

出國報告（出國類別：考察）

# 英國離岸風場職業安全衛生監督制度 與防災技術

服務機關：勞動部職業安全衛生署

姓名職稱：鄒子廉署長、廖志豪技士

派赴國家/地區：英國/倫敦及赫爾

出國期間：108年6月8日至6月16日

報告日期：108年9月16日

## 摘 要

為因應我國離岸風力發電發展及衍生作業危害，勞動部職業安全衛生署組團考察英國離岸風電相關機構，並於 108 年 6 月 10 日由署長鄒子廉與英國安全衛生執行署(Health and Safety Executive, HSE)執行長 Dr. David Snowball 假英國 HSE 倫敦辦公室共同簽署職場安全及健康資訊交流與合作備忘錄，以建立合作夥伴關係與溝通諮詢管道，相互分享離岸風場安全衛生資訊及辦理參訪、研討會等國際性活動，期借鏡其離岸風電發展經驗，讓我國離岸風電政策及產業環境正向發展。

本次考察除拜訪英國安全衛生執行署(HSE)外，並前往赫爾參訪西門子歌美颯再生能源股份有限公司(Siemens Gamesa Renewable Energy, SGRE)之風機組裝工廠、世界風能組織(Global Wind Organization, GWO)赫爾訓練中心、沃旭能源股份有限公司(Ørsted)之 Grimsby 廠區及其 Westernmost Rough 風場等離岸風電相關機構，汲取英國離岸風場職業安全衛生監督制度、作法與離岸風場自動化維修技術、CCTV 遠端監控技術、軌道式擒墜系統等最新防災技術，以及國際大廠安全管理技術及實務經驗等，收穫頗豐，所見所聞應能有助我國相關政策檢討及精進，作為推動離岸風電作業安全監督檢查業務及相關作業安全規範之參考。

## 目 錄

壹、	目的.....	1
貳、	出國過程.....	2
參、	考察紀要.....	5
肆、	心得與建議.....	28
伍、	附件.....	31

## 壹、目的

綠色能源發展將是未來驅動經濟發展的新引擎，故行政院將綠能科技列為「5+2」產業創新計畫之一，其中尤以離岸風力發電為最關鍵之發展項目，經濟部以「示範獎勵、潛力場址、區塊開發」等3階段依序開發我國離岸風場，其中第1階段示範獎勵238MW規劃於109年前陸續完工，至第2階段潛力場址分配之完工併聯容量分別為109年738MW、110年至113年3,098MW、114年1,664MW，故於114年將達5.7GW設置容量，預計共安裝約800架離岸風力發電機組，估將可新增約2萬個就業機會，年發電量達215億度，有利於加速達成再生能源發電占比20%及非核家園願景。

依據2018年歐洲風能協會(EWEA)統計報告，截至2017年底，歐洲已開發設置92個離岸風場案件，總設置容量達15,780MW，其中英國為設置容量最多的國家，擁有目前世界上最大的離岸風場，並佔全球離岸風電設置容量36%以上。鑑於離岸風力發電產業為我國新型態產業，其海事操作受到天候海況、載台運動影響甚大，作業特性與陸域迥異，面臨人員進出(人員於載台間之轉移)、海上吊裝作業、海上高處作業、水下作業、電氣作業(含臨時用電、活線作業及活線接近作業)、局限空間作業、葉片化學塗佈與修補、手工具作業、高氣溫下作業等風險問題，勞動部職業安全衛生署特別派員考察英國離岸風電相關機構，實地了解英國離岸風場職業安全衛生監督制度、國際大廠安全管理及防災技術之實務作法，並與英國安全衛生執行署(Health and Safety Executive, HSE)共同簽署合作備忘錄，建立溝通諮詢管道，以借鏡其離岸風電發展經驗，協助臺灣縮短學習曲線，避免離岸風場施工及運維階段發生重大職業災害，讓我國離岸風電政策及職業安全衛生監督併行，促進產業環境正向發展。

## 貳、出國過程

### 一、行程安排

表一 考察行程安排

日期	地點	主要行程
6月8日(星期六)	台北→香港→倫敦	去程(香港轉機)
6月9日(星期日)	倫敦	召開備忘錄簽署儀式之事前準備會議,確認備忘錄內容並討論場勘、流程及座位安排等簽署細節。
6月10日(星期一)	倫敦	與英國安全衛生執行署(HSE)共同簽署合作備忘錄,確立未來實質合作關係,並於該署倫敦辦公室舉行會議,共同討論離岸風場職業安全衛生監督制度相關議題,包含安全衛生促進策略、監督檢查實務作法及自動化維修技術發展等。
6月11日(星期二)	倫敦→赫爾	搭乘火車自倫敦前往赫爾,並與沃旭能源公司(Ørsted)及西門子歌美颯公司(SGRE)等單位確認參訪流程、接待人員,並預擬相關提問。

6月12日(星期三)	赫爾	考察西門子歌美颯公司之風機組裝工廠及其經世界風能組織(GWO)授權認可之訓練中心。
6月13日(星期四)	赫爾	考察沃旭能源公司(Ørsted)之海事協調中心、維修中心及陸上變電站。
6月14日(星期五)	赫爾	考察沃旭能源公司(Ørsted)之 Westermost Rough 離岸風場。
6月15日(星期六)及 6月16日(星期日)	赫爾→倫敦 倫敦→香港→台北	搭乘火車自赫爾前往倫敦，並於6月15日返程(香港轉機)

## 二、考察單位簡介

### (一) 英國安全衛生執行署(Health and Safety Executive, HSE)

英國安全衛生執行署(HSE)係隸屬勞動及退休金事務部(Department for Work and Pensions, DWP)之獨立行政機構，其於1975年成立，為全世界最先設置之官方職業安全衛生監督機構，乃各國學習標竿，管轄業務包含促進、監督及執行工作場所安全與健康等相關法令與議題，以及職業風險之研究等，並實施勞動檢查、工安事故調查及促進職業安全衛生研究與培訓，提供事業單位相關工安資訊與技術顧問服務。



圖 1 英國職業安全衛生署之標誌(HSE logo)

(二) 西門子歌美颯再生能源股份有限公司(Siemens Gamesa Renewable Energy, SGRE)

西門子歌美颯公司(SGRE)為全球最大之風力發電機組設備商，於離岸風力發電產業超過 70%市場占有率，截至 2017 年底，已於歐洲 92 個離岸風場共安裝 4,149 架風力發電機。

(三) 世界風能組織(Global Wind Organization, GWO)赫爾訓練中心

該中心為西門子歌美颯公司(SGRE)設立，並經世界風能組織(GWO)授權認可之 GWO 訓練機構；世界風能組織(GWO)為訂定全球離岸風電產業之培訓標準及頒發專業證照之國際組織，凡欲前往離岸風場從事施工或運維之作業人員，均須接受 GWO 五大基本安全訓練，方可乘船出海。

(四) 沃旭能源股份有限公司(Ørsted)

沃旭能源公司(Ørsted)為全球最大離岸風場開發商，自 1991 年在丹麥興建世界第一座離岸風場以來，其興建之離岸風場總設置容量，已超過全球四分之一，對風場開發、建造、運維到除役均有豐富經驗。

## 參、考察紀要

### 一、英國安全衛生執行署(HSE)

為因應我國離岸風力發電發展及衍生作業危害，勞動部職業安全衛生署組團參訪英國安全衛生執行署(HSE)，並於 108 年 6 月 10 日由署長鄒子廉與英國安全衛生執行署(HSE)執行長 Dr. David Snowball 假英國 HSE 倫敦辦公室共同簽署職場安全及健康資訊交流與合作備忘錄(圖 2、圖 3、圖 4)，以建立合作夥伴關係，相互分享離岸風場安全衛生資訊及辦理參訪、研討會等國際性活動。(備忘錄簽署影本如附件)

本次由勞動部職業安全衛生署邀集參與備忘錄簽署儀式之人員共 10 人，分別為台灣電力股份有限公司營建處張劉國處長、中國鋼鐵股份有限公司工安處吳孟宗副處長、興達海洋基礎股份有限公司工安品質處董寶鴻處長、沃旭能源股份有限公司英國區經理 Benj Sykes、沃旭能源股份有限公司臺灣區環安衛最高主管 David Collins、西門子歌美颯再生能源股份有限公司全球品保及環安衛最高主管 Gregorio Acero、亞太品保及環安衛最高主管 Wong Pooicum 與臺灣環安衛經理蘇怡君、財團法人安全衛生技術中心余榮彬總經理與盧以霖工程師等離岸風力發電產業代表，見證我國第一次與國外官方職業安全衛生專責機構確立實質合作關係。

英國安全衛生執行署(HSE)參與備忘錄簽署儀式之人員如表二，雙方並於完成備忘錄簽署後舉行會議(圖 5、圖 6、圖 7)，由英國 HSE 首席檢查員 Trevor Johnson 及監管檢查員 Beth Rawson 簡介英國離岸風力發電發展概況及英國 HSE 能源部門管轄範圍，共同討論離岸風場職業安全衛生監督制度相關議題，包含安全衛生促進策略、監督檢查實務作法及自動化維修技術發展等，摘述如下：

#### (一) 英國離岸風力發電發展概況

英國為目前世界上離岸風電設置容量最多之國家，自 2000 年於北海完成第一座離岸示範風場迄今已 19 年，其離岸風電累積設置容量於 2017 年達 6,836MW，至 2018 年底更達 8,422MW(8.4GW)，約佔全球 36%、全歐 44%，並在英國政府積極推動及大量離岸風場建造經驗累積下，規劃於 2030 年完成 39GW 設置容量之目標。

表二 英國安全衛生執行署(HSE)參與人員

姓名	職稱
David Snowball	執行長 Chief Executive
Trevor Johnson	首席檢查員 Principal Inspector
Beth Rawson	監管檢查員 Regulatory Inspector
Jonathan Holvey	營運部門最高主管 Head of Operations
Tim Plowright	策略關係經理 Strategic Relationship Manager



圖 2 簽署合作備忘錄(MOU)



圖 3 簽署完成雙方合照



圖 4 致贈禮物給英國 HSE 執行長



圖 5 資訊分享



圖 6 意見交流



圖 7 與會人員合照

## (二) 英國安全衛生執行署(HSE)能源部門管轄範圍

英國安全衛生執行署(HSE)為強化海上石油探勘、鑽井等海域作業安全，於 1991 年 4 月成立海上安全部門(Offshore Safety Division, OSD)，並於 2013 年併入至該署能源部門(Energy Division)。目前英國 HSE 能源部門掌管礦廠、電廠、核電廠、陸域及離岸風力發電、海上油田、頁岩油氣廠、天然氣輸送管線等之職業安全衛生業務。

執行長 Dr. David Snowball 表示，英國 HSE 最大的風險是失掉信譽，因其主要運作預算雖由政府編列，惟仍需自籌約 3 成經費，爰除執行中央政府職權，肩負勞動檢查(包含但不限於職業安全衛生)及工安事故調查責任外，並需了解事業單位實際迫切需求，提升技術顧問服務之自籌經費。

## (三) 英國離岸風場職業安全衛生促進策略

離岸風場之建置施工及營運維護，涉及陸域前置作業及海事工程之海域作業，涵蓋離岸風力發電機預組裝及測試、水下基礎製造、陸上變電站及地下電纜施工、岸邊準備等前置作業與離岸風場建置、運維期間之海事操作，包括依序安裝基礎樁、轉接段、機間陣列電纜、塔架、機艙、葉片等構件及試運轉與後續維修保養等，面臨人員進出(人員於載台間之轉移)、海上吊裝作業、海上高處作業、水下作業、電氣作業(含臨時用電、活線作業及活線接近作業)、局限空間作業、葉片化學塗佈與修補、手工具作業、高氣溫下作業等風險問題，可能發生墜落、物體飛落、倒塌、感電、被撞、溺水等災害。

英國安全衛生執行署(HSE)就整體離岸風電系統海域建造及後續運作、維護保養等階段衍生之安全衛生危害，分析前三大高風險作業依序為海上高處作業、海上吊裝作業、人員進出(人員於載台間之轉移)，故要求離岸風場開發商及運維商對其設備商、承攬人及相關工作者需有安全衛生及海上逃生自救之訓練，並規劃離岸風場職業安全衛生促進策略如下：

- (1). 減少低頻率但高嚴重度之職業災害
  - a. 執行示範性的介入計畫(包含檢查)。
  - b. 要求業者對於新海域之開發計畫，以及位於具挑戰性海域之既有風場施工計畫，確保載台、施工機具及海事操作之安全性。
  - c. 要求業者於建置、運維及除役拆除等階段，訂定風險消滅計畫。
  - d. 與英國海事與海岸警衛署(Maritime and Coastguard Agency, MCA)、海上事故調查局(Marine Accident Investigation Branch, MAIB)等其他政府機關聯合監管。
- (2). 推動離岸風電產業安全文化
  - a. 自 2015 年起與離岸風電產業安全衛生國際組織(G+ Global Offshore Wind Health and Safety Organisation)合作辦理安全衛生促進計畫及活動，協助其發展作業安全規範。
  - b. 定期與離岸風場開發商、運維商及其設備商、承攬人之高階主管會談。
  - c. 鼓勵業者推行職業安全衛生管理系統，持續改善安全衛生績效，尤其注重變更管理。
  - d. 督促業者確保開發的技術和操作方法可良好控制相關作業風險。

#### **(四) 離岸風電海域作業安全衛生監督檢查之實務作法**

英國安全衛生執行署(HSE)表示，由於離岸風電海域作業之高風險性，離岸風電產業工作者之防災意識與自主查核落實度都較陸域風電產業高，且依據長期統計資料顯示，離岸風電海域作業職災發生率亦遠低於陸域作業，爰該署執行離岸風電海域作業安全衛生監督檢查之方式如下：

- (1). 每個離岸風場均有主責的專案檢查員，執行離岸風電海域作業安全衛生監督檢查時，採相互彈性支援方式進行，可安排其他檢查員或

相關部會權責單位聯合參與。

- (2). 執行離岸風電海域作業安全衛生監督檢查之檢查員，需接受世界風能組織(GWO)認可之高處作業(Working at Heights)及海上求生(Sea Survival)等 2 項基本安全訓練，取得證照並定期回訓，同時視業務執行需求接受直升機水下逃生訓練(HUET)。
- (3). 至乘船出海實施離岸風電海域作業安全衛生監督檢查之頻率，每個離岸風場以一年檢查 1 次原則，並以離岸風場建造階段之海域作業為優先。
- (4). 專案檢查員執行離岸風電海域作業安全衛生監督檢查，須事前通知離岸風場開發商或運維商依其風場進出安全規範，安排無償之人員運輸船(Crew Transfer Vessel, CTV)等接駁船隻，並提供檢查員必要之安全防護裝備，保護檢查員乘船出海至離岸風場之運送轉移安全。
- (5). 考量離岸風電海域作業安全衛生監督檢查具相當辛苦及危險性，依檢查員乘船出海實施檢查之天數，額外提供每天 100 英鎊的津貼。
- (6). 召開監督檢查行前會議，掌握乘船出海當日海域作業之施工項目與風場進出安全注意事項，並特別注重海域作業使用手工具之安全，因風浪致工作者晃動或失去平衡時，手工具如未繫固，可能脫手自傷或傷及別人。

#### (五) 離岸風場自動化維修技術發展

英國離岸風電產業預計投資 400 萬英鎊開發離岸風場自動化維修技術，規劃結合無人船(圖 8)、無人機及爬行機器人(圖 9)等自動化系統，執行離岸風力發電機之例行檢查及葉片維修作業，減少工作者乘船出海從事登塔作業(人員自船舶載台轉移至離岸風力發電機之轉接段)、高處作業、繩索作業等，大幅降低工作者執行離岸風場運維任務面臨之風險。

離岸風場自動化維修技術係規劃透過無人機對離岸風力發電機之葉片進行影像及高光譜成像檢查，並將爬行機器人運送至葉片上，以爬行機器人之創新機械手臂修復葉片，且需設計遠端監控、干預操控等人機界面，處理運維任務中發生之意外情況，於必要時以人為干預方式進行操控；該項技術之發展，亦將大幅降低離岸風場運維之人員運輸船(CTV)費用，並減少葉片

檢查及維修作業之停機時間，降低電能損失，預估每個離岸風場之生命週期平均可節省 2,600 萬英鎊成本。

西門子歌美颯公司(SGRE)全球品保及環安衛最高主管 Gregorio Acero 於會議中表示，該公司已積極配合英國發展離岸風場自動化維修技術，其無人船系統已非常完善，但爬行機器人技術正處於試驗階段；目前部分離岸風力發電機之施工及運維有導入無人機視訊監控，也展開以無人船搭載爬行機器人自動登塔進行維修檢查之試驗，預計未來技術成熟後將可同步應用於臺灣離岸風場。



圖 8 無人船<sup>1</sup>

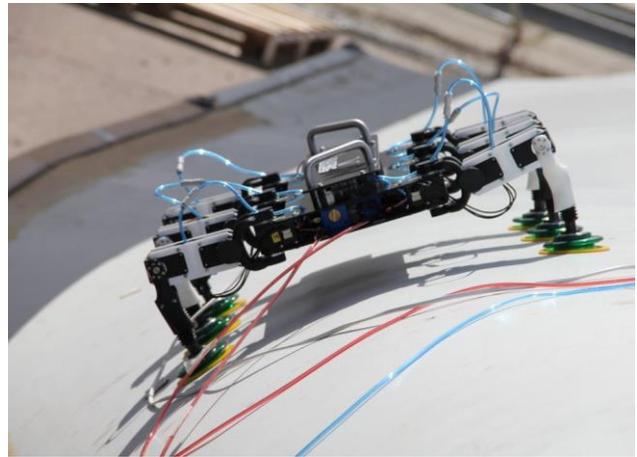


圖 9 爬行機器人<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup> <https://renews.biz/53413/uk-project-plots-automated-offshore-repairs/>

<sup>2</sup> <https://www.theengineer.co.uk/robot-offshore-wind-farm-inspection/>

## 二、西門子歌美颯公司位於赫爾之風機組裝工廠

西門子歌美颯公司位於赫爾之風機組裝工廠，主要包含預組裝場(圖 10)及葉片製造廠，合計約有 1,700 名員工，其廠區在港口邊，俾利進行葉片吊掛作業，現場停留丹麥船隻及其運送之風機葉片，每片長 80 公尺，並有分節塔架、風機機艙等；本次參訪全程由西門子歌美颯公司赫爾專案之環安衛最高主管 Graeme Paterson 會同預組裝場場長熱忱接待，勞動部職業安全衛生署並致贈禮物表達感謝之意(圖 11)，參訪重點摘述如下：

### (一) 西門子歌美颯公司安全管理措施

西門子歌美颯公司係以淺顯易懂的標誌及資訊教導工作者，使其能辨識風險，做好應有之安全衛生防護，如現場作業區域設置簡單明瞭之告示牌，提醒工作者應配戴之個人防護具(圖 12)。

工作者及外部訪客進出預組裝場均須刷卡識別(圖 13)，並設置紐澤西式護欄(Jersey barrier)通道限制路徑(圖 14)，工作區域皆以顏色識別(圖 15)，讓工作者及外部訪客進入工作場所前，即可識別該場所之潛在危險性。此外，工作者及外部訪客皆須穿戴完整之個人防護具(圖 16)，包含安全帽、安全眼鏡、反光背心、手套及安全鞋等，其中工作者反光背心顏色為螢光綠，訪客則為橘色(圖 17)，方可進入預組裝場。



圖 10 預組裝場



圖 11 致贈禮物給 SGRE 赫爾安衛最高主管



圖 12 個人防護具告示



圖 13 人員進場管制



圖 14 紐澤西式護欄通道



圖 15 工作區域顏色識別



圖 16 完整之個人防護具



圖 17 工作者及訪客顏色區別

## (二) 離岸風力發電機本質安全

離岸風力發電機之塔架共有三節，需垂直吊掛組裝，組裝完成後全長約 100 公尺(圖 18)，並放置於預組裝場，以螺栓固定塔架底部(圖 19)，此時塔架內部電箱、海纜接頭、控制盤、爬梯、升降機等設備均已完成安裝(圖 20)，待自升式平台船抵達港口，再垂直吊掛至船上，以直立方式運輸至離岸風場(圖 21)。

有關三節塔架之組裝方式，原需工作者於塔架內以人力調整定位，但在英國安全衛生執行署(HSE)要求下，改於塔架內部安裝 CCTV 遠端監控，由電腦監控其完成吊裝及定位密接後，再由工作者依後續工法鎖固，可防止人員牽引吊舉物時遭撞擊之危害，西門子歌美颯公司並將此工法導入至離岸風力發電機葉片之海上吊裝作業，後續亦會應用於臺灣離岸風場之施工。



圖 18 完成預組裝之塔架



圖 19 螺栓固定塔架底部



圖 20 塔底內部



圖 21 塔架裝船作業

現場離岸風力發電機之單機容量為 8 MW，採直驅式、機艙無齒輪箱之設計，大幅減少機艙重量，可降低塔架之負擔及海上吊裝作業風險，並避免後續齒輪箱維修作業風險；該型風機已安裝於沃旭能源 Hornsea 離岸風場，未來亦規劃安裝於臺灣離岸風場，有關其機艙內部之安全衛生設施，記錄如下：

- (1). 機艙內部空間遠較臺灣現有陸域風機之機艙內部寬敞，行走通道之寬度達 80 公分以上(圖 22)。
- (2). 上下之樓梯設有扶手，開口部分亦設置護欄(圖 23)。
- (3). 備有急救箱、沖眼液(圖 24)、CO2 滅火器及消防毯(圖 25)。
- (4). 機艙發生無法撲滅之火災時，可使用逃生門(圖 26)及緊急逃生設備從機艙外垂降至轉接段平台或海上，如海水溫度過低，需穿著浸水衣(圖 27)後方可逃生。
- (5). 機艙頂部為直升機吊掛平台，可於海況不佳無法乘船出海時，使用直升機運送工作者進出離岸風場，或於離岸風場作業之工作者受傷致有緊急醫療需求時，將其載運回陸地；機艙頂部設有護欄防止墜落危害(圖 28)，綠色區域為人員等待區(如圖 29 右上角)，待直升機抵達黃色區域(如圖 29 下方)上方且穩定後，人員才可進入黃色區域吊掛上直升機。

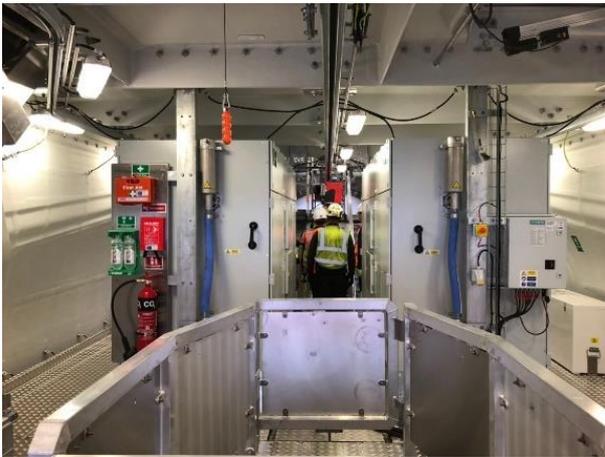


圖 22 機艙行走通道



圖 23 開口護欄



圖 24 急救箱、沖眼液



圖 25 滅火器及消防毯



圖 26 逃生門



圖 27 浸水衣



圖 28 機艙頂部護欄



圖 29 直升機吊掛平台

### (三) 離岸風力發電機安裝船

本次參訪適逢自升式平台船抵達港口，該船屬沃旭能源公司(Ørsted)調度之離岸風力發電機安裝船，經預組裝場場長溝通協調，得以臨時登上安裝船參觀，登船舷梯兩側扶手上設有提醒工作者應穿戴個人防護設備之標示，且要求登船時雙手均需緊握扶手(圖 30)，嚴防登船途中發生墜落、滾落、滑倒等災害；該自升式平台船約有工作者 27 人，分兩班 24 小時作業，趁漲潮時進出港口，每次吊運 4 個塔架及 12 個葉片，當風浪落差不大時，約 19~20 小時可在海域安裝 1 架離岸風力發電機，並實施 4~5 小時試運轉測試。

工作者進出安裝船須使用識別證通過閘門(圖 31)，訪客亦需登記，船艙設有舷梯供人員登上離岸風力發電機工作使用，其船艙舷梯出入口亦設置門禁感應裝置(圖 32)，俾利清楚掌握船上人數。另甲板上設置各式施工機具、設備(圖 33、圖 34)及穩妥固定之塔架、機艙(圖 35)及葉片(圖 36)等準備運送至離岸風場安裝之構件，並特別以黃色標線標示人員行走通道(圖 37)。



圖 30 登船舷梯



圖 31 安裝船出入口



圖 32 船艙舷梯出入口



圖 33 施工設備(1)



圖 34 施工設備(2)



圖 35 機艙放置處



圖 36 葉片放置處



圖 37 黃色標線標示人員通道

### 三、世界風能組織(GWO)赫爾訓練中心

#### (一) GWO 赫爾訓練中心規劃特色

GWO 赫爾訓練中心為西門子歌美颯公司(SGRE)所設立，並經世界風能組織(GWO)授權認可之 GWO 訓練機構，設施規劃包含 GWO 訓練場地(圖 38)及西門子歌美颯公司內部教育訓練場所(圖 39)，其中 GWO 訓練部分共有 11 項課程：

- (1). 基本安全訓練：急救處理(First Aid)、手動操作(Manual Handling)、消防意識(Fire Awareness)、高處作業(Working at Heights)共 4 項。
- (2). 基礎技術訓練：電氣安全(Electrical)、液壓安全(Hydraulics)、機械安全(Mechanical)共 3 項。
- (3). 進階救援訓練(Advanced Rescue Training)共 4 項。

該訓練中心與其他 GWO 訓練中心相較，其課程規劃少了海上求生(Sea Survival)基本安全訓練，卻增加了著重在人員搶救之 4 項進階救援訓練，係考量離岸風力發電機之機艙內部空間有限及塔架進出口不大，爰憑藉地利之便，由西門子歌美颯公司(SGRE)提供既有機艙與塔架等設施，規劃受傷人員搬運救出之實境訓練。

GWO 訓練場地入口放置一假人模型，展示離岸風力發電工作者所需穿著之個人防護具(圖 40)，該場地對於高低差逾 30 公分處，皆設置扶手以防止受訓學員發生跌倒或扭傷災害(圖 41)。另因西門子歌美颯公司(SGRE)在全球安裝數種不一樣之風機機型，每一機型之內部空間、搭配設備不盡相同，故訓練場地可見到多款機艙(圖 42)及起重機(圖 43)，供訓練課程使用。



圖 38 GWO 訓練場地



圖 39 內部教育訓練場所



圖 40 著裝之假人模型



圖 41 場地高低差處之扶手



圖 42 不同型號之機艙



圖 43 不同型號之起重機

## (二) GWO 高處作業訓練與急救處理訓練

高處作業(Working at height)與急救處理(First Aid)屬世界風能組織(GWO)基本安全訓練項目，除欲前往離岸風場從事施工或運維之工作者應接受前揭訓練外，英國安全衛生執行署(HSE)執行離岸風電海域作業安全衛生監督檢查之檢查員，亦需接受高處作業(Working at height)訓練，方可乘船出海。

GWO 赫爾訓練中心高處作業(Working at height)課程部分，備有各國所使用不同規格之個人防護裝備(圖 44)，讓受訓學員熟練各種設計及操作方式，如個人擒墜系統、背負式安全帶、扣環等防墜裝置；其中個人擒墜系統分為二種設計，第一種屬較傳統之鋼索式擒墜設計(圖 45)，當系統發現工作者發生墜落後立即鎖定，防止其持續墜落，惟系統鎖定前工作者可能已下墜一小段距離，存有擺盪撞擊之風險；第二種為軌道式擒墜設計(圖 46)，係將軌道安裝於垂直固定梯上，並使用扣環(圖 47)嵌入軌道中，可隨工作者上下移動提供擒墜之效果，無擺盪撞擊之風險，安全係數較高。另訓練場地亦設有高台(圖 48)模擬離岸風力發電機轉接段及塔架內部之垂直固定梯，讓受訓學員練習攀爬，並提供緊急逃生使用之米蘭(Milan)垂降設備(圖 49)，供實地演練操作。

至急救處理(First Aid)課程部分，備有急救背包及復甦安妮(圖 50)，讓受訓學員對於在離岸風場受傷之工作者提供急救處理，等待緊急救援，並使用人體搬運教具(圖 51)，教導受訓學員應如何搬運及施力，避免搬運途中造成自身受傷或拉傷。



圖 44 個人防護裝備



圖 45 鋼索式擒墜設計



圖 46 軌道式擒墜設計

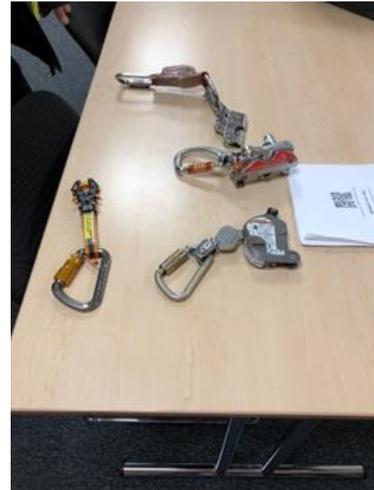


圖 47 扣環



圖 48 訓練高台



圖 49 米蘭(Milan)垂降設備



圖 50 急救背包及復甦安妮



圖 51 人力搬運教具

## 四、沃旭能源 Grimsby 廠區及其 Westernmost Rough 風場

Grimsby 為一漁業發展衰退之海濱小鎮，因英國大力發展離岸風力發電之政策，請沃旭能源公司(Ørsted)於該鎮設廠，而逐漸成為產業轉型之成功範例，英國政府未來亦規劃將此模式推展至其他漁村；本參訪行程係由沃旭能源公司(Ørsted)臺灣區環安衛最高主管 David Collins 協助安排，爰勞動部職業安全衛生署邀請其見證我國與英國安全衛生執行署(HSE)簽署合作備忘錄，並於 Grimsby 廠區致贈禮物表達感謝之意(圖 52)。

沃旭能源 Grimsby 廠區約有 300 名員工，該廠區包含管控船舶及人員進出離岸風場之海事協調中心(Marine Coordination Centre, MCC)、負責離岸風場船舶後勤補給之維修中心及 Grimsby 外海離岸風場之陸上變電站，茲分述如下：

### (一) 海事協調中心(MCC)

海事協調中心(MCC)控管所有進出離岸風場各式船舶載台與人員活動，針對人員、船舶甚至直升機進行管理調度，如協助規劃工作船施工或直升機吊掛作業進出離岸風場之路線，使所有離岸風場相關之海域作業以標準作業流程執行，確保作業安全及效率。

另沃旭能源公司(Ørsted)於離岸風力發電機及離岸變電站均裝設 CCTV 遠端監控，海事協調中心(MCC)亦日夜觀察離岸變電站及 Grimsby 外海風場之運作情形(圖 53)，甚至能切換遠端監控畫面至沃旭能源公司(Ørsted)全歐洲之離岸風場；該公司臺灣區環安衛最高主管 David Collins 並表示，未來規劃於臺灣建置亞太遠端監控中心，監控範圍將擴及臺灣、韓國、日本、中國、新加坡等國家之離岸風場，並提供專家即時諮詢及研究。

### (二) 維修中心

沃旭能源 Grimsby 廠區之維修中心備有工作者所需之個人防護具及小型工件(圖 54)，提供人員運輸船(Crew Transfer Vessel, CTV)及服務操作船(Service Operation Vessel, SOV)之後勤補給，其中服務操作船(SOV)靠港補給頻率約每個月一次；現場並看到維修中心以顏色標記離岸風場每隻離岸風力發電機之狀態，讓工作者一目瞭然(圖 55)。

維修中心亦對物料及工件實施顏色管理，共有 3 種不同之顏色標示，每半年更換顏色一次，顏色不符即表示領料錯誤，並依作業特性將工作手套分

為 15 種，實體展示於維修中心領用處(圖 56)，避免工作者使用錯誤手套。另沃旭能源公司(Ørsted)非常重視「工作者參與」之觀念，在工作場所可看到每位工作者所提每半年要改善之職業安全衛生目標(圖 57)。



圖 52 致贈禮物給 Ørsted 安衛最高主管



圖 53 遠端監控



圖 54 維修中心倉庫



圖 55 風機狀態管理



圖 56 工作手套展示



圖 57 職安衛改善目標

### (三) 陸上變電站施工

本次參訪之陸上變電站係屬 Grimsby 外海之 Hornsea 離岸風場，依其工程主管介紹(圖 58)，該變電站分為二個區塊，第一區塊目前已完工供 Hornsea Project One 離岸風場使用；第二區塊(圖 59)尚在施工中，規劃供 Hornsea Project Two 離岸風場使用，其施工安全管理措施，整理如下：

- (1). 工地設有閘門進場管制，需以識別證感應方能進入工地(圖 60)。
- (2). 工地辦公室設有安全資訊板，張貼良好之安全衛生行為(What Good Looks Like)，並以照片佐以簡短說明方式呈現，期透過對工地安全之規劃、關注及溝通，提升工作者之安全文化及習慣(圖 61)。
- (3). 已依英國施工設計與管理規定(Construction Design and Management Regulations, CDM)，至英國安全衛生執行署(HSE)指定網站申報營造工程內容、工地面積、工地負責人、工地安全衛生主管及聯繫方式等資訊，並列印張貼於工地辦公室。
- (4). 每日施工前召集相關承攬人進行當日工程演練(Rehearsal of Concept, ROC)，以模型演練規劃進行之工程(圖 62)，落實共同作業之指揮、監督及協調，辨識可能發生之風險及採取連繫、調整等必要措施，以防止職業災害。
- (5). 工程演練會議室設有假人模型，展示工地工作者應穿戴之個人防護具，包含安全帽、手套、安全眼鏡、反光背心、耳塞或耳罩、安全鞋等(圖 63)，提醒工作者應著裝完成後方可施工。



圖 58 陸上變電站介紹



圖 59 施工工地



圖 60 人員進出管制



圖 61 安全資訊版

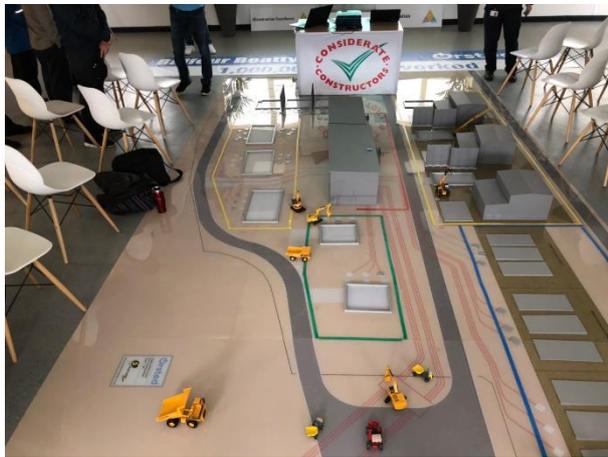


圖 62 工程演練



圖 63 著裝之假人模型

#### (四) Westermost Rough 離岸風場

沃旭能源公司(Ørsted)於 Grimsby 外海建造 Westermost Rough、Hornsea 等數個離岸風場，其中 Hornsea 離岸風場位於海岸外約 50 公里且部分區塊尚未完工，爰本次參訪係搭乘人員運輸船(Crew Transfer Vessel, CTV)(圖 64)至離岸較近且完工啟用之 Westermost Rough 離岸風場；當日人員運輸船(CTV)共 3 名員工，1 位為漁民轉職，可發現到離岸風力發電產業為 Grimsby 帶來許多就業機會，如漁民能固定巡視及協助離岸風場之運作，或接受訓練從事離岸風電作業。

人員運輸船(CTV)係載運工作者前往離岸風力發電機或離岸變電站之主要接駁工具，船艙前端設有具特殊設計之橡膠條(圖 65)，能頂住離岸風力發電機之轉接段，並有船艙扶手降低人員登塔作業(人員自船舶載台轉移至離岸風力發電機之轉接段)之風險。該運輸船(CTV)含船長可搭載 12 名人員，所有人員均需穿著反光背心及救生衣(圖 66)，並聆聽航行注意事項及救生衣使用說明後，方可開始航行，其航行過程中(含港內航行)，僅有受過訓練之工作者才能於甲板上走動，其餘未經訓練人員(如訪客)如至甲板需由船員陪同；另船艙內設有安全計畫之布置圖(圖 67)，標示人員逃生艙、滅火器、急救箱等相關設施之位置，讓船內人員可即時取得。

有關 Westermost Rough 離岸風場，每架風力發電機設置間隔約 500 公尺，風力發電機之葉片並塗有橘紅點標誌(圖 68)，提供直升機執行工作者運送或救援任務時辨識，該離岸風場產生之電力將先輸送至離岸變電站(圖 69)升壓，再經海底電纜輸出至陸上變電站併聯電網。另沃旭能源公司(Ørsted)表示，為開發更大風能，該公司正積極試驗深海區浮動式風力發電機，使用浮動式平台作為其基礎結構，不需將水下基礎固定於海底，可防止深海區域打樁作業之危害。



圖 64 人員運輸船(CTV)外觀



圖 65 特殊設計之橡膠條



圖 66 人員運輸船(CTV)船艙



圖 67 安全計畫布置圖



圖 68 離岸風力發電機



圖 69 離岸變電站

## 肆、心得與建議

### 一、借鏡英國離岸風場職業安全衛生監督制度

- (一) 藉由本次共同簽署職場安全及健康資訊交流與合作備忘錄，我國與英國安全衛生執行署(HSE)已建立合作夥伴關係，後續可循合作備忘錄之運作機制，汲取英國離岸風場安全衛生資訊及經驗，包含法規、技術、監督檢查、缺失統計及矯正、事故調查等。
- (二) 鑑於離岸風力發電產業為我國新型態產業，離岸風場之建置施工及營運維護，包含陸域前置作業及海事工程之海域作業，涉及岸邊、海上及水下等特殊環境，建議學習英國安全衛生執行署(HSE)對離岸風電作業安全監督之實務作法及經驗，建立我國離岸風場職業安全衛生監督制度，並推動相關作業安全規範，相關規劃如下：
  - (1). **加強陸域前置作業安全**：要求離岸風場開發商於施工 2 個月前函報離岸風力發電機預組裝及測試、水下基礎製造、陸上變電站及地下電纜施工、岸邊準備等作業之時程及進駐港區、場地或廠區之詳細位置等資訊，由轄區勞動檢查機構加強初期陸域作業之勞動檢查，督促事業單位做好前置作業工之安全衛生設施及管理。
  - (2). **成立海域作業監督檢查小組**：成立離岸風電海域作業安全衛生監督檢查小組，該小組成員需接受世界風能組織(GWO)認可之高處作業(Working at Heights)及海上求生(Sea Survival)等 2 項基本安全訓練並獲證照，至每年乘船出海實施離岸風電海域作業安全衛生監督檢查之頻率，以 2 次至 3 次為原則，並以離岸風場建造階段之海域作業為優先。
  - (3). **訂定海域作業監督檢查計畫**：考量海事操作受天候海況、載台運動之影響甚大，作業特性與陸域迥異，爰對於前揭監督檢查小組乘船出海實施離岸風電海域作業安全衛生監督檢查業務，應規劃其實施策略、接駁機制及監督檢查重點，並編撰乘船出海實施監督檢查相關指引，建立監督檢查項目、流程及相關細節。

- (4). **推動離岸風電施工與運維相關規範**：為協助事業單位提升防災管理能力，勞動部職業安全衛生署已於 108 年 1 月 11 日訂定「離岸風電海域作業安全指引」，函送各離岸風場開發商據以執行，並由開發商分送其設備商及承攬人遵循，後續將持續編撰離岸風電作業風險評估手冊及災害案例彙編、高處作業安全指引等作業安全規範，以督促我國離岸風電產業落實自主查核及風險評估。

## 二、敦促我國離岸風電產業學習英國防災技術

- (一) 邀請英國安全衛生執行署(HSE)派員來台，合作辦理離岸風電安全國際論壇，藉由國際技術、知識及經驗之交流，協助我國業者強化離岸風電作業危害之辨識、評估及控制能力，提升產業安全效能及競爭力。
- (二) 對於離岸風力發電系統之設計或施工，應考量本質安全，從源頭控制風險，於設計及施工規劃階段即針對工作環境及作業危害實施辨識、評估，並採取控制措施，避免發生職業災害。
- (三) 依英國安全衛生執行署(HSE)分析，離岸風電系統海域建造及後續運作、維護保養等階段衍生之安全衛生危害，前三大高風險作業依序為海上高處作業、海上吊裝作業、人員進出(人員於載台間之轉移)，建議我國離岸風電產業應強化該等作業之安全管理，並學習及應用英國正發展之防災技術，例舉如下：
- (1). **離岸風場自動化維修技術**：結合無人船、無人機及爬行機器人等自動化系統，執行離岸風力發電機之例行檢查及葉片維修作業，減少工作者乘船出海從事人員進出(人員於載台間之轉移)及登塔作業(人員自船舶載台轉移至離岸風力發電機之轉接段)、海上高處作業、繩索作業等，大幅降低工作者執行離岸風場運維任務面臨之風險。
- (2). **CCTV 遠端監控技術**：對於離岸風力發電機葉片之海上吊裝作業，以 CCTV 遠端監控其完成吊裝及定位密接後，工作者再進入離岸風力發電機進行鎖固，以防止工作者從事海上吊裝作業遭吊舉物撞擊之危害；另建議於離岸風力發電機及離岸變電站均裝設 CCTV 遠端

監控，以掌握離岸風場運作狀況及工作者運維作業安全，避免發生職業災害。

- (3). **軌道式擒墜系統**：對於離岸風力發電機之垂直固定梯攀爬作業，應盡量採用軌道式擒墜系統，其軌道安裝於垂直固定梯上，並使用扣環嵌入軌道中，能預防工作者上下移動發生墜落災害，並避免擒墜系統發生擺盪撞擊之風險。

## 伍、附件

中華民國勞動部職業安全衛生署與英國安全衛生執行署(HSE)共同簽署「職場健康與安全方面之資訊交流與合作備忘錄」影本



**MEMORANDUM OF UNDERSTANDING**

**BETWEEN**

**Occupational Safety and Health Administration, Ministry of Labor,  
Taiwan**

**AND**

**THE HEALTH AND SAFETY EXECUTIVE OF GREAT BRITAIN**

**CONCERNING**

**INFORMATION EXCHANGE AND COOPERATION ON WORKPLACE  
HEALTH AND SAFETY**

**THIS AGREEMENT IS DATED: 10<sup>th</sup> June 2019**

Between;

- (1) **Occupational Safety and Health Administration, Ministry of Labor, Taiwan (“Taiwan OSHA”)**; and
- (2) **THE HEALTH AND SAFETY EXECUTIVE OF GREAT BRITAIN**, a non-departmental government body formed under the Health and Safety at Work, etc. Act (1974), acting through its Health and Safety Laboratory having premises at Harpur Hill, Buxton, Derbyshire, SK17 9JN (“HSE”)

(Taiwan OSHA and HSE being hereinafter referred to as the “Parties” or individually, a “Party”).

**WHEREAS:**

This Agreement is designed to enable **Taiwan OSHA** to cooperate with HSE and to mutually establish the framework for a broad and flexible partnership, to promote safe and healthy working.

**IT IS AGREED** as follows:

**1. INTERPRETATION**

- 1.1 In this Agreement the following words and expressions shall have the following meanings unless the context otherwise requires: -

“**Agreement**” means this Memorandum of Understanding;

“**Intellectual Property Rights**” means all patents, copyrights, design rights, trademarks, service marks, trade secrets, know-how and any other intellectual property rights (whether registered or unregistered) and all applications for the same, anywhere in the world;

- 1.2 Words denoting the singular number only shall include the plural and vice versa. Reference to a person includes individuals, firms and corporations.
- 1.3 Unless the context otherwise requires, reference to a Clause or Sub-clause or Schedule is to a clause or sub-clause or schedule of this Agreement.
- 1.4 No variation of or addition to this Agreement is effective without the written agreement of both **Taiwan OSHA** and HSE.
- 1.5 This Agreement and any associated Contract raised under this Agreement overrides and take the place of any other terms or conditions emanating from or referred to by **Taiwan OSHA**.

THE PARTIES HEREBY CONFIRM THEIR UNDERSTANDING AS FOLLOWS:

**2. DURATION**

- 2.1 This agreement comes into application on the effective date and is valid for three years in accordance with the provisions herein.
- 2.2 The Parties may decide to renew this agreement on such terms and conditions as they may agree.

**3. INFORMATION SHARE AND COOPERATION**

- 3.1 HSE has a unique breadth of experience, capability and facilities to share with Taiwan OSHA including (but not limited to) Inspections, Consultancy, Testing, Training and Investigations, especially the safety and health of offshore wind farm.
- 3.2 Cooperative activities may be implemented through a variety of means, such as the exchange of best practice and information, joint projects, studies, exchange visits, visits, workshops and international events.
- 3.3 The cost and Intellectual Property Rights of all cooperative activities carried out by the Parties in the implementation of this Agreement will be borne as mutually determined and a contract will be established by the Parties.

**4. INTELLECTUAL PROPERTY RIGHTS**

- 4.1 The property and any copyright or other Intellectual Property Rights for any existing material used or supplied by HSE for the purpose of this Agreement ("Background IPRs") shall continue to belong to and vest in HSE and the British Crown.
- 4.2 Where Intellectual Property Rights arise out of the performance of the cooperative activities those rights shall belong to HSE, but nothing in this clause shall operate to deprive Taiwan OSHA or any third party of pre-existing Rights.
- 4.3 Any report shall be the copyright of HSE except to the extent that it contains pre-existing copyright material belonging to Taiwan OSHA or third parties.
- 4.4 Any report produced by HSE for Taiwan OSHA in the performance of cooperative activities may be freely published by Taiwan OSHA subject to the following provisions of this clause:

**Taiwan OSHA** shall not without the prior written agreement of HSE:

- a) publish a report in any abridged or altered form;
- b) use a report for the settlement of any civil dispute or action;
- c) publish a report in part or whole in connection with any prospectus, advertisement, sale literature or any similar material.

4.5 **Taiwan OSHA** hereby warrants that any design, documentation, software, or any other material or information provided, produced, or furnished by **Taiwan OSHA** in connection with this Agreement will not be such as to infringe any Intellectual Property Rights or any other right whatsoever of any third party, and **Taiwan OSHA** shall fully indemnify HSE in respect of any claims relating thereto.

4.6 **Taiwan OSHA** shall not use the name of HSE (and/or the name of the Health and Safety Laboratory) in connection with any prospectus, advertisement, sale literature or any similar material.

## **5. CONFIDENTIALITY**

5.1 The Parties shall ensure that mutually provided information, documents, and personal data are kept confidential. In the event that the use of the aforementioned information is restricted or that it will not be used for the purpose for which it was provided or that it will be shared with a third party, the consent of the Party providing it shall be secured by prior notice.

## **6 TERMINATION**

6.1 This Agreement will come into effect on the date of its signature and will remain in effect unless either Party informs the other in writing, at least six months in advance of the date of termination, of its intention to terminate this Agreement.

6.2 Any difference or dispute that may arise between the Parties in connection with the interpretation and/or implementation and/or application of this Agreement will be resolved through direct negotiations as soon as possible by the Parties.

## **7 FORCE MAJEURE**

7.1 No failure or omission by any Party to carry out or observe any of the stipulations, conditions or obligations to be performed hereunder shall, be deemed to be in breach of this Agreement for so long as such failure or omission arises from any cause beyond the reasonable control of that Party.

## **8 ANTI-BRIBERY AND ETHICS**

8.1 Each Party agrees that it will not directly or indirectly receive from or give or offer or give to any other Party or to other contractors or suppliers or to government officials or any other persons anything of material value which would be regarded as an improper inducement to any Party.

8.2 Each Party shall uphold the highest standards of ethics in the performance of its responsibilities under this Agreement.

**9 GENERAL**

- 9.1 No failure or delay by any Party in exercising any of its rights under this Agreement shall be deemed to be a waiver of that right, and no waiver by any Party of any breach of this Agreement by the other shall be considered as a waiver of any subsequent breach of the same or any other provision.
- 9.2 Any complete or partial invalidity or unenforceability of a provision in these Conditions or any relevant contract for any purpose shall not affect its validity or enforceability for any other purpose or the remaining provision but it shall be deemed to be severed for that purpose.
- 9.3 No Party may assign this Agreement or any part thereof without having first obtained the prior written consent of the other Party, such consent shall not be unreasonably withheld or delayed.
- 9.4 This Agreement shall be binding upon and endure for the benefit of the Parties, their successors and permitted assigns.
- 9.5 Neither Party may pledge or purport to pledge the credit of the other Party or make or purport to make any representation, warranty or undertaking on behalf of the other Party.

**IN WITNESS WHEREOF**, this Agreement shall become effective as of the date of signing and is executed in the Parties which are equally valid. The Two originals of this Agreement in English are both equally authentic.

Signed for and on behalf of the **Taiwan OSHA** by its duly authorised signatory as follows: -

<u>Tzu-Lien, Tzou</u> Authorised Signatory	..... Witness
<u>Tzu-Lien, Tzou</u> Name	..... Name
<u>2019.06.10</u> Date of Signature	..... Address
<u>HSE, London</u> Place of Signature	.....

Signed for and on behalf of the **HEALTH AND SAFETY EXECUTIVE** by its duly authorised signatory as follows: -

<u>David Snowball</u> Authorised Signatory	..... Witness
<u>DAVID SNOWBALL</u> Name	..... Name
<u>10.6.19</u> Date of Signature	..... Address
<u>HSE, LONDON</u> Place of Signature	.....