASS未來進入Degree Two後，將建置遠端操控模式，且隨時間發展漸漸完竣及習慣，船上勞力性工作為主的職務最可能優先被汰除，船上留下誰？或用什麼替代方式、或兼職、或反可能出現新的船上工作契機，尚待研究與思考，但大原則是只會將現行船上之船員人數再向下修，因此本文考量船上現行實務工作，回顧文獻已被發展中之技術，並假設繫泊、引水人領航、港口交通管制、貨物裝卸工作等能被移交給碼頭及岸端處理情況下，以國際線船為例推測現行船員人數約削減一半左右，「人越來越少」必成定局，否則不會有人去討論及發展MASS。

肆、MASS 等級二後對船員配置之適當性探討

4.1 國際標準必須首先確立STCW的修改

目前趨勢看來各研發 MASS 之團體都在等候 IMO 訂出 MASS Code 及相應之決議案，作為後續實驗階段朝大規模投入商用之可行性研發依據，船舶沒有章法何來後續人員之適用性，若沒有 STCW 的國際公認一致性標準，則各會員國無法相應內國法化，MASS 就算被業界引入後也無法正式投入營運，因為沒有船員或岸上遠端操控員(remote operator)，同時國家間不一定都會接受船舶使用 MASS 技術進出港口，並不是不願意配合 IMO 法令或故意排斥 MASS，有可能是岸上建置、控制權之轉換、港口靠泊、後續貨物作業、後勤支援、應急機制等配套措施尚未完竣，無法提供 MASS 安全營運環境、或依法無據而不知所措、或根本不是海運與科技強國，無法提供服務，這些都是後續各國要配合 IMO 與支持 MASS 的努力願景。

如同已通過公布之通函 MSC.1/Circ.1638 MASS船監管框架，一切都應起始於國際標準須首先確立，故MSC委員會與JWG聯合工作組，乘載著所有關心此議題會員國、IMO、業界、學界、訓練機構之期盼，拿出未來可以讓大家都滿意之一體適用標準，可謂責任重大。

4.2 國內相關法令鬆綁與修正配合

我國針對船員之管理、資格、服務、

配員及訓練等議題的母法「船員法」及其「施行細則」中延伸相關，諸如：船員服務規則、船員檢覈及發證標準、航行船舶船員最低安全配置標準、船員訓練專業機構管理規則等子法，在若不新訂法令情況下，未來MASS船進入Degree Two後本國籍船員欲在MASS船上服務時，勢必應考量內國法規之健全、相應之鬆綁、修正或增補，彙整相關我國船員之所有內國法需鬆綁或修正建議方向，詳如下表5。

而各職級船員訓練，屬航政主管機關航港局中船員組業務，實際執行委託各海事院校與船訓中心，但針對新式MASS船之船員訓練內容與適任性標準為何必須先予以明文規定在「船員檢覈及發證標準」中，學校與船訓機構才能相應進行課程之更新安排。當然單就船員適任性標準，我國可跟著IMO走即可，我國非會員國之弱勢立場一直沒變，當然可以後知後覺，且由於亞洲沿岸、臺灣海峽水域的複雜性，MASS船大規模進入此水域營運之情況，理論上應遲於歐洲、或公海水域這也是我國面對MASS船之優勢。

但當STCW公約修正或IMO新決議案採納時，我國急需更新修正，然國內修、立法之時效常令人堪慮，專業人才、人力等亦是問題，勢必可能再次造成當年STCW78要過度到STCW95的疑慮，數千名臺籍船員的就業權益將落在航港局身上，未來必須審慎思考對應MASS船之船

員適任性方案。

表 5 我國船員相關內國法規配合 MASS 未來之鬆綁或修正建議

排序	法規名稱	條款	建議方向
1	船員服務規則	第 5 條實習生資格、第三章第二節船長職責部分、第 33 條艙面部門海員、第 41、46-1、46-2 條輪機部門海員、第四章僱用及管理、第 66 條服務經歷證明、第五章 獎懲部分	1. 增加 MASS 船實習生或遠程操作中心(ROC)實習生資格 2. 需定義 MASS 船長是否仍要在船 3. 增加及定義 ROC 中的操控者 4. 鬆綁 MASS 船上配置工程師資格 5. 鬆綁公司雇用 ROC 中控制者要求 6. 評估後鬆綁在 ROC 中遠端操控者是否具海勤經歷、及折減計算方式 7. 增加定義 ROC 遠端應受本法處分
2	船員檢覈及發證標準	第 2 條、第 3~13 條各等級船員分類、第 16 條各職級船員應受專業訓練項目、第 17 條岸上晉升訓練、第 25 條航海人員測驗科目、第 42~46 條各類船員申請核發適任證書、第 54 條海事相關工作經歷	1. 評估與確認 MASS 船員與 ROC 人員是否均為船員 2. 增加 MASS 船員等級分類 3. 配合 STCW 及 MASS Code 修正 4. 鬆綁 ROC 資歷與訓練等同效果、或折減計算方式 5. 評估增加 MASS 相關學科筆試 6. 修改針對 MASS 船員證書適任之方式(加註、或新發另一張) 7. 鬆綁 ROC 控制者具同等經歷
3	航行船舶船員最低安全配置標準	第 2 條、第 3 條、第 4 條申請 MASS 船員最低安全配額、第 6 條船上部門	1. 增加 MASS 船定義與歸類 2. 鬆綁並制定新 MASS 船最低配額船員人數、及協調驗船機構發證 3. 鬆綁並增加 MASS 船岸上 ROC 人員部門
4	船員訓練專業機構管理規則	第 2 條專業機構應具備資格、第 6 條專業機構相關文書送報備查、第 10 條各項訓練施訓要件、第 11 條訓練品質監督	1. 訂定及評估如何認證專業機構具能施行 MASS 訓練資格 2. 增加主管機關如何評估訓練機構之課程、師資、設備等行政事宜 3. 評估與鬆綁 MASS 訓練場地、設備及設施之合格標準 4. 增加評估 MASS 專業訓練之監督 5. 增修如何協助訓練專業機構取得國際認同

資料來源：全國法規資料庫及本文彙整。

4.3 未來 MASS Degree Two 後實際商船的理想推測

等級二之 MASS 原則上在硬體、軟體配置上，將同時預備隨時能進入等級三情況，若以一艘雙塔型巨型貨櫃船(Ultra Large Container Ship, ULCS)為例，駕駛臺的位置將不存在，取而代之是系統監控室，但住艙的設置應仍然存在，且在最高處設有接受控制信號之通訊天線塔，正式名稱可訂為指揮塔(Command Tower)，裝設有雙套環景 360 度全方位中、遠程整合感測裝置，能感測雷達回跡、AIS、氣象資訊、影像、聲音等一切現場資訊，回傳給遠端控制室內的當值人員。

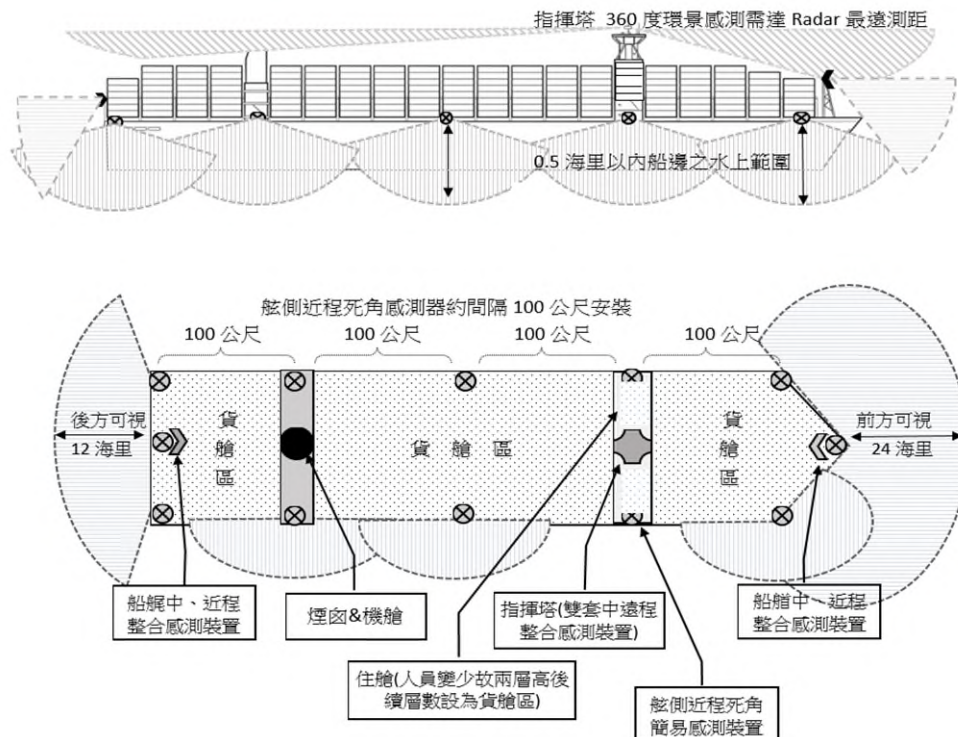
船艏前桅則安裝中、近程整合感測裝置，功能與指揮塔上整合感測裝置一樣，但僅負責符合避碰規則(COLREGs)，自艏中心線起向左右延伸至正橫後各 22.5 度範圍之現場資訊蒐集與回傳。船艉需於艉甲板(Poop Deck)處加裝一樣之中、近程整合感測裝置，負責蒐集、監看並回傳船舶後方，符合 COLREGs 範圍之現場資訊。

住艙左右舷 B-Deck 用以安放兩舷救生艇，C-Deck 起則開放用於一般貨櫃之裝載，機艙部分原則不變，兩舷側主甲板走道第一層貨櫃下方則每間隔 100 公尺安裝一具簡易型的舷側近程死角感測器，性能僅需能觀察到船舷側數百公尺內之近距

離目標，可採類似攝影機(CCTV)方式，能蒐集到水面影像與聲音即可，但每具死角感測器可觀測範圍必須確實能交替重疊，確保監視死角不存在為基本原則。

該類 ULCS MASS 未來構造配置想像，將如下圖 3，此構想啟發自中研院規劃之「自駕船避撞系統」(黃至德等人，2019)，但本文將其考量進船舶需大規模商用化、船舶大型化及實務航海人員經驗。

岸端則由船舶所有人之公司負責設有多處或一處之 MASS 船舶控制中心(Owner Control Center, OCC)，由專門適任之人員負責 MASS 船 24 小時全天候之航行、錨泊、碼頭保全、控制權切換等遠端控制之當值(Duty)業務，一樣可規劃為每天三班之固定輪班制，同時公司應安排足夠當值人力、與替代當值人員、並可安排數名資深住埠船長擔任輪班總監，視 MASS 船隊投放營運情況一人可督導少量複數船舶。此設定方式，解決了法律上待釐清的問題，因為是由 OCC 在實際操控 MASS 船，故由 Owner 負起對 MASS 船在實際現場之所有過失行為之法律責任，同時又有一大優點，當一艘 MASS 船當值員突發身體不適、或路上遇塞車，無法順利接班當值時，前一班不用過勞，總監可以先予替代值班當值，比起船在海上的困境，控制中心 OCC 是在岸上相較是非常容易找到具適任性之接替人員。



資料來源：構想啟發來自中研院，底圖來自 Shutterstock, Inc.，其餘由本文自行繪製。

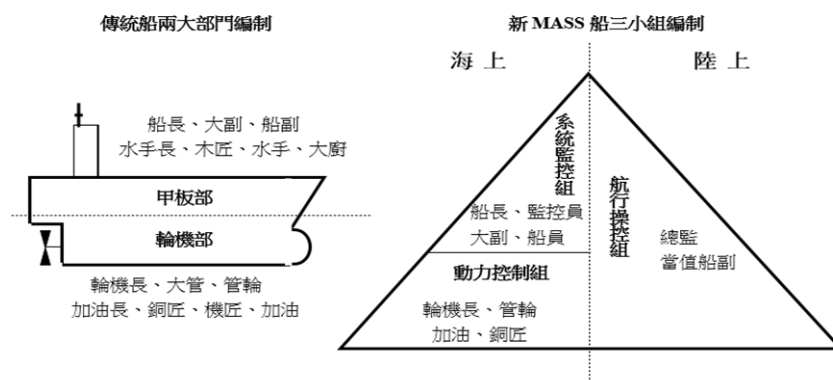
圖 3 模擬未來 MASS Degree Two 雙塔式巨型貨櫃船(ULCS)

4.4 未來 MASS 船上人力配置

傳統的船員跑船是在船上服務，操作一艘船，跟著船在全球海域與港口間跑動，MASS技術進入等級二後，船員變成了有不同的選擇。船上的人力配置會大幅度再精簡，傳統配置中主要分甲板部(Deck Department) 及 機艙部 (Engine Department)，各有複數之管理級、操作級、助理級船員組成，一船編制目前約16~20人，而正式進入MASS等級二後至等級三間之過渡期，所考慮的是船上要留下誰？

誰要消失或被移出？誰要在岸上支援 MASS海上之運作？

本文考量船上為確保系統運作、機械電子設備可靠持續運轉、無法完全轉移港口碼頭端處理之貨物作業、及一般後勤事務等實務情況後，大膽假設大規模運輸用 MASS Degree Two船仍會配置相應之船員，但船上編制則應縮減為10人左右，未來將改分為系統監視組、動力控制組、航行操控組三小部門，未採用等級二船舶傳統編制與未來等級二之船岸編制比較，如圖4。



資料來源：本文自行繪製。

圖 4 未來 MASS 船與傳統船編制比較圖

其中航行操控組為岸上編制，即是將原先航行當值船副(Officer of the Watch, OOW)移往岸上由公司設置遠端控制室執行，每船配置3人，以如同船上當值方式分三班制，每4小時換班，並由每3~4條船中再安排1名資深人員擔任總監，同時可擔任公司保全員(Company Security Officer, CSO)及駐埠船長(Port Captain or Port In-Charge)。

動力控制組主要為原本輪機部成員擔任，共需6人，配置於船上，可分為三組，每組由1名甲級船員(其中1人為輪機長)配1名乙級船員，工作內容大致與原傳統業務相仿，但不再以甲板、機艙進行分類，工作內容甲板與機艙都要涵蓋，執行一般性保養、潤滑、清潔、更換配件、警報排除、中小型自修、巡視檢查等，但大型業務則需相應的岸上工班在靠港、錨地或進塢時，採登輪支援方式進行。

系統監控組配置於船上，大約5人，含1人擔任船長職務，其中2人為純系統監督員，類似公司之IT工程師，分兩班制，6小時換班，控制臺即安裝於該2員房間內，就是在房間當班，監控系統與警報，不實際參與航行避碰工作，但須能在當值期間與航行控制組保持隨時能通聯，受航行操控組命令必須保證船舶隨時受岸上控制，能即時排除系統問題、防止駭客、必要時受岸上操控組命令能短暫接管船舶，進行現場控制之業務；另3人中由1人擔任船長，航行中船長主要擔任監控組備援人力，不需當值，在需短暫現場接管船舶時，能安全執行航行與避讓工作，並領導全船；另2人中，配置1人擔任貨物作業大副，主要負責與碼頭端接洽、審裝貨圖>Loading Plan)、調整非平衡用壓艙水、最後完貨之巡查等裝卸業務、航行中特殊貨物看照、另1人為協助大副之後勤支援，主要協助

大副碼頭裝卸業務、加淡水、補給伙食物料、梯口管制自動化失靈時再進行處置、航行貨物看照、並兼任廚房之食物庫房管理業務；船長碼頭裝卸時則亦須出來協助另外2人，碼頭裝卸期間完成某項既定業務後，即可自行休息，不需於特定貨物控制室或梯口處當值。三小組編制人員及數量、工作內容及性質，彙整如表6。

表 6 MASS 新三小組人力編制與工作性質說明

	職稱與編制	工作部位	工作內容	備 註
航行操控組	當值船副 x3	岸上控制室	航行當值、避碰、航路規劃、操船。	負擔當值法律責任，注意休息時數、酒精控制等。
	總監 x1	岸上控制室	監督與應變。	可不參與當值，但必須能隨時加入團隊。
系統監控組	監控員 x2	船上個人房間	駐守其中一套控制系統，備用系統、應急系統按時測試、檢查，確保所有設備能受航行操控組控制，防止駭客、現場警報排除、與岸上保持聯繫、系統與軟體修復、動力控制組以外之設備故障排除。	不需一直停留房間控制臺螢幕前，可以攜帶遙控器方式離開房間，仍應執行就系統電子設備之巡查與測試。
	船長 x1	全船	接待外賓、擔任監控員備援現場短暫接管航行業務、領導大副與船員配合檢查、碼頭業務、求生滅火等應急程序執行、證書管理與船務行政業務。	法定上指揮全船；碼頭裝卸時必須協助大副。
	大副 x1	甲板	審查裝卸貨圖、碼頭裝卸業務中無法由岸上處理之業務，航行中特殊貨物看照、船務行政業務。	碼頭時必須適時協助船員。
	船員 x1	甲板	加水、補給伙食、插拔冷凍櫃、啟航前貨物巡視、梯口遇問題時再行處置、航行中與大副錯開時間特殊貨物看照、平日清潔保養。	配合大副；兼任伙食補給與分配業務。
動力控制組	輪機長 x1 管輪 x2 船員 x3	機艙&甲板	傳統之例行性保養、維修、潤滑、檢查、更新配件、小修等工作；不執行大型修理工作，改由岸上工班登輪支援；不含系統監控組之電腦或軟體故障排除。	碼頭補給業務之加油、配件、物料等後勤工作；裝卸時船員分 1 人支援大副碼頭工作。

資料來源：本文彙整。

以三小組配置後之優勢，因遠端控制中心(OCC)可於適當處設置，未來隨科技發展，系統必更加健全，甚至可多處設置OCC，將同時解決傳統海員除考取引水人、當任公司駐埠船長一職外，終身需離家背景的痛苦，船員將樂於從業。

4.5 MASS 船員專業需求及適任性之變革

現職船員要轉換至等級二MASS上服務、或重新培養一批專門針對MASS之新船員，現行STCW規定之各級職船員適任性資格與訓練是不足的，MASS船員未來面對的將是不在現場的操控船舶，所有一切目視、聲音、光亮、溝通、風浪海況等，五官感覺均等同消失，取而代之的是螢幕傳來之監視畫面、大量的數據，現役海員能否接受則是問題，所有船副等級以上船員幾乎都有模擬機訓練經驗，但距離感、對海氣象的身體感覺、視差、光亮的敏感度等，屬於人的感受，不是現存之傳統駕駛臺模擬機能重建或提供的。

短期考量最好方法是自原有訓練中，增加證書專門訓練較穩妥、沖擊小、又快速，若未來MASS是採本文假設之配員方式運行，則還是有能航行當值的船長可以接管，甚至加配一名船副，就可以符合MLC公約要求之休息時數，放洋航行或交通流較少之航行多數時間可由遠端控制，

進出港或交通情況較危機時可先由船員接手，故以確保安全為考量，各港口國、船期國、沿岸國將較能接受，業界航商嘗試MASS技術意願也較高，畢竟船上還是有人在，此類MASS船舶只是具備無人控制之技術，可使用，也可隨時配合港口國或旗國要求在某些水域改為人工操控。

長遠來看必須由學校教育中進行扎根，因為主要是進入等級二後過渡期雖然很長，但要考慮到將為進入等級三做準備，等級三MASS是船員完全在遠端控制之情況，學校課程則應增加新學門、或調整學分、或刪減傳統技藝，如何取捨，教育工作者是否認同，勢必也有一段路要走，未來充滿挑戰及可能。

然而MASS需要何種專業能力，依目前文獻與IMO所做之研討，傳統STCW船員之7種專長，沒有涵蓋MASS所需之遠端操控者數位化、電腦程式、軟體工程、數據分析等能力；與現場船上系統維運、防止駭客攻擊、系統軟體修復或應變之能力。雖然對遠端操控者而言，因在岸上所以可直接、快速地由專業軟體(Information Technology, IT)工程師進行支援，通常具規模之公司為防駭客、確保正常運行，本就建置有資訊系統部門，OCC僅需建置完好雙套與應急系統，操作過程中出現異常可以立即切換，幾乎可以忽略系統上的故障問題。因此只剩船上系統確保問題，本文提出想法是將IT工程師直接1~2位配置

在船上，故是否在進入等級二後的停滯期，此問題根本不需太過於擔心，從而影響MASS之發展、或業界合作之意願。

現行船舶大部分時間採自動舵循跡航行，船舶按預定航路行駛，當值船副負責瞭望、定位、避碰、修正航向使船位保持原訂航路上等工作，機艙早已無人當值，遇到警報信號響起時，再至機艙現場處理，大多數都是系統監控下之自動保護機制所觸發的警報，諸如：某設備溫度過高、過低、壓力過高或過低、電流電壓等等。所以人的存在價值要假設如何由岸上遠端人員進行替代，目前看來輪機部門應該在此階段中無法被取代，航海部門會是MASS技術下的改革重點，若以現有並執行多年的訓練用駕駛臺模擬機來延伸發展，將是船員轉換MASS專業訓練中最好的選擇，只需考量如何將視覺、聽覺等人類五感，透過模擬機擬真重現，配合已存在之虛擬現實(Virtual Reality, VR)、擴增實境(Augmented Reality, AR)技術，對船副進行遠端控制員訓練與適任性發證評估將不再是難題，故研發新式「MASS遠端控制室模擬機」進行訓練應是為來訓練機構發展的目標(Heffner and Rødseth, 2019)。

Baum-Talmor and Kitada (2022)指出MASS船技術引入海運後，會影響到船員個人從業之經歷軌跡，換句話說在很長的等級二進入等級三過渡期中，船員會有選擇要不要在MASS船上服務，若船員沒有

要在MASS服務、或使用營運、或國家港口不接受MASS，當然對未來教育訓練之規劃就可照舊，僅需增加選修學分或特殊證書專業訓練，學生及船員有意願或需求時再來參與即可，但長遠來看較不適當，船員會喪失就業主動與優先權，尤其我國一些大航商，國輪占其船隊比例其實極低，屆時現成船突然改裝先進設備開始採用MASS技術時，我國恐陷無足夠之適任MASS船員可用之困境。

伍、結論與建議

各界均在等待MASS Code正式公布與納入SOLAS、STCW公約、與相應之船員Model Course進行更新，本文完成於2023年初，對2025年來說屬未來式，希望對無法參與IMO事務的我國，能達成先知的預測及倡議各界可以開始準備。

MASS進入Degree Two後要完全再進入到Degree Three的過程，將面臨一個冗長的停滯期，所受到的衝擊與不信任之挑戰將最為劇烈，此過程海上將呈現一場大亂鬥時代，船舶未來在海上航行，會碰到與MASS技術一點關係都沒有的漁船、有適合安排MASS之固定港口間短程航線之MASS客貨船、有遠洋航線之MASS、巨型化MASS、同時並存各型非MASS之傳統船，各項風險控管與對新船種的適應，全球海運業將慢慢等待衝擊之來臨。

為此，有人視而不見，當然他本就可以如此旁觀此先進技術；有人先知先覺投入研發與合作，積極參與以取得時代背景下之利益；亦有人不得不涉入MASS議題，被迫成為先驅者之一而傷透腦筋；但多數人採取觀望心態，不積極也不排斥，而海運業者以試試看之保守經營策略，享受研發成果應是目前較佳之選擇。

MASS要真正被完全運用於大規模海運運輸業務，現階段仍時機未到，它是否有一天真的能取代我們的工作，有好、也有壞。好的是我們海員不用再次離鄉背井的工作，但壞的缺點是「我們還有價值嗎？」，前人所創立的百年技術成果將被摒棄。我們控制了海運環節中的船、人、港、貨時，就確定人定勝天？我們控制了天氣嗎，答案是顯見的，只能預測尚不能控制，那麼MASS大規模投入海運運輸後，風險評估是否能完全被所有相關利益者所承受等問題，還有待未來IMO、各國、學術機構、業界持續關注及合作，這也是本文大膽評論Degree Two後將長期停滯之依據。

我國對MASS技術未來該如何，現在政府組織積極參與及各界相互合作，後續利益者、法人組織、教育機構、畢業學生、待轉業船員、學者等，產、官、學各界應均能受惠，但航政主管機關勢必遲早會面臨到國籍船員要不要在MASS上服務的議題，為了讓國籍船員能在MASS上服務，增

加就業競爭力，我國政府要如何取得國際認可之MASS各級職船員之適任證明，避免船員這區塊被排除在國際海運外，航港局勢要有所準備，其餘與海運業、船舶、船員有關之企業、組織、機構均需做出貢獻或協助，才能達成將我國海員順利接軌世界舞臺之共好目標，文末提出以下幾點建議：

1. 航政主管機關、大專院校及船員訓練機構，可參考本文所提新三小組構想，進行做評估與內部討論，以規劃因應為MASS先進技術之船員訓練草案。
2. 航政主管機關對IMO對MASS議題之新進度，持續辦理研討會或座談會，向專業人士或業界詢問看法，以吸收實務經驗，作為未來正確政令規劃參考。
3. 航政主管機關應先預做準備，開始培養內部人才，並與驗船中心保持合作，評估是否要另設專門小組負責，以預備未來船員符合IMO更新公約之事宜。
4. 大專院校持續進行研究，發表公布其成果以提供各需求者參考；課程之調整部分，刪減傳統學分數或改增加特定新課程方式，如何取捨有待討論與後續研究。
5. 船員訓練機構需配合接軌航港局新式法規要求，相應設備與師資要能無縫接軌，故未來亦須關注此議題，數年後新

設備及經費等可預為準備，一種全新的 MASS 模擬機可能必需建置，故要有種子教官師資培訓之安排。

6. 任何民間組織可持續研究與進行合作，若可提供經費，甚至實際之船舶，將對我國 MASS 船技術有極大的幫助。

參考文獻

- 全國法規資料庫，<https://law.moj.gov.tw/>，2023 年 1 月 24 日。
- 周波、陳安龍、張桂勇、宗智，2018，實用新型專利「一種自動磁力系泊裝置」，授權公告號 CN 208344492 U，中華人民共和國國家智慧財產權局。
- 林上閔、徐胤承，2020，*北歐三國自主船舶政策對我國之啟發，高端航運服務業的政策與法律*，第一版，元照出版公司，臺北市。
- 財團法人船舶暨海洋產業研發中心 (SOIC)，<https://www.soic.org.tw/>，2023 年 1 月 22 日。
- 財團法人驗船中心 (CR Classification Society)，<https://www.crclass.org/>，2023 年 1 月 24 日。
- 國家中山科學研究院 (NCSIST)，<https://www.ncsist.org.tw/csistdup/main/Default.aspx>，2023 年 1 月 25 日。
- 黃至德、楊家宏、王天佑，2019，自駕船研析之回顧與展望，*工程*，第 92 卷，第 04 期，103-113。
- 蔡絢麗、林婷如、張志清，2019，創新科技在航運及港埠經營上之應用，*航運季刊*，第 28 卷，第 2 期，75-96。
- 鍾添泉、余坤東，2010，STCW 公約架構下我國航海教育課程探討-以操作級艙面航海人員培育為例，*航運季刊*，第 19 卷，第 1 期，15-42。
- ABB Group, 2018. ABB Enables Groundbreaking Trial of Remotely Operated Passenger Ferry. Available at: <https://new.abb.com/news/detail/11632/abb-enables-ground-breaking-trial-of-remotely-operated-passenger-ferry> (Accessed 19 Jan., 2023).
- Baum-Talmor, P. and Kitada, M., 2022. Industry 4.0 in shipping: Implications to seafarers' skills and training. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 13, 100542.
- Chang, C.H., Kontovas, C., Yu, Q. and Yang, Z., 2021. Risk assessment of the operations of maritime autonomous surface ships. *Reliability Engineering & System Safety*,

207, 107324.

Coito, T., Viegas, J.L., Martins, M.S., Firme, B., Figueiredo, J., Vieira, S.M. and Sousa, J. M.D.C., 2021. The impact of intelligent automation in internal supply chains. *International Journal of Integrated Supply Management*, 14(1), 1-27.

Covill, J., Klein-Ureña, M. and Shepherd, B., 2019. *Autonomous Shipping 2019 and Beyond: Workshop on Maritime Autonomous Surface Ships*, Lloyd's Register: Canada.

Deling, W., Dongkui, W., Changhai, H. and Changyue, W., 2020. Marine autonomous surface ship - a great challenge to maritime education and training. *American Journal of Water Science and Engineering*, 6(1), 10-16.

Demir, K.A., Döven, G. and Sezen, B., 2019. Industry 5.0 and human-robot co-working. *Procedia Computer Science*, 158, 688-695.

Fonseca, T., Lagdami, K. and Schröder-Hinrichs, J.U., 2021. Assessing innovation in transport: An application of the Technology Adoption (TechAdo) model to Maritime Autonomous Surface Ships (MASS). *Transport Policy*, 114, 182-195.

Heffner, K. and Rødseth, Ø.J., 2019. Enabling technologies for maritime

autonomous surface ships. *Journal of Physics: Conference Series*, 1357, 012021. DOI 10.1088/1742-6596/1357/1/012021

International Maritime Organization (IMO) - Maritime Safety Committee (MSC), 2021. MSC.1/Circ.1638 Outcome of the Regulatory Scoping Exercise for the Use of Maritime Autonomous Surface Ships (MASS). Available at: [https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/MediaCentre/HotTopics/Documents/MSC.1-Circ.1638%20-%20Outcome%20Of%20The%20Regulatory%20Scoping%20ExerciseFor%20The%20Use%20Of%20Maritime%20Autonomous%20Surface%20Ships...%20\(Secretariat\).pdf](https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/MediaCentre/HotTopics/Documents/MSC.1-Circ.1638%20-%20Outcome%20Of%20The%20Regulatory%20Scoping%20ExerciseFor%20The%20Use%20Of%20Maritime%20Autonomous%20Surface%20Ships...%20(Secretariat).pdf) 3 (Accessed 8 Jan., 2023)

International Maritime Organization (IMO) - Maritime Safety Committee (MSC), 2017. MSC/98/20/2 Work Programme, Maritime Autonomous Surface Ships Proposal for a Regulatory Scoping Exercise. Available at: <https://docs.imo.org/> (Accessed 1 Jan., 2023)

International Maritime Organization (IMO) - Maritime Safety Committee (MSC), 2022. IMO Seminar on Development of a Regulatory Framework for Maritime Autonomous Surface Ships (MASS).

- Available at: <https://www.youtube.com/channel/UCVJmHgRi4oZmIAZ83Kv5boQ/videos> (Accessed 1 Jan., 2023).
- International Maritime Organization (IMO), 2022. MASS-JWG 1/J/2 Consideration of the Common Issues Identified in the RSEs of the Thee Committees and How Best to Address Them.
- International Maritime Organization (IMO), Meeting Summaries and Schedule. Available at: <https://www.imo.org/en/mediacentre/MeetingSummaries/Pages/Default.aspx> (Accessed 8 Jan., 2023).
- Kim, T. and Schröder-Hinrichs, J.U., 2021. Research developments and debates regarding maritime autonomous surface ship: Status, challenges and perspectives. In: B.W. Ko and D.W. Song, (Eds), *New Maritime Business: Uncertainty, Sustainability, Technology and Big Data*. WMU Studies in Maritime Affairs, vol 10. Springer: Cham, 175-197.
- Kim, T., Sydnese, A.K., Batalden, B.M. and Prasad, L.P., 2022. Unlocking long-term safety, environmental and economic values of Maritime Autonomous Surface Ships (MASS). *WMU Journal of Maritime Affairs*, 21(2), 117-120.
- Liu, C., Chu, X., Wu, W., Li, S., He, Z., Zheng, M., Zhou, H. and Li, Z., 2022. Human-machine cooperation research for navigation of maritime autonomous surface ships: A review and consideration. *Ocean Engineering*, 246, 110555.
- Lloyd's Register, 2016. LR Defines 'Autonomy Levels' for Ship Design and Operation. Available at: <https://www.lr.org/en/latest-news/lrdefines-autonomy-levels-for-ship-design-and-operation/> (Accessed 29 Oct., 2022).
- Miyoshi, T., Fujimoto, S., Rooks, M., Konishi, T. and Suzuki, R., 2022. Rules required for operating maritime autonomous surface ships from the viewpoint of seafarers. *The Journal of Navigation*, 75(2), 384-399.
- Nahavandi, S., 2019. Industry 5.0—A human-centric solution. *Sustainability*, 11(16), 4371.
- NYK LINE, 2019. NYK Conducts World's First Maritime Autonomous Surface Ships Trial. Available at: https://www.nyk.com/english/news/2019/20190930_01.html (Accessed 17 Jan., 2023).

Rolls-Royce Holdings plc., 2017. Rolls-Royce Demonstrates World's First Remotely Operated Commercial Vessel. Available at: <https://www.rolls-royce.com/media/press-releases/2017/20-06-2017-rr-demonstrates-worlds-first-remotely-operated-commercial-vessel.aspx> (Accessed 16 Jan., 2023).

Rolls-Royce Holdings plc., 2018. Rolls-Royce and Finferries Demonstrate World's First Fully Autonomous Ferry. Available at: <https://www.rolls-royce.com/media/press-releases/2018/03-12-2018-rr-and-finferries-demonstrate-worlds-first-fully-autonomous-ferry.aspx> (Accessed 17 Jan., 2023).

Samsung Heavy Industries Co., Ltd. Available at: http://www.samsungshi.com/Kor/Pr/news_list.aspx (Accessed 21 Jan., 2023).

Shahbakhsh, M., Emad, G.R. and Cahoon, S., 2022. Industrial revolutions and transition of the maritime industry: The case of Seafarer's role in autonomous shipping. *Asian Journal of Shipping and Logistics*, 38(1), 10-18.

Wärtsilä, 2017. Wärtsilä Remote Controls an 80 m Ship from 8000 km Away. Available at: <https://www.wartsila.com/insights/article/wartsila-remote-controls-an-80-m-ship-from-8000-km-away> (Accessed 17 Jan., 2023).

Wärtsilä, 2018. Look, Ma, No Hands! Auto-Docking Ferry Successfully Tested in Norway. Available at: <https://www.wartsila.com/voyage/insights/article/look-ma-no-hands-auto-docking-ferry-successfully-tested-in-norway> (Accessed 19 Jan., 2023).

World Maritime University, 2019. *Transport 2040: Autonomous Ships: A New Paradigm for Norwegian Shipping - Technology and Transformation*, World Maritime University: Malmö.

Yara International ASA. Available at: <https://www.yara.com/news-and-media/media-library/press-kits/yara-birkeland-press-kit/> (Accessed 28 Mar., 2022).