

出國報告（出國類別：參訪）

2016 國際電動及複合動力船舶展參訪團

服務機關：經濟部技術處

姓名職稱：何祥瑋技正

派赴國家：荷蘭

出國期間：105年6月18日至6月25日

報告日期：105年9月19日

摘 要

隨著世界電動船發展趨勢，相關複合動力推進系統與電池技術成果讓新型態船舶電力推進技術亦朝向電力驅動與電池複合動力(Battery Hybrid)方向邁進，促使以往舊技術朝先進電力裝備之發展不斷地精進與突破。船舶中心執行本部技術處執行「多功能及節能船艇技術開發計畫」，近年逐步融合政府單位政策趨勢、船舶廠商、相關動力系統業者產業脈絡，有系統地積極推動國內綠能船舶產業聯盟，緊密聯結相關供應鏈，整合造船及相關系統產業資源、訊息、技術等互通有無。

爰此，船舶中心特籌畫「Electric & Hybrid Marine World Expo 2016」參訪行程，以結合國內廠商與政府單位進行雙向交流互動溝通，並瞭解全球市場船用複合動力技術發展趨勢與相關產業脈動，朝整合國內船舶及設備廠商能量，推動國內綠能船舶產業往系統化邁進。本參訪行程除藉由研討會方式瞭解先進國家在電力推進船舶系統之最新發展，可與國際第一線船舶電力設備商進行技術溝通，雙方建立交流聯繫管道，規劃國家船舶電力技術發展方向，讓台灣船舶產業與世界電力綠能技術趨勢接軌。

目 次

一、參訪目的	3
二、參訪行程	4
三、參訪紀要	6
四、心得與建議	19

一、參訪目的

鑑於歐洲是全球綠能船舶的技術領先國，歐陸綠能船舶產業仍持續成長與轉型中，船舶中心規劃赴荷蘭參加「Electrical & Hybrid Marine World Expo. 2016」，拜會歐洲專營於船舶大型鋰電池、MW 級電力轉換系統等一線廠商，並參訪機電系統整合商 RH MARINE(台灣柴電潛艦系統整合商)係提供各種推進系統相關解決方案之技術顧問公司，該公司專長於大型專案及軍事艦艇，我國海龍海虎潛艦推進系統即為該公司設計規劃。重電馬達大廠 BRUSH 具百年以上歷史之專業機電設備製造廠(例如船舶及海事工程大型發電機、大功率馬達等)，針對國艦國造政策之裝備自主化技術能量及需求具更進一步認識，以作為未來技術精進布局之依據。海事工程機具設備商 IHC 是國際海事工程船舶及裝備的領導廠商，該公司前身係以港灣疏濬填海造陸起家，目前為全球離岸風電產業排名數一數二之船機供應商，且船舶中心與該公司有風機安裝船技術合作前例，因此，參訪該公司可瞭解歐洲技術發展現況，及因應台灣各種氣候地質條件下，尋求符合台灣地質條件之可在地化施工法及相關施工機具。

目前國艦國造是國家重要政策，將預見未來大型艦艇級的驅動系統將大量的採用電力與電池等複合動力方式推進，藉由參觀展覽與參訪廠商，能獲取相關重要產業情報，也能擴展與國際機電廠商交流關係。

二、參訪行程

(一)6/18—6/25 整體行程表

日期	行程規劃
6/18~6/19 週六~週日	出發，桃園國際機場→阿姆斯特丹機場 (中華航空 CI065, 6月18日 22:05~6月19日 9:15) (荷蘭航空 KLM808, 6月18日 23:40~6月19日 6:45)
6/20 週一	參訪廠商 ● RH MARINE (Integration of hybrid system, IPMS) , https://www.rhmarine.com/ ● BRUSH (Motor, Generator) http://www.brush.eu/
6/21~6/22 週二~週三	● Electrical & Hybrid Marine World Expo. 2016 http://www.electricandhybridmarineworldexpo.com/
6/23 週四	參訪廠商 ● IHC Holland B.V. (Headquarter, Ship Yard) https://www.royalihc.com/ ● IHC IQIP (Hydro-hammer, handing tool) http://www.iqip.com/
6/24~6/25 週五~週六	返國，阿姆斯特丹機場→桃園國際機場 (中華航空 CI066, 6月24日 14:15~6月25日 13:05) (荷蘭航空 KLM807, 6月24日 20:40~6月25日 14:45)

(二)訪團成員

	姓 名	機 構 名 稱	職 稱
1	周顯光	船舶中心	處長
2	林志宏	船舶中心	工程師
3	陳聖樺	船舶中心	工程師
4	林鴻熙	船舶中心	工程師
5	梅耀元	龍德造船	專員
6	陳世明	龍德造船	工程師
7	徐成美	台塑集團 宣冠公司	專案經理
8	陳志福	大舟遊艇	廠長
9	俞年達	台灣湯淺公司	課長
10	何祥瑋	技術處	技正

三、參訪紀要

前往國家／地區：荷蘭／鹿特丹	
時間：6月20日（一）	拜訪廠商：RH MARINE

（一）簡介

RH MARINE 是世界上名列前茅造船技術整合公司，也是台灣現有柴電潛艦系統整合設計商，該公司不但具有造船廠也能自行整合及製造各式重要設備，是一家高度垂直整合的造船集團，此次由船舶中心安排前往 RH MARINE 的總部參訪，RH MARINE 開放其戰系控制台產線以及模擬器與複合動力實驗室供我們參觀。

（二）訪談重點摘要

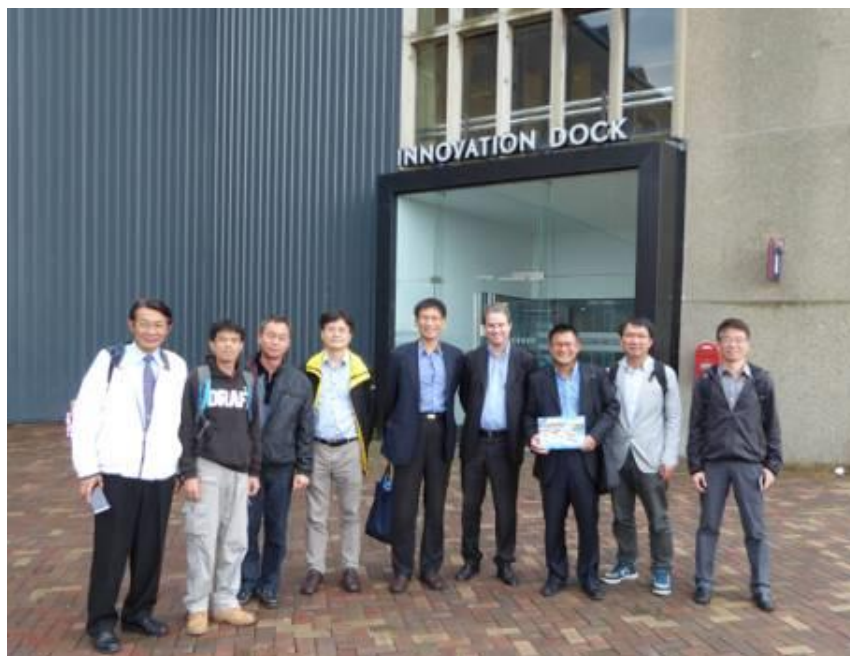
該公司所屬之複合動力實驗室配備有一整套縮小版之電力網絡系統，包括變頻器、鋰電池、馬達、與保護開關等，在此縮小比例與實體系統具相同功能模式下，驗證複合動力操控模式之合理性，並對電網保護措施進行驗證，避免實際安裝時損傷機具。該公司工程師陳述之複合動力渡輪與遊艇設計要務，實與船舶中心發展設計方向頗為相似，如營運條件估算、投資回收效益(ROI)、船速耐航條件、推進動力負載分析等，也是先分析使用模式，再評估相關設備性能進行搭配，並以具關聯性之電力負載測試系統作為基礎驗證，亦可看出船舶中心對於綠能船舶技術發展方向應屬妥適。



模擬器展示間



複合動力實驗室



建教合作工廠前合影

前往國家／地區：荷蘭／鹿特丹

時間：6 月 20 日（一）

拜訪廠商：BRUSH

(一)簡介

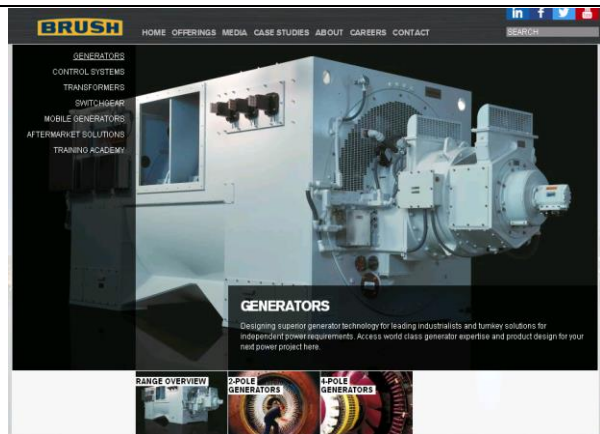
BRUSH 公司是一家百年以上的馬達製造商，從小型的高速火車 TGV(Train à Grande Vitesse)用馬達到核電廠等級的巨型發電廠馬達，到核電廠等級的巨型發電廠馬達該公司均有生產，銷售足跡遍及全世界，台灣現有潛艦中發電系統亦是由該公司提供，藉此次參訪 BRUSH 製造設備以建立技術交流關係。

(二)訪談重點摘要

BRUSH 公司工廠外表似老舊倉庫(工廠不開放拍照)，但內部裝置有各種製作馬達所需機具設備，含括完全空調控制之馬達繞線場地，及可調整馬達轉子平衡用之平衡機。而大型馬達/發電機頭之製造需透過熟練人工將一條條銅線及絕緣紙，技巧性環繞安裝至馬達轉子和定子上，BURSH 表示該人工技術是代代傳承，累積之製造技術實力非輕易可被取代。



船舶中心周顯光處長致贈 BRUSH 主管禮物暨合影



BRUSH 網站一覽

Now: When launched in 2003, Cunard Line's newest cruise ship, the Queen Mary 2, was the heaviest, longest, tallest and widest cruise ship afloat. Also, the eighteenth cruise ship equipped with BRUSH generators for electric utility and propulsion power.



世界最大的瑪莉皇后 2 號即採用 BRUSH 發電機作為推進電力來源

前往國家／地區：荷蘭／阿姆斯特丹	
時間：6月21日(二)~22日(三)	拜訪廠商：2016 國際電動及混合動力船舶展覽

展覽會場-實地參訪

(一)船舶專用鋰電池模組與系統

有關荷蘭之國際電動及混合動力船舶展覽自 2014 年開展以來，鋰電池系統一直是所有業者最關注設備之一，實因鋰電池技術開發迫使電力系統構型出現巨大變革。鋰電池系統原僅 CORVUS(加)、SAFT(法)、Valence(美)幾家廠商開發，近年又增加好幾家製造商如韓國 LG、荷蘭 Super B、等公司較值得注意的是有許多廠商均使用同一家 XALT Energy (美)提供電池芯，該電芯使用鋰三元材料，原先是韓國 Kokam 材料與美國 Dow 化學共同成立的公司，後來併購許多電池設備相關公司後獨立成一家 XALT Energy 公司設廠於美國密西根。

另外，今(105)年展場最大亮點之一，就是韓國 LG Chem(樂金化學)電池公司也在今(105)年推出完全以 MARINE 產業設計電池系統，LG 電池是許多車廠電池供應商，例如美國通用(GM)與法國雷諾(Renault)，該公司生產規模與技術資本投入遠超過許多電池公司，LG 投入船用電池將對電池產業造成重大衝擊。加拿大 CORVUS 為最具代表性的 MARINE 電池公司就已宣布將改採 LG 電芯作為電池供應來源。

有關電池系統結構上創新趨勢係將所有電力接線全部隱藏起來，並將電池模組設計成類似電腦伺服器外型，易於插拔更換，電力配線全部設置在機架後方，採用導電銅條(Bus Bar)為電能的傳導。電池模組散熱方面愈來愈多廠商採用水冷式設計，於個別電芯間設置水冷排直接與電池芯接觸，此設計方法可大幅提升散熱效率，甚經分析可把電池模組最內部熱源都能導出，以確保電池模組溫度分布均勻一致性。而循環壽命(cycle life)方面，電池系統在 80%放電深度(Depth of discharge(DOD)註)使用條件下，都可以輕易達到 3000~4000 次以上的壽命週期，甚至還有類似傳統電容器特性之鋰鈦電池(LTO)系統，80% DOD 壽命可達到 10,000 次以上。因此，國外船用鋰電池系統已經發展非常成熟。

註:放電深度(Depth of discharge(DOD)):在電池使用過程中，電池放出的容量占其額定容量的百分比，稱為放電深度。

LG CHEM PARTNERSHIP ANNOUNCED

BY CORVUS ENERGY · MARCH 29, 2016 · PRESS RELEASES

Corvus will use advanced LG Chem lithium ion battery cells in their next generation maritime energy storage systems that will launch later in 2016

Richmond, B.C. – March 29, 2016 – Corvus Energy (Corvus), the industry leader in advanced lithium ion energy storage systems (ESS) for maritime hybrid and fully electric propulsion systems has announced a multi-year agreement with LG Chem Ltd. (LG Chem). Under this agreement, LG Chem, the world's leading manufacturer of advanced lithium-ion batteries, will be a key supplier of lithium-ion pouch cells for Corvus' next generation maritime energy storage systems (ESS).

The agreement provides Corvus with the latest technology from the world's dominant producer of cells for both transportation and grid applications (Navigant Research, 2015). As such, LG Chem has significant expertise in the development of safe, high energy, compact and

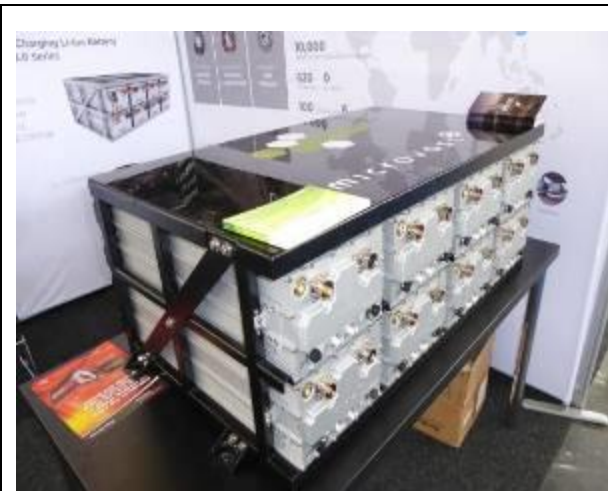
CORVUS 宣佈與南韓 LG 進行船舶用鋰電池合作資訊(來源:CORVUS)



Super B 鋰電池系統



Saft 鋰電池系統(Airbus 電池供應商)



Microvast 鋰鈦電池(數萬次循環壽命)



電池水冷散熱與防爆對應外殼

(二)電力轉換器及驅動器

有關複合動力系統另一個關鍵元件就是電力轉換器(或廣稱為「變頻器」電力轉換設備)，該轉換器其中一項功能，需要用到數台發電機並聯執行相位同步達到輸出功率整合調結。在船上電力系統猶如一個小型微電網架構(Micro grid)，這些設備不論是 DC/DC、DC/AC、主動式前端(Active Front End)併網同步轉換器都是基本需求，於現在國際市場上已經容易取得這些電力電子轉換設備，且設備規格可以達到 MW 等級以上，並具備完整的使用者人機介面，使機電整合商可以很容易掌握設備的並機設定，以達到提升功率之使用與相關通訊控制。這些設備的功率密度可達 20kW/kg 水準(一般機電設備約小於 10kW/kg)，亦能透過水冷隔絕方式達到 IP(Ingress Protection)-65 或 67 防水防塵的工業等級。

目前船舶中心所規劃高端電力電子轉換元件，將結合處內科專計畫及工業局產業創新平台計畫，協助廠商應用於旗津電動渡輪與大舟遊艇開發豪華複合動力快艇。另船舶中心於近年科專「多功能及節能船艇技術開發計畫」之船舶複合動力控制技術，所開發全船電能控制器與智慧型電子油門，正是以 CANBUS 等通訊連結方式，針對這類零組件進程式溝通並結合船隻之營運條件予以最佳化操控，並整合這類高性能電力產品進行系統應用提供船東，可以組成一套高性能的船艇用電能推進系統，與國外整合的船舶電能驅動系統相比，使台灣整合系統更具性價比與國產化之競爭優勢。



(德國 semikron 水冷式 MW 電力轉換箱)



(德國 ARADEX 的 MW 驅動器)



(芬蘭 VISEDOR 推出的同步磁阻輔助型電動馬達，轉換效率>95%)



(VACON 推出最高可達 5MW 級的馬達驅動系統，模組化堆疊具設計彈性)

(三)其他裝備

展覽場亦展出一系列有關船隻驗收功能測試等不同領域之設備，如下照片說明：



DEWE Soft 同步量測設備：

可同時完成動態與暫態之電壓、電流、溫度、振動噪音的訊號量測，將電力系統的測

量訊號在同一時間軸上進行同步分析，目前國家地震中心與海軍船艦振噪量測即採用此設備相關設備。



Torqeedo 電動船外機：

該設備係德國生產適合一般小型船隻(約 20 總噸級)於內河航行使用，目前台灣淡水河小型帆船已有採用該設備，且評價很高



小功率 Parallel Hybrid 動力模組：

義大利 TRANSFLUID 推出並應用於小型遊艇使用，此併聯式結構可結合大馬力引擎與小功率馬達在同一個機械軸系上進行動力輸出驅動船隻運行。



Baumuller 貫通直軸式複合動力馬達系統：

業界稱扭力馬達(Torque motor)，最常應用的方式為軸發電機與軸推進馬達，其方式與並聯式複合動力相同，但不需傳統齒輪結構，該類產品適合用於台塑集團在雲林麥寮港之拖船。



大型沈水式全向 POD:

可以直接旋轉進行反向倒車並提供絕佳的舵效，常用於台灣拖船與港灣內需不斷變動方向的船隻應用。



Whisper Power 遊艇專用複合動力系統:

由單一廠商提供電池、馬達、發電機的一站式服務，可簡化造船廠整合複雜機電系統的難度，台灣三芝南海船廠 u-Green(42 呎)複合動力遊艇亦採用過。



鋰電池專用滅火設備:

將溶液噴出進行膠狀包覆阻絕熱源，效果有限但尚能局部抑制火災延伸，台灣船舶業未來將會逐漸採用。



電機系統用冷卻設備:

可提供 MW 級水冷式電能驅動系統所需帶的熱量處理，在船上可應用於淡水與海水交換的內循環水冷系統。

前往國家／地區：荷蘭／鹿特丹

時間：6月22日（三）

拜訪廠商：DAMEN 船廠-複合動力拖船

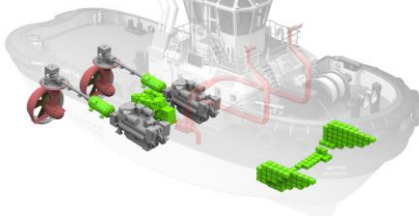
(一)簡介

透過船舶中心安排，造訪停泊於鹿特丹軍港內複合動力拖船，此船由 DAMEN 造船廠建造屬荷蘭海軍所有，專為軍艦執行停船任務所用，荷蘭海軍已經採購數台，該船採用併聯式複合構型(馬達與引擎在同一個機械軸上進行耦合)，將德國 MTU 牌的主機輸出軸透過一具大型離合器(德國廠牌 Ortlinghaus)與艾波比(ABB)馬達前端連結，馬達後端再與英國勞斯萊斯(Rolls & Royce)英式推進器(POD)結合，驅動器則採用芬蘭 VACON DANFOSS 產品，鋰電池為美國 Valence 廠牌規格可達 600VDC，操作介面可選擇四種模式:拖船模式/港灣航行模式/消防模式/待機模式。登船參觀時發電機完全沒有啟動，單靠鋰電池的直流電(DC)進行電力轉換後為交流電(AC)可供應船上服務性負載電力使用，亦可以使用陸上岸電(Shore Power)進行電池電能補充用途。

HYBRID PROPULSION SYSTEM

FREE SAILING MODE

The main generator set starts and feeds the electric propulsion engines that are driving the rudder propellers. The main engines are not running and the auxiliary generator set is feeding the normal electric system as well. The free sailing mode can be used for station keeping, manoeuvring and free sailing at speeds of up to 8 knots.



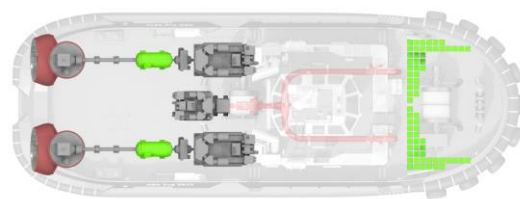
港灣進出航行模式

(此時船速達 8 節，發電機啟動饋電供給馬達用電或鋰電池充電，引擎為關閉狀態節省燃油)

HYBRID PROPULSION SYSTEM

STANDBY MODE

(in combination with the battery pack)
All diesel engines will shut down and the battery pack feeds the normal electric system and the electric propulsion engines that are driving the rudder propellers. The standby mode can be used for station keeping, manoeuvring and free sailing at speeds of up to 4 knots.



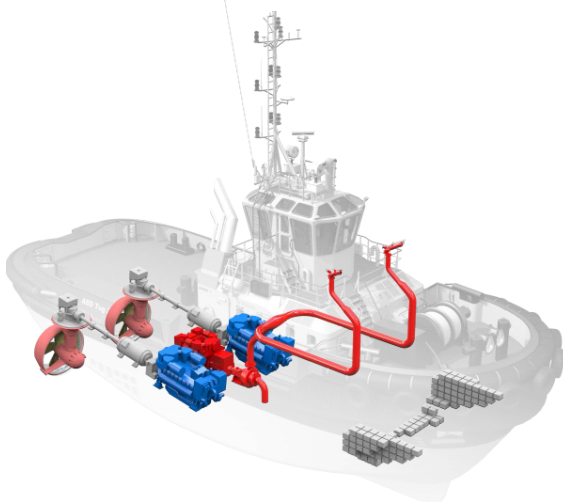
待機模式

(此時船速達 4 節，故僅使用鋰電池供給電能給馬達推進，發電機與引擎均關閉，完全無燃油消耗)

HYBRID PROPULSION SYSTEM

TOWING MODE

Main engines start and drive the rudder propellers. The generator set is not running and the auxiliary generator set feeds the normal electric system. The towing mode has to be used during push/pull operations and free sailing of up to 13 knots.



FIRE-FIGHTING MODE

The fire-fighting mode had to be used during fire-fighting operations. Main engines start and drive the rudder propellers. Generator set starts and drives the fire-fighting pump. The auxiliary generator set is feeding the normal electric system.

拖船模式

(由主引擎作為推進動力，僅使用輔助發電機供電，船速可達 13 節)

消防模式(由主引擎作為推進動力，並使用主發電機供消防用電)

(二)訪談重點摘要

DAMEN 經理表示，該船作為該公司旗艦產品帶來的效益除省能環保，亦可讓公司展現科技上之領先地位，以提升公司的整體形象。以台灣的造船基礎，要整合建造出此一複合動力拖船絕非難事，該船上的設備無一是由荷蘭生產，造船廠掌握的是整合技術（本案是透過 System Integrator），依據需求將市場上最適當裝備合併載具上，造船廠或者是荷蘭並不需要受限於國內工業環境是否具備該等零配件製造能力。船舶中心執行複合動力科專計畫發展策略方向與 DAMEN 造船廠的運用策略類似，均採用高度成熟之性能產品完成系統整合工作，據悉目前國產廠商如長岡機電、東元電機等均能提供馬達部件並應用於日月潭、愛河、翡翠水庫、石門水庫等區域的電動船使用。



DAMEN HYBRID TUG BOAT



岸電設備



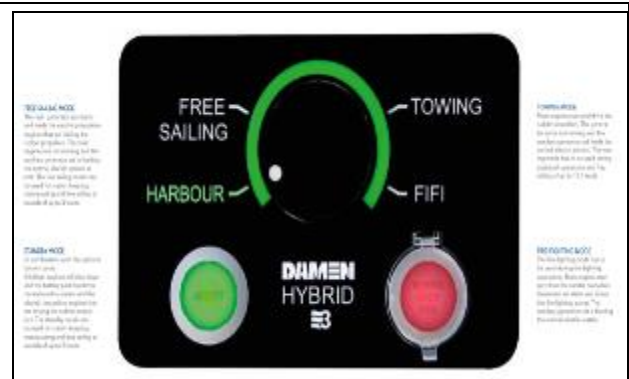
併聯式同軸馬達



600V/240kWh 鋰電池



控制室



模式切换鈕

DAMEN 複合動力船現場與內部照片

前往國家／地區：荷蘭／鹿特丹	
時間：6 月 23 日（四）	拜訪廠商：IHC

（一）簡介

IHC 是世界上最成功的海事工程公司，其業務從海事工程承攬到特殊工具與施工船隻製造都有，世界上有超過 70% 以上的海上專用打樁機都是由 IHC 提供，幾乎世界上所有的海上風力發電機的塔架都是由 IHC 製造的打樁機完成安裝。

（二）訪談重點摘要

此次參訪，IHC 帶領我們參觀打樁機製造工廠以及特殊工作船船塢(廠房內部皆禁止拍攝)，實際上打樁機製造環境與一般在台灣看到的重工業廠房極為類似，並沒有太特殊龐大設備。參觀過程 IHC 特別利用一組拆解之打樁機進行結構說明，其利用高壓氣體與油壓設備配合，可利用最小設備體積提供巨大衝擊力量，使達到最強衝擊密度，組成該設備相關機械元件應是由其他供應商提供，因現場並沒有看到可完成上揭機械元件之巨型鑄造機具或加工車床。另詢問該公司有關打樁機完成組裝後要如何進行性能驗證，該公司表示打樁機會安裝在一座具 7 層樓高之測試塔內並可直接對地面受測物進行打樁能力驗證，並將測試樁直接打入地面後，再量測敲擊深度以確認是否達到所需之衝擊能力。

船舶中心自 102 年起執行離岸風電關聯船機與海事工程相關裝備技術開發之科專計畫，104 年亦參與協助國內風電開發商海氣象觀測塔之建置計畫，包含今(105)年度離岸風力發電示範機組建置，且建置水下基礎時所用打樁機皆由 IHC 協助提供，未來示範風場與大規模區塊開發之進行，由於水深較深，將由海氣象觀測塔之水深 10~20 公尺，加深至 40~50 公尺，屆時將可能會改用套管式風力基礎，異於已進行之海氣象觀測塔單樁式基礎，可降低在大水深時使用單樁式基礎致大量增加之裝備及工作成本，而 IHC 亦有一系列對應套管式風力基礎之打樁機及導樁樣架之設備產品。

對於國內即將展開示範風場與區塊開發，歐洲風場開發商與海事工程業者深具興趣，相關業者主要有 Ampelmann、Damen、ECN、GustoMSC、Enersea、LM Wind Power、MPI Offshore、Seaway Heavy Lifting、HHWE(Holland Home of Wind Energy)及 Royal IHC 等十幾家廠家，正積極爭取未來風場開發的工作，其中 IHC 為領頭羊之廠商可提供包含打樁機在內之各式安裝維運船隊及機具設備。



IHC 總部



參觀 IHC 打樁機廠區與船塢



IHC 打樁機(Hydro Hammer)所使用的固定套環

四、心得與建議

(一) 綠能船舶科技產業發展

船舶中心業於去(104)年派員參加荷蘭之國際電動及混合動力船舶展覽，經過這次參與實地參訪，深入瞭解全球綠能船舶產業趨勢不斷成長，各國亦積極投資綠能動力船之相關技術。亞洲日、韓國家之大型商社如 LG、川崎重工等公司亦投入船用電能設備市場並推出相關產品，可見以往歐洲發展之複合動力系統也逐漸擴展到亞洲。目前挪威船級協會(DNV-GL)發表船舶用鋰電池認證測試，而船舶採用電力電子轉換模組製造商更是多不勝數(如 VACON、ABB、VISED0、SEMIKRON 等公司)，該領域投資與系統整合技術難度門檻偏高，爰建議處內執行科專計畫之法人單位應進行技術成熟度TRL 評估，確實評估投入資源與技術產出時程藍圖。

(二) 技術發展可加速產業效益與提昇國內亮點

有關船舶中心歷年執行處內科專計畫，累積相當造艦設計與機電整合能力，建議應順應綠能船舶之趨勢推出深具指標意義之相關船舶技術開發，如複合動力拖船可應於高雄港與基隆港之港內工作船，或電動渡輪應用於高雄旗津鼓山一帶，可大量降低廢氣及噪音汙染。另國艦國造所需之重點技術從複合動力模態分析、動力引擎與馬達整合控制技術、鋰電池等技術運用，均是未來國艦國造所需技術。透過港灣拖船與沿海交通渡輪建造與機電系統整合來累積工程技術能量，並結合目前國際綠能船舶組織IMO 規範的減碳節能趨勢，可請船舶中心聯合地方政府與主管機關(如高雄市交通局與輪船公司)，提倡區域性的低碳排放方案，加速綠能船舶的新造與改裝，相關國內機電廠商的市場商機亦可因應而生。

(三) 未來船舶科專發展:船舶機電系統整合

本次參訪拜訪展場各廠商展出之高端機電設備如電力轉換器、MW 級馬達與驅動器，深感該領域已屬相當成熟之供應市場，因此若要推出具國際競爭力之造船技術，非得與國際接軌，利用國際市場上具競爭優勢設備產品，依據船東需求整合出性能優越具高度客製化船舶，以符合市場實際需求。複合動力船結合了大量的機電精密元素如鋰電池管理系統(BMS)、引擎與馬達連結之電磁離合器總成、高性能電力變頻轉換模組等，全世界主要以歐洲荷蘭、芬蘭、德國等為技術供應國，而亞洲如日、韓與台灣、新加坡等技術需求國，相關船舶技術發展正值起步階段，若藉由科專計畫規劃國內船舶產業之電機系統整合相關技術推動，將有機會改以性能取勝而非價格取勝之現況。