

淺談郵輪的環境成本

▲ 方信雄

一、前言

回顧自 2009 年金融海嘯以來，海運業算是經營最為艱困的產業之一，但唯獨郵輪業是海運與休閒旅遊市場中成長最快速的區塊，實屬產業異數。因為 COVID-19 疫情之前，自 1990 年代至 2000 年代之間，郵輪市場每年成長率約達 7%。然而近年來，環保團體在各國際場合中一再聲稱海運業每年所排放的二氧化碳估計達 10 億噸，這相當於全德國每年的二氧化碳排放量。於此同時，國際海事組織 (IMO) 亦估測這些汙染排放源從 2008 年到 2005 年計成長 130%，而學者專家則聲稱郵輪提供了全球海洋污染源的 77%，可見海運業可以稱為高環境成本的產業。面對各界的關切，無論海運業，特別是以載運旅客為主的郵輪產業勢必要提出積極改善作為，否則勢將承受各方壓力。

眾所周知，新式郵輪船長每達 300 公尺以上，可同時搭載數千名旅客與船員，直可比擬一座“浮動的城市”，但是長久以來，人們只知讚嘆郵輪愈造愈大，船體流線令人驚艷且光鮮亮麗，至於郵輪旅客與船員所使用的資源，以及郵輪運轉時所製造的廢棄物，卻常被人

們所忽略。事實上，郵輪無論在海上航行或停泊在港內都會同時排放大氣污染物質進入大氣與廢棄物進入海水中。而且隨著郵輪愈造愈大愈豪華，也相對地產生更多的廢棄物。如同上述，郵輪不僅因功能性與外觀被稱為“浮動城市”，事實上也像城市存有很多污染問題。然由於薄弱的汙染控制法規、執行取締不力，以及在海上監測違法排放的不易，故而郵輪的人均汙染量事實上都比相同人口的城市大。

所幸近年來環保意識抬頭，例如 2017 年嘉年華郵輪公司的子公司公主郵輪被法院以不當處置廢棄物為由課以二千萬美元的罰款，法院聲稱涉案郵輪釋放廚餘與塑製品入海，且疏於準確記錄廢棄物處理，並製作不實的船員訓練紀錄，更在施行第三方檢查之前私下檢定，並修正六項環保遵守事項的檢測結果，而且未將檢查結果告知檢查人員。法院要求嘉年華公司改善其廢棄物管理作為。可見郵輪產業的惡行不再被嚴格的環保規則所通融了。其實，上述罰款只是這幾年來郵輪產業被處罰的許多環保案例之一，究竟郵輪對環境的衝擊是什麼呢？

事實上，不只郵輪，大多數船舶都是使用重油 (Bunker fuel)，其燃燒產生的廢棄物遠較汽車消耗的汽油更具污染力。專家估計一艘搭乘 3,000 名旅客的郵輪平均二氧化碳排放量約為 1,200 kg/km，而一般郵輪的行程通常都有數千公里長。顯然汽車的排放是小多了。例如郵輪在歐洲港口城市排放的液態氧與氧化硫量遠超過歐洲所有 260 萬輛汽車的排放量。

如同前述，由於郵輪搭載的旅客與船員人數眾多，所製造的廢棄物數量亦相對增大，因此相對於一般商船，郵輪所產生的特定類型廢棄物，諸如污水、灰水、固體廢棄物更易引起各方關切。

二．郵輪的汙染源

可以預想的，郵輪船上進行的各式各樣活動與過程，一定會產生不同的汙染源與廢棄物，而郵輪所產生的廢棄物流 (Waste streams)，除少數依規定可送岸回收或處理之外，最終都會排入海洋環境，包括黑水 (Blackwater)、污水 (Sewage)、灰水 (清洗衣物或餐具等之後剩下的廢水) (Gray water)、有害廢棄物 (Hazardous wastes)，含油船底汗水 (Oily bilge water)，以及固體廢棄物 (Solid waste) 等。

基本上，郵輪所產生的汙染源可依據當前的沿海國與國際汙染防範規章，視排放物的可燃性 (Ignitability)、腐

蝕可能性 (Corrosive potential)、反應性 (Reactivity) 與毒性 (Toxicity) 等因素將其歸類下列有害廢棄物：

1.) 黑水

“黑水”亦稱褐 (色) 水 (Brown water)、髒水 (Foul water) 或污水 (Sewage)，專門用來敘述含有排泄物與尿液的水。

黑水乃是收集自廁所，以及醫療用水槽與設施的廢水，其中含有有毒病原體、腸寄生蟲，包括糞便大腸菌類、病毒藥劑與化學養分等。這些物質被排入自然環境前，依規定是要先經分解的。

黑水屬有害的廢棄物，在排入海洋之前應先經適當的處理。在某些情況下，其可能造成漁場與貝類養殖區的嚴重汙染，導致食物鏈的整體汙染，進而經由傳播諸如傷寒、傳染性肝炎、腸胃炎或痢疾等傳染性疾病危害人類健康。

另一方面，污水中含有一連串諸如磷、氮等化學養分。在某些情況下，這些化合物會激發優養化 (Eutrophication)，造成過多的赤潮 (Algal blooms)，結果因為紅潮遮擋光源與製造毒素，造成水生棲地的品質降低，而且這些化合物中有些成分對人類是有害的。

2.) 灰水 (Greywater)

“灰水”是由家庭與非工業過程，包括從洗碗機、廚房排水管、洗衣設施、洗浴設備與洗臉盆等所排出的廢水。

之所以被稱為“灰水”除了其外觀外，就是因為其事實上不被認為是清水 (Fresh water)，也不是受嚴重污染的廢水。通常“灰水”與“黑水”隔離儲存，以減少受嚴重污染水的數量，而郵輪產出的“灰水”數量最大。

郵輪上的“灰水”被收集在船上的槽櫃內，再遵循規定的操作程序，並經評估計畫的航程、船舶位置以及廢棄物產生率等因素後，再利用馬達驅動的離心泵浦，經由船體水線下的不同水門 (Ports) 排放入海。

3.) 含油艙底污水

船舶兩舷的船殼最底處彎曲部稱為“艙” (Bilge)，船上各種機械作動過程中所產生的滲水或冷凝水滴最終都會聚集在該處，諸如主機水密軸封滲水、推進系統的冷卻水、蒸發器的冷凝水與自其他輔機或保養機具所排出者。在此處蓄積的水體中混有機油、汽油、破布，金屬屑、油漆、清潔劑，以及許多由船上碳氫化合物的生物分解產生的副產品。也因為這些聚集在船體最底部的水體中含有被公認為海洋污染最

大元凶的油類，因而又被海運社會稱為“艙水 (Bilge water)”。

含油水排入大海後會在水體表面形成一層極薄的油膜，這種油膜會直接阻礙大氣中的氧溶解於水體中的輸送進程，導致水體缺氧，水生動物最終因缺氧而死亡。

一艘大型郵輪每天可以產生數噸的“艙水”，然而船舶的“艙”處空間有限，因此必須定時抽乾積水，以保持船舶的穩定性，並消除“艙水”中的各種物質，以及不同物質間的相互作用產生的潛在危險，因此需要具備分離 (Extraction)、保留 (Retention)、處理 (Treatment) 等功能的複雜且先進的處理設備，進而依照國際環保規章的規定決定是否再利用或排海。

4.) 空氣污染

雖然郵輪產業相對於整個海運產業所排放的氮與硫的量分別僅佔 5% 與 6%，但一艘郵輪船上的柴油機、輔機、焚化設備等設施所排放的量相當於一座陸上發電廠的排放量。燃燒高含硫量燃油會產生氧化氮、一氧化碳，二氧化碳、二氧化硫，以及其他有害的碳氫化合物等對大氣造成範圍廣大的污染現象，進而造成嚴重的健康問題，包括呼吸系統疾病、神經系統傷害、先天性缺陷或癌症，結果即使污染源的濃度

較低也會導致死亡率的增加。

最令人擔憂的是，從港區內的郵輪所排放的柴油機排放 (Diesel emissions)，對沿岸的社區與周遭區域影響特別大，尤其最近興起的南北極探險航程更是對極地生態的潛在破壞。而從船上柴油機所排放的空污有三分之一是郵輪靠泊在港區內的碼頭時所排出的，這也是歐洲各港口城市的環保團體最關切的問題所在。此外，柴油輔機、照明系統、泵浦、冷藏 (凍) 設備與船上其他運作所需的機具亦都是空氣污染物的重要來源。

5.) 垃圾與固體廢棄物

固體廢棄物與垃圾包括硬紙板、各種金屬廢棄物 (大部分為鋁罐與鐵罐)、玻璃、紙類與塑膠類。

據估計每位郵輪旅客與船員平均每天可產生 3.5 公斤的固體廢棄物。由於單一郵輪船上動輒數千名旅客與船員，因此每天產生的固體廢棄物與垃圾的數量非常可觀。但由於計算的方法並不一致，加諸郵輪航行海上行蹤不定，因此欲準確算出全球郵輪產業所產生的固體廢棄物的數量頗為困難，即使概略的數量都很難。

無論如何，吾人常看到的數值只是表示船上所產生的固體廢棄物的數量，而非遵照廢棄物處理規定與議定書 (Waste disposal regulations and protocols) 所處理過的廢棄物數量。可見未經處理與交代的黑數頗大。此類廢棄物拋棄入海可能成為海洋垃圾 (Marine debris)，並對生態系



統與沿岸社區 (Coastal communities) 產生威脅。

固體廢棄物的污染對開闊大洋與沿岸環境所帶來的潛在衝擊非常嚴重，而且會產生下列的影響與後果：

- ① 表面 (海) 水層與沿岸區域的美感惡化 (Aesthetic degradation)；
- ② 海鳥、魚類、海龜與鯨類動物被糾纏，極可能造成嚴重傷害，甚至因攝取或窒息而死亡；
- ③ 人類的人身傷害；
- ④ 因表層海水與深層海水氣體交換造成塑膠製品與其他合成物質的相互干擾所產生的生態破壞；
- ⑤ 浮游動物誤認微小的固體塑膠微粒 (Plastic particles) 為魚卵或其他養分，進而吞食造成浮游生物層的生態破壞；
- ⑥ 固體廢棄物的積聚造成的生態破壞。固體廢棄物的聚集，無論是漂浮或是沉沒的，如果條件適合，可能持續存在數年，結果造成：
 - 非本土的入侵物種移入導致本土物種的滅絕，造成棲息地的污染；

- 海鳥、海龜以及某些哺乳動物因誤食這些垃圾，導致饑餓或腸道阻塞而死亡；
- 在限制區內 (Restricted areas) 持續處理廚餘將造成營養鹽污染；

郵輪業處理此等廢棄物的方法不外結合廢棄物減量、回收與焚化等方法。因此有一部分垃圾會留在船上，再送陸上回收處理廠，有一部分則是利用船上的焚化爐焚燒再將灰燼拋海，也有些固體廢棄物，如食物或其他有機廢棄物則是拋海。

6.) 焚化爐灰 (Incinerator Ash)

如果廢棄物在送入焚化爐之前有依照經認可的有害廢棄物規則的規定進行分類，則其所產生的焚化爐灰就不被視為有害廢棄物。

其實，在焚化爐本身進行焚化的過程中也會產生幾種型態的廢棄物，諸如未燃燒氣體與金屬的排放，以及燃燒產生的有害副產品，諸如戴奧辛 (Dioxins)、呔喃與重金屬等，都會釋放入大氣之中。

7.) 有害廢棄物 (Hazardous Waste)

一艘郵輪每天約可產生 15 加侖的有害廢棄物，其中包括醫療廢棄物、過期藥品、乾燥的清潔汙泥、電池、相片沖洗藥劑以及其他過期

的化學品、廢油漆與稀釋劑、螢光燈等。

三. 結語

儘管郵輪產業僅占全球海上活動的一小部分，但是其面對的相關環保議題卻是與其他活動相同的。因此從環境永續發展的角度來看，郵輪公司當立於發展有責任的環境措施的最前線，以成為全球海運業的榜樣。而為展現郵輪產業維護環保的決心，郵輪產業已在下列的領域獲得重大的進展：

- 1.) LNG 燃料 (LNG fuel)：新造的郵輪有 49% 採用 LNG 作為主要推進系統的燃料，比 2018 年高出 51%。
- 2.) 廢(排)氣清潔系統 (EGCS)：超過 69% 的全球郵輪船隊使用 EGCS 以符合空污排放規定，比 2018 年增加 25%。此外，有 96% 非採用 LNG 作為推進燃料的新造船，亦都裝置有 EGCS，比 2019 年增加 21%。
- 3.) 先進的廢水處理系統：99% 訂造中的新船都指定要裝設先進的廢水處理系統，使得目前全球郵輪裝設此系統的 70% 比例提升到 78.5%。
- 4.) 岸電容量 (Shore-side Power Capability)：愈來愈多的郵輪裝設在港區可以連接岸上電源的科技設備，以便讓停靠在港的郵輪可以關掉船上的發

電機。當然使用岸電需要港口國政府與港口管理機關的高度合作。其實，從宏觀的角度來看，使用岸電就是將原本由船上發電機燃油發電，改為依賴岸上的發電設施供電，終將還是會產生碳排與溫室氣體的問題。

- 5.) 估計日後將有 75% 的新造郵輪會裝置岸電系統 (Shore-side electricity systems)，此表示港口方亦要相對的增加岸電供應設施。
- 6.) 全球 32%(比 2019 年增加 13%) 裝置有岸電連接設施的郵輪，已在全世界 14 個設置有岸電供應設備的港口使用過岸電，這 14 個港口中最少都有一座船席是可以提供岸電的。

本文作者：
海洋大學運輸科學系 兼任教授

