



應用中水回用政策於觀光旅館以解決觀光島嶼缺水問題

許澤宇^{*a}、楊惠玲^b

^a南華大學旅遊管理研究所 助理教授

^b國立交通大學防災與水環境研究中心 助理研究員

摘 要

很多島嶼之經濟發展極度仰賴觀光產業，唯這些島嶼通常缺乏豐富之天然資源，尤其是攸關民生所必需之水資源。因此對觀光產業快速擴張之島嶼而言，更多的遊客，意謂著更多淡水的需求與消耗。換言之，可用淡水水資源的缺乏無形中將限制觀光產業之發展，因此可用淡水水資源的議題對發展永續觀光而言是值得審慎思考的。本研究討論台灣澎湖群島現有之水資源供給政策，並評估在觀光客到訪與降雨在時間、空間之分配均屬不均之情況下，實施中水回用之可行性。研究結果發現，觀光島嶼應將中水回用政策納入水源開發之考量，此舉約略可減少20%淡水水資源之需求。此外，政府應儘速訂定觀光飯店中水回用管理辦法及機制，水公司方面則可以以「少虧回饋，低價鼓勵」為回收水水價與補貼設計之設計準則，以有效解決此類因遊客所致之觀光島嶼缺水問題。

關鍵字：中水回收、水資源管理、島嶼、永續觀光

* 通訊作者：許澤宇
E-Mail : cy.hsui@gmail.com





壹、前言

在過去 50 年，全球用水量已增加三倍(Carbon Disclosure Project, 2010)，缺水問題影響全球大量人口。根據學者 Vörösmarty, Green, Salisbury, and Lammers (2000)的估計，在 1995 年全球有四億五千萬人居住在嚴重缺水的地區，而另外有 14~21 億人口居住於諸如北非、地中海地區、中東、南亞(southern asia)、中國北部、美國、墨西哥、巴西的東北邊及南美洲西海岸等有缺水壓力的盆地(Arnell, 2004)。Gossling et al.(2012)認為，缺水問題主要是可用淡水水量不足以及人口分配消費使用所致。因此對於那些以觀光為發展導向之島嶼來說，除了須面臨遊客到訪人數較當地居民人口成長為快之情況，每單位人次觀光客對可用淡水之需求亦常遠高於當地居民；因此在有限淡水資源之地區，居民與觀光客競爭水資源，除了可能加深彼此之衝突，更嚴重的是對此地區之永續發展形成限制。以宏都拉斯(Honduras)之海灣島(Bay Islands)為例，在 1988~ 1994 年間，當地居民人口成長比例為 21%，而觀光客之成長率卻高達 167% (Stonich, 1998)。而對水資源之需求，不僅僅是反映在觀光客之人數而已，已有不少學者指出(例如 Gajraj, 1981; Lvovich & White, 1990)，每單位人次之觀光客對水之需求遠勝過當地居民。Stonich (1998)於宏都拉斯所做之調查發現，觀光客平均每日洗澡次數較當地居民高約 2 次。在西印度群島巴貝多(Barbados)，調查發現觀光客，每人對水資源之需求量約為當地居民的 6~10 倍(Gajraj, 1981)；在坦尚尼亞(Tanzania)觀光勝地 Zanzibar，Gössling (2001)的研究顯示，平均每位觀光客每日需水量約為當地居民之 15 倍。即便是在溫帶氣候，觀光客對水的需求量仍遠超過當地所能供給的水量；例如加拿大亞伯達省(Alberta)觀光勝地 Banff，在旺季時每天有超過 25000 名遊客，每人之需水量為 1430 公升，使得 Banff 的用水需求為亞伯達省其他都市的 2 ~ 3 倍(Draper, 1997)。事實上觀光地所增加數以百計甚或千計之床鋪，以及觀光客之生活型態，如淋浴、泡澡、游泳等，對觀光地區而言即意味著大量水資源的消耗；在固定的供水能力下，當地居民可用之水資源勢必將被瓜分。

島嶼相較於大陸，自然資源較為有限，一般而言，島嶼上之淡水水源常以地下水及季節性之雨水為主。然而降雨卻可能因時間空間的分配不均或地形條件不佳而無法有效蓄留(Stonich, 1998)；至於地下含水層雖能提供穩定且可靠之水質水量，然而對於島嶼而言，卻可能因其特有之地質條件進而造成地下水補注積存之困難；此外過度抽取地下水，亦可能導致地下水位面降低，海水入侵等現象，進而造成沿海地盤下陷或土壤鹽化等嚴重之環境問題(楊惠玲、許澤宇、甘其銓，2012)。此外，許多島嶼之降雨在時間上之分布除了不平均以外，降雨季節亦與觀光客到訪之季節不一致，亦加深了水資源利用之困難(楊惠玲等人，2012; Gossling et al., 2012)。為了克服這些問題，Chen (2007)認為除了改變消費者對水的消費習慣、以更有效率的方式利用水資源，另一個思考方向為開發新水源以擴大供水。就經濟學的角度來說，將可用淡水的價格提高以反映實際之價值，可改變使用者對水的消費型態，然而實務之操作卻常面臨水的提供為民生議題而常窒礙難行。因此開發新水源變得益顯重要。島嶼由於四面環海，因此近年來有越來越多的島嶼是以興





建海水淡化廠(seawater desalination plant)為解決水資源短缺之主要方式。然而，海水淡化廠之興建除了有環保問題外，楊惠玲等人(2012)指出，島嶼觀光客之到訪在時間上分配不均，亦意味著旅遊淡季時機器設備閒置之浪費。

事實上，觀光島嶼所面對之超額水源需求常發生於觀光客之活動所需，因此若能適度回收觀光客所產生之廢水，進而再生利用於非飲用水之用途，以增加用水的靈活性，不啻是解決短期用水的不足以及長期用水的一種有效保證(楊惠玲等人，2012)。現階段由於技術的進步，中水 (reclaimed water)回用在實務之操作上已成為可行的做法。實際上，生活污水/城市污水可區分為黑水(black water)和灰水(gray water)兩類。黑水是來自沖洗廁所後、廚房水槽或洗碗機的污水；而灰水則是來自於生活中的淋浴、洗滌等污水。Chen(2007)以經濟的角度提出水回收應以灰水回收為主，並認為大型社區之家庭廢水應建構灰水回收系統。楊惠玲等人(2012)則認為，就國家的層級來審視水資源政策，大型社區中水回用架構在推動上有一定的困難，建議可以觀光島嶼之觀光旅館為推動標的。其原因係島嶼面積相對受限，觀光旅館分布相對密集，且觀光旅館規模動輒上百房間，易形成規模經濟；再者旅館所有權人(決策者)人數較大型社區而言相對為少，在與政府談判溝通過程，較易達成共識，因此以回收灰水再利用之形式不啻是一值得考慮之解決方案。

澎湖為台灣島嶼觀光勝地之一，旅遊人口多集中在春末與夏季。根據澎湖縣政府對澎湖觀光人次的統計(2012)，可發現在第一季(1~3月)或第4季(10~12月)之月平均遊客人次約4萬人次，而每年的4月~9月為旅遊旺季，月遊客人數動輒衝破10萬餘人，以2012年7月為例，月旅遊人次甚至可突破15萬人。澎湖之觀光旅遊看似為地區發展經濟之一線生機，然而澎湖群島的氣候水平衡係屬於降水量少於蒸發散量，過去之統計資料顯示，年平均降水量約僅880~980公厘，年平均蒸發散量卻可達1,230~1,250公厘，且全年降雨僅集中於五、六月間(梅雨期)，此時節之降雨雖可使土壤水分增加，然卻仍不足以使土壤水分飽和，所以澎湖群島無常流河，連暫時河也很難出現。因此在此種氣候條件下，興建水庫不但欠缺雨水可貯存，又要面對大量蒸發，因此，各行政區現有之水庫之蓄水量皆不高(楊惠玲等人，2012)。目前澎湖之都市用水來源包括有水庫水、地下水及海水淡化等三方面，唯為因應與日俱增之遊客，目前自來水公司以發展海水淡化為解決澎湖地區淡水水資源缺乏之主要方式；而對於中水回用此一選項，受限於國內目前對中水回用之相關法令政策尚未完備之情況，遑論針對此等觀光飯店林立之觀光地區採行中水回用政策。以下本研究將對國內外中水回用之情況說明，並指出現況所面臨之困難，再對澎湖地區之觀光飯店施行中水回用之潛勢予以評估。





貳、國內外中水回用情況及困境

一、中水回用現況分析

中水回用在國外已實施很久，且回用規模很大，亦具有明顯的經濟效益，因此可視為可靠的第二淡水資源。美國是世界上採用污水再生利用最早的國家之一，其在 20 世紀 70 年代初即開始有大規模污水處理廠建設。根據統計，當時美國全國之污水年回用總量約 $9.4 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{year}$ ，分別用於灌溉(62%)、工業 (31.5%)、地下水補注(5%)及娛樂、漁業(1.5%)等用途。在以色列，其中水回用發展到 1987 年為止，全國就已有 210 個城市中水回用工程，100%的生活污水和 72%的城市污水回用(韓劍宏、于玲紅、張克峰, 2004)。回用的方式有小型社區就地回用，也有中大型城市的區級回用，用於農業及工業等用途，而處理後之污水回用量占所蒐集污水量 60%~65%。至於鄰近台灣之日本，自 1962 年起就已開始實施中水回用，根據統計，1991 年日本有 876 個公共的污水處理廠在運作，其中有四座處理廠的中水得到回用；而回用的用途包括有提供工業用水(41%)、農業灌溉(13%)、環境用水(例如清洗街道、行道樹景觀植栽用水等)(32%)、沖洗廁所等非飲用水之用途(8%)、以及清除季節性之積雪(4%)等(韓劍宏等人，2004; Chen, 2007)。

除了日本、美國、以色列外，西歐各國、俄羅斯、印度、中國、新加坡、南非以及納米比亞(Namibia)的污水回用技術也很普遍；南非和納米比亞等國甚至建立起飲用再生水製造工廠。在印度孟買，已有 7 座商業大樓利用中水作為空調冷卻水的補充水，其水量達每日 150~250 公噸。在中國，由於體認到水資源的缺乏將限制經濟的發展，因此近年來不論是從中央到地方各級政府對水資源問題的解決更顯重視。在 1982 年，青島就已將中水作為市政和其他雜用水，以緩解淡水資源缺乏的危機。北京市也在 1984 年進行中水回用示範工程，1987 年北京市人民政府第 56 號文件明確規定，凡新建之建築面積大於 2 萬平方公尺以上的旅館、飯店、公寓及建築面積達 3 萬平方公尺的機關、科研單位、大專院校和大型文化、體育等建築，應配套建設中水設施並應與主體建築工程同時設計、同時施工、同時交付使用(韓劍宏等人，2004)。1995 年中共建設部為貫徹「中國二十一世紀議程」，根據國務院所批准發布之「城市節約用水管理規定」，制定了「城市中水設施管理暫行辦法」，以推動城市污水的綜合利用。在此之後，中國大陸有許多城市根據當地實際情況，頒發了政府命令或其他節約用水管理辦法等規定，鼓勵實行循環用水，一水多用以及廢水回收再利用。在台灣，中水回用正在起步，目前除台中市福田水資源回收中心、安平污水廠、林口南區污水處理廠有回收水再利用示範計畫，推動中水回用於生活雜用外，離島之金門、馬祖亦有再生水再生利用推動計畫。

根據前述之文獻分析可知，在技術已漸趨成熟及具經濟效益之評估上，中水回用實可視為替代傳統水源的良好方案。尤其是對於水資源有限之觀光島嶼，中水回用不啻是海水淡化政策外一值得考量的供水策略。





二、中水回用之現存問題

中水回用雖具經濟之優勢，唯在推動過程仍具相當之阻力，根據過去之文獻研究，可概述如下。(1)政策方面的困境：由於權責機關與相關法令過於分散且僅有點狀之規範(莊順興，2010)，此外亦缺乏明確之水再生利用推動政策，因此在現行之法令規章下難以強制執行及管理。(2)經濟方面之困境：水價偏低是造成中水回用政策難以推廣的主要因素之一(褚俊英、陳吉寧、王志華、溫宗國、徐一劍，2002)，此外由於建設中水回用設施需要大量的投資，因此在沒有足夠之經濟誘因前提下，中水回用推廣不易。(3)心理方面之困境：公眾缺乏對中水的認識是制約中水回用的關鍵之一，一般民眾對中水之水質有衛生及安全上之疑慮，此外對中水之來源觀感不佳亦是造成中水使用之阻力(莊順興，2010)。

參、綠建築水資源指標與環保(綠色)旅館

雖然近年來在台灣已日漸重視中水回用課題，唯思考方向主要仍圍繞在家庭(都市)廢污水接管至污水處理廠予以處理後再行回賣至各公私場所，唯接管率的普及需耗費大量人力及高昂的成本，短時間內並無法有效達到廢污水回收再利用之目標。對缺水之觀光島嶼而言，此等做法雖非不對，但卻也緩不濟急。如前所述，本研究認為可以思考針對大耗水之觀光飯店旅館，回收處理其灰水(而非黑水及灰水之混合液)再回用至非與人體接觸之用途在經濟上應較為可行。雖然目前政府亦有鼓勵旅館有效管理水資源之措施，如訂定相關環保標章，常見者有綠建築水資源指標與環保旅館環保標章，唯該標章之取得對整體水資源壓力之減輕仍為有限，茲分述如下。

一、綠建築水資源指標

「綠建築」在日本稱為「環境共生建築」，有些歐美國家稱之為「生態建築(Ecological Building)」、「永續建築(Sustainable Building)」，在北美國家則稱之為「綠建築(Green Building)」(內政部建築研究所，2009)。在台灣由於「綠色」用語已成為環保的代名詞，諸如綠色消費、綠色生活、綠色矽島等皆已成為民眾琅琅上口之時髦用語，因此台灣則以「綠建築」一詞稱之。根據行政院頒布的「綠建築推動方案」，有關建築部分所訂定之環境評估部分，包含有：(1)生物多樣性指標、(2)綠化量指標、(3)基地保水指標、(4)日常節能指標、(5)CO₂減量指標、(6)廢棄物減量指標、(7)水資源指標、(8)污水拉圾改善指標、(9)室內環境指標等九大指標系統。凡是建築物欲取得「候選」綠建築標章者，皆至少需經過內政部建築研究所指定機構，審核通過其中「日常節能」、「水資源」兩項指標方可取得。其中水資源指標評估包括有省水器材之採用、中水利用計畫、雨水再利用與植栽澆灌節水等項。

然而在綠建築之水資源評估指標中，卻主要著重在「省水器材之採用」，雖然指標之評估中有規劃「雨水或中水再利用系統」，然而在綠建築政策中並非強制型之要求，只能視為「大耗水設計」之彌補措施而已(內政部建築研究所，2009)。例如若有採用大量人工





草皮、花圃之設計，或設置按摩浴缸、SPA、三溫暖、游泳池等大耗水設施，則必須要求其設置「節水澆灌系統」、「雨水貯集利用或中水利用設施」等彌補措施。

此外，值得注意的是雨水貯集利用或中水利用措施乃二擇一之選擇，在既設之旅館建物中以搭設雨水貯集利用設施較易達成，唯在缺乏水資源之觀光島嶼，降雨本屬稀少，另外在時間之分配亦屬不均之情況下，業者若採行雨水貯集利用設施恐對水資源缺乏之現況助益不大。

二、環保(綠色)旅館

隨著綠建築概念的發展，世界各國的旅館協會亦紛紛發展綠色旅館，如美國的「綠色標籤」及加拿大的「綠葉標章」(吳俞菁，2009)，歐亞各國亦都紛紛取經，我國旅館業並於 2008 年完成環保旅館環保標章規格標準之制定，其規定旅館業者對於旅館之營業活動必須符合既定之環境管理措施，至少包括節能、節水、綠色採購、一次性物品減量與廢棄物減量、危害性物質之管理及垃圾分類與資源回收。雖然對水資源作了明確的規範，但亦僅止於「節水」，然旅館所消耗之大量水量多源自遊客，即使旅館本身採用省水馬桶、水龍頭等措施，由於遊客所付出之房價已屬沉沒成本，因此，在房價不會額外加收用水費用之情況下，無關痛癢的用水態度(例如沐浴泡澡的頻率)將導致節水策略無法奏效。

肆、澎湖地區中水回用可行性評估

本研究認為，因大量遊客湧入所造成瞬間供水量不足之情形，可藉由遊客本身所耗用水資源回收再用，遊客愈多，需水量愈多，廢水量亦隨之增多，因此可回收水亦增多。觀光客帶來的水資源問題，藉由旅館配合水回收政策，可藉由觀光客來部分解決。

一、馬公市供水量及民生用水需求

澎湖縣近 10 來之人口總數年成長率約為 1%，而觀光客人數成長約為 60%，因此可說是典型以觀光為發展導向之觀光島嶼。據澎湖國家風景區管理處(2009)之調查報告指出，澎湖遊客之旅遊形態以三天二夜為主(占 70~80%)，而有 82~89%之遊客選擇居住於馬公本島之旅館，乃因其地理位置的方便性，因此澎湖多數旅館亦集中於馬公市區，地理位置集中的型態，更適合於發展中水回用。

根據澎湖縣政府的統計，2013 年 1~3 月、4~6 月、7~9 月、10~12 月之日平均遊客人數分別為 1391、3532、3823 及 1270 人，尖峰月 7 月之日平均到訪遊客人數更高達 5238 人。以觀光客用水量為 0.9 CMD/人並考量 85%住宿於馬公及每人二夜住宿於旅館之需水量進行推估尖峰月 7 月之平均需水量可達 8000 CMD，加上居民用水量 13173 CMD (2013 年 7 月馬公市人口 58808 人，每人每日需水量 224L)，旺季馬公市需水量可達 21187 CMD。而目前供給馬公市水量較為穩定的自來水廠主要為海水淡化廠，包括有烏坎海水淡化廠





一廠、二廠總供水量共 10,000 CMD，加上甫興建完工投入運轉之馬公海水淡化廠(5500CMD)，總供水量為 15,500 CMD；此外馬公市之興仁水庫每日可供應之自來水量為 2238CMD (楊惠玲等人，2012)，合計淡水每日總供應量為 17,738CMD(尚不包括地下水)此水量卻可能仍不足以提供觀光旺季時之居民及遊客用水(在不考慮鄰近之半鹹水淡化廠及地下水庫之供應下，短缺約 2000 CMD)。

二、馬公市旅館/特色民宿中水回用水量分析

截至民國 103 年(2014)8 月之統計，澎湖旅館共計 49 家(觀光旅館 1 家，一般旅館 48 家)、民宿 298 家(特色民宿 30 家、一般民宿 268 家)，考量中水回用之經濟規模及可行性，因此以馬公市登記房間數 10 間以上之旅館/特色民宿，共 54 家，房間總數 2482 間，較民國 100 年(2300 間房間數，參見楊惠玲等人，2012)成長約 7%。可回收廢水包含洗手台廢水及沐浴廢水，回收後可用之用途則包含沖廁及空調冷卻用水。可回收廢水包含洗手台廢水及沐浴廢水，回收後可用之用途則包含沖廁及空調冷卻用水。以每房每日入住 2 人進行估算得住宿人數，並以每人一天如廁洗手 4 次，每次用水為 30 秒共 6 公升(台灣自來水公司，2009)，總用水量為 24 公升；每日盥洗 2 次，每次用水為 60 秒共 12 公升，總用水量為 24 公升，故每人每日之洗手台用水共 48 公升。由此可估算得 54 間旅館/特色民宿之每日洗手台廢水總共為 238 CMD。沐浴用水則以 150 公升/人次進行推估，則每日沐浴廢水總共為 745 CMD，二者合計約 980 CMD。回收水之用途包含沖廁及空調冷卻用水，其中沖廁之水量需求估計，每人一天如廁 4 次，每次 6 公升，則共需 120 公升；空調冷卻用水需求每人每日 252 公升(黃金山、謝政道、陳仁仲、傅孟台、黃珮貞，2003)，共需 1252 CMD。二者合計約 1370 CMD。發現所有回收水量皆回用於旅館之沖廁及空調冷卻用水仍嫌不足。預計初期具有 1000CMD 的回收潛勢，約略等同於一座白沙半鹹水淡化廠之產能。此外，由前述之中水回用分析可知，每人每日可回收再利用之水量約為 0.2CMD，觀光客之日平均直接用水約 0.9CMD(尚不計入空調冷卻之間接用水)，因此中水回用政策之施行，可減緩約 20 %之可用淡水需求。

三、旅館對於中水回用政策配合之誘因及配套措施

如前所述，中水回用面臨政策不完善、水價過低及心理層面之困境，欲提高旅館配合中水回用政策之意願，本研究進一步研擬可行之施行方案。目前澎湖地區以海水淡化為主之供水方式，供水成本相較於水價高出許多，水公司一直以本島盈餘補貼離島的方式經營。若離島之中水回用政策得以施行，除解決水資源不足之窘境外，對於水公司而言少虧就是賺，除可獲得供水壓力的疏緩，更減少每每興建海淡廠對環境所造成的影響。然而如何促使旅館願意參與中水回收政策？獎勵方式通常較政策與法令的約束更有說服力，本研究提出「少虧回饋，低價鼓勵」方式，建議水回收效益直接回饋於旅館，利用水公司以回收水取代海淡水，少虧的成本回饋於旅館，此外，以較低廉的水價鼓勵旅館使用回收水，藉此締造雙贏效益。





目前海水淡化處理成本約新台幣 25~35 元/T，以 30 元/T 計。現行水費依使用度數不同分為 1~10 度 7.35 元/T；11~30 度 9.45 元/T；31~50 度 11.55 元/T；51 度以上 12.075 元/T。以新興薄膜技術進行中水回收(砂濾為前處理)之超濾(ultra filtration,UF)技術總成本 6~7 元/T (設置成本+操作維護費)(中興工程顧問社，2010)，以 7 元/T 計。

無論水回收權責歸屬為水公司本身或水利署，本研究將其視為整體公共利益之損益，將部分非接觸性民生用水從海水淡化供水改為中水回收供水，以「少虧回饋，低價鼓勵」為回收水水價與補貼設計之設計準則。原海水淡化供水成本每噸 25 元，水費每噸 7~12 元，亦即每出售一公噸水，水公司虧損 13~18 元，而中水回收水處理成本每噸 7 元，已較海淡節省 18 元，此價差即可用於使用者回饋，加上以降低單位水價鼓勵使用中水。以下為部分旅館生活用水改以中水供應，用水端與供水端之經濟效益計算例。給定參數如下：海水淡化成本：25 元/T、水價 12 元/T、中水回用成本：7 元/T。

當採用中水回用策略後，水公司重新訂定之水價為 x 元/T，其中 x 須至少大於等於其中水回用之產出成本，而對消費者端言，售價應小於等於先前海水淡化產水時之售價，換言之， x 滿足： $7 \leq x \leq 12$ 。以下將以情境模擬之方式說明不論是水價訂在 12 元/T 或 7 元/T，均可使消費者與生產者獲利(雙贏)。

情境一：在消費者採用中水後，假設水價訂在 12 元/T

此時消費者(旅館)購買之水價等同先前水公司以海水淡化為供水主軸之水價，因此此時之水價對消費者無誘因；然對水公司而言，每販售 1T 的水可獲利 5 元(即每噸水之收入 12 元-成本 7 元=5 元/T)，此會計帳之盈餘較先前採用海水淡化供水之每噸水虧損 13 元(每噸水收入 12 元-海淡成本 25 元=-13 元/T)而言有經濟剩餘(surplus)18 元/T (i.e., $5 - (-13) = 18$)。對水公司而言，只要較先前之海淡政策經濟剩餘大於等於 0，即有誘因驅使水公司考慮中水回用政策，假設今水公司只須維持剩餘 1 元/T 即可，換言之，此時每噸之中水，水公司可考慮回饋消費者 17 元/T，則每賣 1T 之中水，水公司之營收為 -12 元/T (i.e., 每噸中水之收入為 12 元-成本 7 元-回饋金之支出 17 元)，仍較使用海淡產水策略為佳(因先前是每賣 1T 水，營收是 -13 元)。對消費者言，雖在買價上並無優惠(誘因)，但每使用 1T 中水可獲補助 17 元；因此對消費者端而言，整體說來，每噸中水之使用可使之較先前多獲利 17 元/T，對日需求量 60CMD 中水回用之旅館言，每月約可節省 NTD 30,000 元，故有極高之誘因。

另外，若欲使水公司在會計帳帳面上不要虧損，則水公司只須回饋補助消費者每噸中水 5 元，此時水公司每噸水之盈餘為 0 元 (每噸收入 12 元-成本 7 元-回饋金支出 7 元)，此值已較先前海淡產水每噸水多賺 13 元，對消費者來說，在水價相同之情況下，採用中水在此時亦可獲得每噸水 5 元之利得，雙方均有誘因去使用中水。

情境二：在消費者採用中水後，假設水價訂在 7 元/T

此時消費者(旅館)購買之水價較先前水公司以海水淡化為供水主軸之水價低 5 元/T，因此對消費者有誘因；對水公司而言，此時每販售 1T 的水在帳面上獲利 0 元(即每噸水之收入 7 元-成本 7 元=0 元/T)，此會計帳之盈餘較先前採用海水淡化供水之每噸水虧損 13 元而言有經濟剩餘 13 元/T (i.e., $0 - (-13) = 13$)。對水公司而言，只要較先前之海淡政





策經濟剩餘大於等於 0，即有誘因驅使水公司考慮中水回用政策，假設今水公司只須維持剩餘 1 元/T 即可，換言之，此時每噸之中水，水公司可考慮回饋消費者 12 元/T，則每賣 1T 之中水，水公司之營收為-12 元/T (i.e.,每噸中水之收入為 7 元-成本 7 元-回饋金之支出 12 元)，仍較使用海淡產水策略為佳(因先前是每賣 1T 水，營收是-13 元)。對消費者言，在買價上已有每噸水便宜 5 元之誘因，且每使用 1T 中水可獲補助 12 元；因此對消費者來說，每噸中水之使用可使之較先前多獲利 17 元/T (水價低 5 元+補助 12 元)。另外，若欲使水公司在會計帳帳面上不要虧損，同情境一之運算，不論是對消費者端或生產者端言，均有極高之誘因。

四、旅館業中水回用標的

雖然回收水欲再利用皆須處理至合乎法定之水質標準，唯礙於觀感不佳的問題，目前中水回用大都是使用於非與人體接觸之使用用途方面(Cheng, 2003)。根據 Cheng (2003) 的調查，沖廁所耗用之水量佔約生活用水 35%，因此若能以回用之中水用於廁所之沖洗，勢必可更有效地節省可用淡水(Cheng, 2003)。此外對旅館來說，另一耗用大量淡水的來源即為中央空調之冷卻用水，此亦中水回用之標的。

再者，以成本角度觀之，中水回用之成本遠較選用海水淡化方案之成本為低。例如 Broens 等人(2004)指出，經三級處理之廢水處理回收廠，其操作成本約為每公噸產水新台幣 6 元(0.114 歐元)；學者 Haruvy (1998)之估算，二級處理須每公噸 0.27 美金(約 NTD \$ 9 元)，三級處理則須每公噸 0.17 美金(約 NTD \$ 6 元)。因此以城市廢污水而言，不論是經二級或三級處理，其產水成本皆落於 NTD \$ 10 元以內，而該數值亦遠小於前述之海水淡化(或鹹井水淡化)之產水成本(每公噸台幣 30 元)。此外透過蒐集旅館之灰水再加以處理以為中水回用之來源，其原水水質相較於城市污水(包含灰水、黑水之混合液)為佳，因此在處理上相對更為容易。

由上述之評估可知，本研究認為可透過教育宣導，佐以經濟誘因，讓消費者建立「花費較少的成本，購買適合其用途之水質水量」概念；換言之，沖廁、澆灌、或空調冷卻用水之水質無須與飲用水或與人體有直接、間接接觸的水同等水質，否則就是一種浪費。

伍、中水回用政策的落實與借鏡

不容否認的是，大量的觀光客勢必伴隨大量廢汗水的產生，以香港為例，2003 年的資料顯示，香港之旅館業共計產出 1200 萬公噸的廢水(Chan, 2005)；土耳其的統計則約有 40~50%的旅館/渡假村將廢水排到下水道中(Antakyali et al., 2008)。因此以前例之分析來說，若能實施中水回用政策，對觀光島嶼之可用淡水水資源壓力至少可減少 20%。Trung and Kumar (2005)認為，觀光客對水量之高額需求主要發生於住宿之旅館，其中客房為旅館最為耗水之部門，其次才是洗衣間、廚房以及戶外。因此，建議觀光旅館在籌設之初，





即應將二元管線系統(灰水、黑水)納入設計規範，以利後續之中水回用。

在中國，由於體認水資源的缺乏將限制經濟的發展，近年來不論是從中央到地方各級政府對水資源問題的解決更顯重視。在 1982 年，青島就已將中水作為市政和其他雜用水，以緩解淡水資源缺乏的危機。北京市也在 1984 年進行中水回用示範工程，1987 年北京市人民政府第 56 號文件明確規定，凡新建之建築面積大於 2 萬平方公尺以上的旅館應配套建設中水設施並應與主體建築工程同時設計、同時施工、同時交付使用(韓劍宏等人，2004)。1995 年中共建設部為貫徹「中國二十一世紀議程」，根據國務院所批准發布之「城市節約用水管理規定」，制定了「城市中水設施管理暫行辦法」，以推動城市污水的綜合利用。此後，中國大陸有許多城市根據當地實際情況，頒發了政府命令或其他節約用水管理辦法等規定，鼓勵實行循環用水，一水多用及廢水回收再利用。

而在以色列方面，為鼓勵使用回用水，以色列政府以水價及水量雙重誘因吸引農民。例如在水價方面所採取之誘因為：對使用公共給水之農業用水每噸水收取 US \$0.5，若使用回收水則其水價降為每公噸 US \$0.15 元；至於在水量方面，當減少使用公共給水之農業用水量，則可補充 1.2 倍之回收水量(莊順興，2010)。至於鄰近台灣之日本，除了於建築法規中明令要求符合一定規模之建築物須設置二元供水之硬體設施外，自來水之水費及再生水之水費更採差別定價之方式鼓勵民眾多採用再生水。此外日本政府更以低利融資及減稅等措施鼓勵民間興建各式污水回收再生設施(莊順興，2010)。

陸、結論與建議

觀光島嶼之永續發展不可避免討論可用淡水之問題，而對淡水之需求量與遊客到訪人數成正比，因此在水資源永續利用之政策制定上，本研究認為旅館業中水回用政策的施行，可部分減緩因遊客導致之水資源短缺問題，透過「少虧回饋，低價鼓勵」方式，本研究建議水回收效益可直接回饋於旅館，利用水公司以回收水取代海淡水，少虧的成本回饋於旅館，此外，以較低廉的水價鼓勵旅館使用回收水，藉此締造雙贏效益。未來中水回用可努力之方向尚包括有：

- (1)訂定相關中水回用之法規標準、規範(包含各用水標準之建立)
- (2)以經濟誘因引導市場之用水習慣
- (3)透過教育導引公眾對中水回用之接受。

事實上，唯有在正確的政策引導之下，以觀光為發展導向之島嶼始有機會邁向永續發展之路。





參考文獻

1. 褚俊英、陳吉寧、王志華、溫宗國、徐一劍 (2002)。中水回用的經濟與中水利用潛力分析，中國給水排水，第18卷第5期，83-86。
2. 莊順興(2010)。由國外推動經驗看台灣水再生產業發展，回收水再利用及示範計畫推動研討會 (簡報資料)，台中。
3. 中興工程顧問社(2010)。台灣地區污水回收再利用推動現況 - 以台中福田污水處理廠為例，回收水再利用及示範計畫推動研討會 (簡報資料)，台中。
4. 內政部建築研究所(2009)。綠建築解說與評估手冊 (2007年更新版)，內政部建築研究所出版。
5. 台灣自來水公司(2009)。98年度推動節約用水宣導計畫。
6. 吳俞菁(2009)。旅館管理者對綠色旅館認知、態度及行為之研究，銘傳大學，碩士論文，台北。
7. 許澤宇、楊惠玲(2010年6月)。觀光島嶼之永續發展:水資源的觀點，2010(第一屆)兩岸島嶼觀光暨旅遊產業永續發展研討會，廈門，中國。
8. 黃金山、謝政道、陳仁仲、傅孟台、黃珮貞(2003)。民生用水節水管理，永續產業發展雙月刊，第9期，59-70。
9. 楊惠玲、許澤宇、甘其銓(2012)。以水資源的觀點探討觀光島嶼之永續發展。島嶼觀光研究，第5卷第1期，頁次1-26。
10. 澎湖國家風景區管理處(2009)。澎湖國家風景區遊客調查、旅遊人次暨產值推估模式規劃，交通部觀光局澎湖國家風景區管理處出版。
11. 韓劍宏、于玲紅、張克峰(2004)。中水回用技術及工程實例，北京，化學工業出版社。
12. Antakyali, D., Krampe, J., & Steinmetz, H. (2008). Practical application of wastewater reuse in tourist resorts. *Water Science and Technology*, 57, 2051-2057.
13. Arnell, N. W. (2004). Climate change and global water resources: SRES emissions and socio-economic scenarios. *Global Environmental Change*, 14, 31-52.
14. Broens, L., Liebrand, N., Futselaar, H., de Armas Torrent, J. C. (2004). Effluent reuse at Barranco Seco (Spain): a 1,000 m³/h case study. *Desalination* 167, 13-16.





15. Carbon Disclosure Project. (2010 November). *Carbon Disclosure Project reveals water constraints now a boardroom issue for global corporations*. London: Carbon Disclosure Project. Media Release.
16. Chan, W. W. (2005). Partial analysis of the environmental costs generated by hotels in Hong Kong. *International Journal of Hospitality Management*, 24, 517-531.
17. Cheng, C.L. (2003). Evaluating water conservation measures for Green Building in Taiwan. *Building and Environment*, 38, 369-379.
18. Chen, C.C. (2007). A Framework for Graywater Recycling of Household Wastewater. *Polish Journal of Environmental Studies*, 16(1), 23-33.
19. Draper, D. (1997). Touristic development and water sustainability in Banff and Canmore, Alberta, Canada. *Journal of Sustainable Tourism*, 5(3), 183-212.
20. Gajraj, A. M. (1981). Threats to the Terrestrial Resources of the Caribbean. *Ambio* 10(6), 307-311.
21. Gössling, S. (2001). The consequences of tourism for sustainable water use on a tropical island: Zanzibar, Tanzania. *Journal of Environmental Management*, 61, 179-191.
22. Gössling, S., Peeters, P., Hall, C. M., Ceron, J.-P., Dubois, G., Lehmann, L.V., Scott, D. (2012). Tourism and water use: Supply, demand, and security. An international review. *Tourism Management* 33, 1-15.
23. Haruvy, N. (1998). Wastewater reuse-regional and economic considerations. *Resource, Conservation and Recycling* 23, 57-66.
24. Hoepner, T. & Lattemann, S. (2002). Chemical impacts from seawater desalination plants - a case study of the northern Red Sea. *Desalination* 152, 133-140.
25. Jaber, I.S. and Ahmed, M.R. (2004). Technical and economic evaluation of brackish groundwater desalination by reverse osmosis (RO) process. *Desalination*, 165, 209-213.
26. Jones, I. C. and Banner, J. L. (1998). Constraining recharge to limestone island aquifers. Geological society of America 1998 annual meeting. *Geological Society of America Abstracts with Programs*, 30(7), 225.
27. Kent, M., Newnham, R. and Essex, S. (2002). Tourism and sustainable water supply in Mallorca: A geographical analysis. *Applied Geography*, 22(4), 351-374.





28. Kuhlmann, D. H. H. (1988). The sensivity of coral reefs to environmental pollution. *Ambio*, 17: 13-21.
29. Lvovich, M., and G. White(1990). Use and Transformation of Terrestrial Water Systems. In B. L. Turner II, C.C.William,W.K& Robert ,F.R. John (eds), *The Earth as Transformed by Human Action: Global and Regional Changes in the Biosphere over the Past 300 Years* (pp. 235-250). Cambridge, Cambridge University Press.
30. Martinez-Taberner, A., Ruiz-Perez, M., Mestre, I. and Forteza, V. (1992). Prediction of potential submerged vegetation in a silted coastal marsh, Albufera of Majorca, Balearic Islands. *Journal of Environmental Management*, 35, 1-12.
31. Oglethorpe, M. (1982). Recent Developments in Maltese Water Supply. *Geography* 67, 62-64.
32. Sambrailo, D., Ivic, J., and Krstulovic, A. (2005). Economic evaluation of the first desalination plant in Croatia, *Desalination* 170: 339-344.
33. Stonich, S.C. (1998). Political ecology of tourism, *Annals of Tourism Research*, 25(1), 25-54.
34. Trung, D.N. and Kumar, S. (2005). Resource use and waste management in Vietnam hotel industry, *Journal of Cleaner Production* 13, 109-116.
35. Vörösmarty, C. J., Green, P., Salisbury, J., & Lammers, R. B. (2000). Global water resources: vulnerability from climate change and population growth. *Science*, 289, 284-288.





Apply the reclaimed water reuse policy in hotels to solve water shortage in a tourism-dependent island

Che-Yu Hsui^{**a}, Hui-Ling Yang^b

^a Assistant Professor, Graduate Institute of Tourism Management, Nanhua University ;

^b Assistant Research Fellow, Disaster Prevention & Water Environment Center, National Chiaotung University

ABSTRACT

The development of many islands are extremely rely on the tourism industry; however, those islands often lack the richness of natural resources, especially the essential fresh water. Therefore, the rapid expansion of tourism of those islands means more tourists arrived, and reflects needing more fresh water. In other words, the shortage of fresh water can restrict the sustainable development for those tourism-dependent islands. This study applied the Penghu Islands as a case study to evaluate the reclaimed water reuse policy in hotels under situations in which the tourist season fluctuates, and the supply of rainfall is highly variable both in time and space. The study results showed that the tourism-dependent island could consider the reclaimed water reuse policy to reduce the stress of fresh water; additionally, government could set the regulations and incentive about reclaimed water reuse in hotels as soon as possible to retard water-stressed situation in a tourism-dependent island.

Keywords: reclaimed water reuse, water resource management, islands, sustainable tourism

* E-Mail : cy.hsui@gmail.com

