

太陽熱能在民宿業之應用-以小琉球為例

林宣溶*

林蔚珉**

摘要

經濟部能源局在 1986–1992 年及 2000–2017 年分二階段進行太陽能熱水系統獎勵補助作業，至 2016 年底，累計集熱器安裝面積約 2.7 佰萬平方米，在一般住宅的推廣已有相當具體成效，但是系統能源效率與用水量/時序息息相關，工商方面的應用應是未來推廣的重點。本研究針對小琉球民宿業使用太陽能熱水系統的狀況、面臨問題及滿意度進行探討，絕大多數業者認同系統可節約能源，滿意度則與系統安裝、維護及故障排除時效等因素相關。考量現階段獎勵補助作業即將結束，在小琉球地區推廣太陽能熱水系統所面臨的問題，可作為政府未來在制定相關推廣政策的參考。

關鍵詞：太陽熱能、熱水系統、民宿

*台南應用科技大學 會計資訊系 學生

**台南應用科技大學 會計資訊系 副教授(通訊作者)

電子郵件：t20043@mail.tut.edu.tw

收稿日期：2017.06.20

修改日期：2018.03.20

接受日期：2018.03.27

Solar Water Heaters for Bed and Breakfast: A Case Study in Liuqiu District

Xuan-Rong Lin*
Wei-Min Lin**

Abstract

Taiwan has depended exclusively on imported fossil fuels to fulfill its energy needs. In response to greenhouse gas emission reduction and nuclear-free homeland, energy production from renewable resources is one of the major tools, including municipal waste, biomass, solar PV, geothermal, solar thermal and wind. For solar heating, it is a mature technology. Two subsidy programs were initiated, in 1986 (1986-1991) and 2000 (2000-2017). By the end of 2016, the accumulated area of solar collector installed was approximately 2.7 million square meters, in which 90% systems are installed in the residential sector. However, the maximum energy savings from solar water heaters can be obtained in the commercial sector. A survey is conducted for end users of Bed and Breakfast in the Liuqiu district. It indicates that energy conservation and safety are among the major concerns. Qualified maintenance staff and technical support affect the attitude of end users toward solar thermal application. In particular, the current subsidy program will be ended in 2017, and the technical issues facing in Liuqiu district can serve as a reference for Bureau of Energy to formulate a new policy promoting solar thermal energy in the commercial sector.

Key Words: Solar thermal, water heater, bed and breakfast

* Student, Tainan University of Technology

** Associated Professor, Tainan University of Technology (correspondence author)

壹、前言

再生能源為各國節能減碳策略最重要的一環，依國際能源總署統計資料顯示(Weiss et al., 2016)，2014 年全球太陽光電、太陽熱能及風力分別提供 275TWh、357TWh 及 865TWh。我國在太陽熱能的推廣，以往已有相當多的研究，其中賴玖儒(2014)針對高雄市民安裝太陽能熱水系統之因素進行探討，其研究結果顯示，民眾安裝的意願主要受產品特性的影響，其中包括使用期限、省能等因素。此外熱水系統的安全性(蔡火雄，2005)、政府相關單位的宣導(林郁忻，2009；耿少懷，2010)、獎勵補助措施(呂錫民，2010)、環保意識(林秋香，2011)及價格(張景福，2004)亦是主要的考量。其次，囿於再生能源先天上之侷限，太陽能熱水系統無法像電熱器或燃油鍋爐穩定供熱，尤其是陰雨天時亦須輔助加熱，故常造成使用者質疑太陽能水系統是否真的節能；另還有一個使用上之迷思，即夏天系統供熱太多，反之冬天則供熱不足(黃重魁，2002)。本研究以小琉球民宿業為例，探討太陽能熱水系統使用狀況、面臨問題及使用者滿意度，相關結果可提供政府未來在制定工商用太陽能熱水系統推廣政策的參考。

一、太陽熱能在臺灣推廣與應用現況

我國整體能源消費從 2000 年的 8,649 萬公秉油當量，至 2015 年成長至 11,460 萬公秉油當量，在能源供應方面，2015 年為 14,508 萬公秉油當量，其中 97.84% 為進口能源，自產能源主要來自再生能源，其中包括生質能與廢棄物(1.39%)、水力發電(0.29%)、太陽光電與風力發電(0.16%)及太陽熱能(0.08%)(經濟部能源局，2016)。全球暖化、氣候變遷或極端氣候為目前全世界共同重視的議題，從 1997 年 Kyoto Protocol、2009 年 Copenhagen Accord (Lau et al., 2012) 到 2016 年 Paris Climate Agreement (Yulia, 2016)，預期透過溫室氣體減量將全球溫升控制在 2 °C 以下。我國在 2013 年之 CO₂ 排放總量為 248.7 百萬公噸，占全球排放總量的 0.77%，每人平均排放量為 10.63 公噸(行政院環境保護署，2016)，為降低與管理溫室氣體排放，「溫室氣體減量及管理法」於 2015 年公布，長期減量目標為 2050 年溫室氣體排放量降為 2005 溫室氣體排放量 50% 以下。

我國為因應 2025 年非核家園及配合全球溫室氣體減量的目標，綠色科技成為政府擇定的五大創新產業之一，預期可提高我國再生能源配比(包括生質能與廢棄物、太陽光電、太陽熱能、風力、地熱及海洋能等)。「再生能源發展條例」於 2009 年公布，其中包括太陽能、生質能、地熱能、海洋能、風力、非抽蓄式水力、國內一般廢棄物與一般事業廢棄物等直接利用或經處理所產生之能源。在太陽熱能方面，台灣地處北緯 22 度至 25 度之間，橫跨北迴歸線，陽光日照充足，經濟部能源委員會(2005 年改組為能源局)在 1986–1992 年進行第一期「太陽能熱水系統之推廣獎勵補助作業」，該階段補助作業使得國內太陽能熱水系統的年安裝面積自獎勵前的 5,000 m² 成長至 80,000 m²，奠定國內太陽能熱水系統製造業發展之基礎。第二期「太陽能熱水系統推廣獎勵辦法」於 2000–2017 年實施(李聰盛等，2016)，再次透過政府之獎勵補助，激勵國人購置太陽能熱水系統，此外考慮離島地區(包括金門縣、澎湖縣、連江縣、小琉球、綠島及蘭嶼等)的能源供需，採取加倍補助的措施，部分地方政府(高雄縣/市、彰化縣、雲林縣、嘉義縣、臺中市、金門縣、澎湖縣及連江縣)亦依據能源局現有之補助架構，針對轄區內安裝太陽能熱水系統之用戶加碼補助，使該縣市之民眾安裝意願大為提升，由圖 1 顯示(李聰盛等，2016)，第二期補助作業大幅提高太陽能集熱器年度安裝面積。

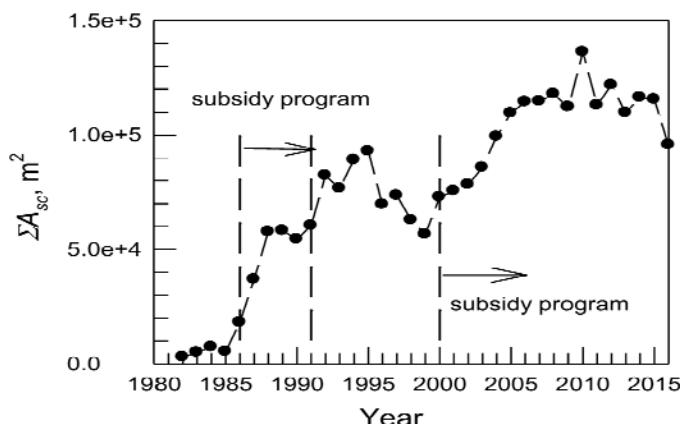


圖 1 太陽能集熱器年度安裝面積

對於國內太陽熱能的應用，至 2016 年底，累計之集熱器安裝面積約 2.7 佰萬平方米，每年可節省約 15 萬公秉油當量及減少 42 萬公噸 CO₂ 排放，為國內推廣再生能源利用之成功案例。但是我國的補助辦法以集熱器安裝面積為基準，不考慮系統實際之節能量(如區域太陽能輻射能量的差異、安裝角度、方位、遮陰及用水時序等因素)。由 Hill 等人(2011)的研究顯示，工商用系統每單位集熱器安裝面積之節能量較一般住家型系統高，Lin 等人(2012, 2015, 2016)的分析亦有相同的結論。針對非住家型補助案件，由表 1 顯示，在 2011–2016 年間僅占所有補助案件之 1.4%，因此在考量提高節能減碳的成效的前提下，政府應強化工商用太陽能熱水系統之推廣。以旅宿業為例，根據交通部觀光局旅館業及民宿管理資訊系統網站，在 2016 年底，全國合法及未合法旅館數分別為 3,149 家(房間數 148,193)及 549 家(房間數 12,690)，其中汽車旅館及民宿多為透天厝的建物型態，相當適合安裝太陽能熱水系統。

表 1 100-105 年非住家型補助案件數

年度	2011	2012	2013	2014	2015	2016	合計
宿舍及商業用	189	233	257	202	329	216	1426
工業製程	8	14	14	8	3	3	50
溫水游泳池	13	6	3	3	6	6	37
其他	1	0	27	7	4	1	40

資料來源：李聰盛等(2016)

二、小琉球地區安裝太陽能熱水系統之現況

小琉球位於屏東縣琉球鄉($22^{\circ}19'48''N$; $120^{\circ}21'55''E$)，即東港鎮西南海面約 8 海浬，高雄市南南西方約 18 海浬之海上，為台灣本島附近 14 屬島中唯一珊瑚礁島嶼，石灰岩洞地形及珊瑚礁海岸地形遍佈全島，全島面積 6.802 平方公里。氣候溫暖乾燥，年平均溫度介於 27.9 °C(七月)至 17.0 °C(三月)之間，每年夏秋之際多颱風侵襲(小琉球官網)。在能源供應方面，自 1980 年起，其電力係經由台灣本島及琉球間之海底電纜，主要的用水來自牡丹水庫。此地因其溫暖的海水而孕育上千種以上不同的珊瑚礁，生態資源豐富，屬台灣著名熱帶旅遊景點之

一(5–10 月)，適合從事浮潛等海上活動，近年來積極發展觀光產業，民宿產業也如雨後春筍般興起，業者以生態旅遊為號召且結合綠色能源，倡導低碳生態保育觀光島嶼。截至 2016 年 2 月，登記之民宿共 85 家(小琉球官網)，為全台民宿密度最高之地區。在太陽能熱水系統推廣方面，由於政府對離島地區加碼補助，根據成功大學能源中心統計顯示(李聰盛等，2016)，在 2000–2015 年間，小琉球地區之太陽能熱水系統安裝量共計 344 件，裝設面積共計達 2,876 m²，近六年安裝量及面積如表 2 所示。另值得一提，小琉球民宿業者裝設太陽能熱水系統比率達 70% 以上，裝設比例居全台之冠(李聰盛等，2016)。

表 2 小琉球地區太陽能熱水系統安裝量及面積統計

年度	2011	2012	2013	2014	2015	2016
安裝量(件)	24	30	51	51	39	48
安裝面積, m ²	248	261	639	646	371	523

資料來源：李聰盛等(2016)

貳、研究方法

成功大學能源中心太陽熱能團隊從 2000 年迄今，在經濟部能源局的委託下，執行我國太陽能熱水系統補助與推廣作業，本研究之間卷調查表首先經由該團隊專家學者進行初步審視，其次本文作者拜訪七家民宿業者進行書面問卷初測。本研究總共發放 85 份問卷，回收 65 份問卷，其中有 5 筆內容不完整為無效問卷，問卷內容除了用戶基本資料外，調查內容採單一題項調查，包含自然環境資訊(水質)、安裝與使用經驗(含民宿的基本資料、安裝的動機、熱水供應情形及售後服務)，滿意度及節能效益評估使用量表調查。

本研究 SPSS 12.0 統計軟體工具進行資料分析，簡述如下：

- 一、敘述性統計(Descriptive Statistics Analysis): 次數分配及百分比呈現。
- 二、皮爾森卡方檢定(Pearson's Chi-Square test): 此方法適用於探討二個類別變數的相關性(非參數統計技術)，由觀察頻數(O)及期望頻數(E) 計算檢定統計值($\chi^2 = (O-E)^2/E$)，其中 χ^2 值表示觀察值與理論值之間的偏離程度。其次依 χ^2 分佈及自由度獲得極端情況的概率(P-值)。
- 三、P-值法：本研究採用信賴區間 95%，進行雙尾檢定，也就是說，當 P 值小於 0.025 時，代表相關參數的顯著性。

參、結果與討論

一、敘述性統計分析

民宿的基本資料包含客房數、可住人數、淡/旺季的月份以及單日平均入住人數。由表 3 所示，民宿客房數最少為 2 間，最多達到 20 間，最常見的客房數為 8 間。每間民宿可入住人數的部分，最低的為 8 人，最高為 80 人，其中最常見的客房數平均入住人數為 28 人；淡季的標準大約落在 9 月到隔年的 6 月共計 32 家(占 53.33%)，22 家民宿業者認為 11 月到隔年的 3 月是淡季(占 36.67%)，其次是 12 月到隔年 3 月有(6 家，占 10%)；淡季入住人數介於 0 至 12 人之間。旺季入住人數則介於 3 至 100 人之間。在太陽能熱水系統方面，民宿業者根據自

我需求而裝設，集熱面積方面介於 5.67 至 48 m²之間，大部分皆小於 20 m²。主要用途如表 4 所示(多重選擇)，除了用於客房沐浴外(全部問卷)，亦有其它的用途，包括餐具清洗(8 家，占 13.33%)及衣物洗濯(7 家，11.67%)。

表 3 民宿規模

民宿規模	最低	最高	平均
客房间數	2	20	8
可入住人數	8	80	28

表 4 太陽能熱水系統之用途

太陽能熱水系統之用途	家數	百分比(%)
客房洗澡	60	100
餐具清洗	8	13.33
衣物洗濯	7	11.67

註：多重選擇

Fan 等人(2016)探討水質對台灣離島地區太陽能熱水系統使用年限的影響，其結果顯示部分離島地下水之氯鹽濃度偏高，易造成集熱器或儲水桶腐蝕的現象。在小琉球地區，自來水來自牡丹水庫，但是隨著觀光產業蓬勃發展，部分民宿業者(11 家，占 18.33%)採用混合水源(包括自來水、地下水及山泉水)，其中僅 4 家(6.67%)進行水質處理。在安裝與使用經驗方面，安裝的動機如表 5 所示(包括廠商推薦、親友推薦、節約能源、安全、媒體廣告、曾使用過及其他等多重選題)，其中以節約能源比例為最高(49 家，占 81.66%)，其次是安全(13 家，占 21.67%)及親友推薦(11 家，占 18.33%)，其它選項占比皆小於 10%。

表 5 安裝動機

安裝動機	家數	百分比(%)
節約能源	49	81.66
安全	13	21.67
親友推薦	11	18.33
曾使用過	6	10.00
廠商推薦	5	8.33
其他	4	6.67
媒體廣告	1	1.66

註：多重選擇

對一太陽能熱水系統而言，雖然不需要經常性的保養，但是從混合水源的使用及考量小琉球地區夏秋之際颱風的侵襲，定期保養、固定維修人員及廠商進駐為民宿業者是否安裝太陽能熱水系統重要的考量，由調查結果顯示，約半數民宿業者(29 家，占 48.33%)進行定期保養，有固定維修人員及服務廠商的比例分別是 28 家(46.67%)及 41 家(68.33%)。在熱水供應方面，表 6 顯示 44 家(73.33%)之太陽能熱水系統全年正常供應熱水，僅 4 家(6.67%)偶而不熱。輔助加熱來源包括電熱 56 家(93.33%)及燃油 3 家(5%)，其次，33 家(55%)採用自動設定，手動設定者有 26 家(43.33%)，幾乎所有的民宿業者(55 家，占 91.67%)皆理解輔助加熱系統的操作。

表 6 熱水供應情形

熱水供應情形調查	家數	百分比(%)
全年正常供水	44	73.33
只有陰雨天不熱	12	20.00
偶而不熱	4	6.67

售後服務是另一影響使用者的滿意度的重要因素，系統故障調查情形結果顯示，15 家(25%)曾有過故障(輔助加熱器或溫度控制器)，故障後的廠商維修意願包括非常願意、願意及不太願意，分別為 10 家、3 家及 2 家，其中 13 家(86.67%)在一周內排除故障，此外由於小琉球地區並無系統安裝商，維修效率也相對受到影響。滿意度如圖 2 所示，其中 11 家(18.33%)表示非常滿意、40 家(66.67%)表示滿意，8 家(13.33%)表示普通，另有 1 家(1.67%)不太滿意。節能效益評估方面，Lin 等人(2015, 2016) 曾進行台灣地區太陽能熱水系統回饋期限分析，其研究結果顯示，安裝在屏東縣之太陽能熱水系統節能效益顯著，回饋年限約 5 年，圖 3 顯示業者對於太陽能熱水系統節能效益的看法，絕大多數民宿業者(52 家，占 86.67%)認同節約能源，這與 Lin 等人(2016) 分析的結果一致，但是陰雨天時，部分民宿業者覺得耗電量明顯增加，因此不清楚或認為完全沒有節約能源。

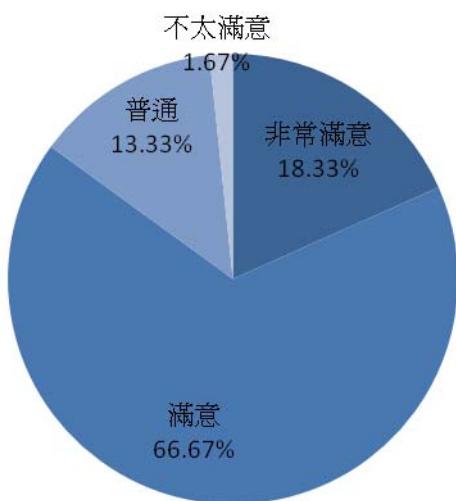


圖 2 滿意度分佈

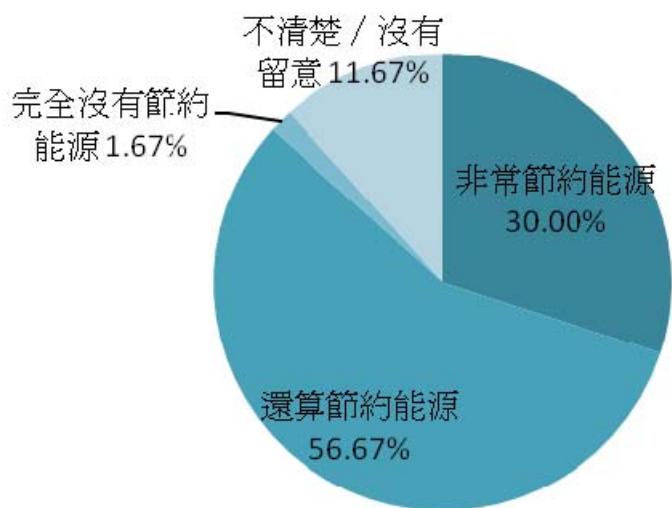


圖 3 節能效益評估分佈

二、Pearson 分析

本研究採用 Pearson 卡方檢定，檢視系統維護、故障狀況與民宿業業者滿意度之相關性，當 P 值小於 0.025 時，代表相關參數的顯著性。結果彙整如表 7，其中「是否有固定維修人員」、「故障排除時間」及「是否有固定維護廠商」之 P 值分別為 0.0175、0.0041 及 0.0003，代表小琉球地區民宿業者對於太陽能熱水系統使用滿意度，除了節能效益外，主要考量系統固定維護及故障排除的時效，至於其它七項變項則是不顯著，此結果應該是所有系統皆有輔助加熱設施，所以降低與系統滿意度的關聯性。在「節能效益」對應滿意度的部份， P 值為 0.0213(小於 0.025)，代表「節能的情形」與滿意度亦具有相關性，但是由圖 3 得知，一般民眾對於氣

候因素影響太陽能熱水系統之節能成效仍有疑慮，特別是經濟部能源局即將於 2017 年底結束太陽能熱水系統的補助作業，這也代表增加系統初置成本，因此對於後續的推廣，政府應加強具體節能資料的揭露。

表 7 Pearson 卡方滿意度相關分析

Pearson 卡方	P 值(雙尾)	顯著性與否
有無故障情形	0.8597	不顯著
故障次數	0.7024	不顯著
是否定期清潔玻璃	0.6177	不顯著
熱水供應是否足夠	0.4300	不顯著
是否再次發生故障	0.2354	不顯著
是否定期保養	0.0954	不顯著
廠商維修意願	0.0763	不顯著
是否固定維修人員	0.0175	顯 著
處理時間	0.0041	顯 著
是否有固定維護廠商	0.0003	顯 著

肆、結論與建議

台灣由於天然能源資源稀少，長久以來一直依賴進口能源，加上「巴黎氣候協定」已於 2016 年簽署，溫室氣體減量已是國際間必然發展的趨勢，再生能源的利用將是節能減碳重要的利器。就太陽熱能而言，經濟部能源局長期獎勵補助太陽能熱水系統，在一般住宅的推廣已經有相當具體的成效，但是工商用系統的安裝仍然有加強的空間。本研究探討小琉球民宿業太陽能熱水系統使用狀況、面臨問題及使用者滿意度，調查結果顯示絕大多數民宿業者認同太陽能熱水系統節約能源之效益，但是值得注意的是，小琉球地區並沒有系統安裝廠商進駐，安裝或維修時效是使用者最關心的議題。此外經濟部能源局針對太陽能熱水系統的補助作業將於 2017 年底終止，在小琉球地區使用者所面臨的問題，未來亦可能發生在台灣本島，值得相關決策者在制定後續推廣政策的參考。

致 謝

本研究承蒙科技部經費補助(MOST 105-2815-C-165-022-H)，謹此致謝。作者亦感謝國立成功大學能源中心提供相關資料。

參考文獻

中文部份

小琉球官網。取自<https://goo.gl/WIkziC>

行政院環境保護署（2016）。中華民國環境保護統計年報。取自

<http://www.epa.gov.tw/lp.asp?ctNode=31641&CtUnit=1432&BaseDSD=7&mp=epa>

呂錫民（2010）。我國裝置太陽能潛力探討。能源報導，31-33。

李聰盛、張克勤、鍾光民、呂宗行、李清安（2016）。太陽熱能利用與補助作業計畫。經濟部能源局委託研究報告(編號：105-D0303)。臺北市：經濟部。

林秋香（2011）。影響高雄地區太陽能熱水系統需求因素之探討（碩士論文）。義守大學，高雄市。

林郁忻（2009）。臺灣太陽能熱水系統市場潛力推估（碩士論文）。中原大學，桃園市。

耿少懷（2010）。台灣推廣太陽能熱水器成效之分析（碩士論文）。立德大學，臺南市。

張景福（2004）。台灣再生能源需求-以太陽能熱水系統為例（碩士論文）。國立中央大學，桃園市。

黃重魁（2002）。家用太陽能熱水器用後評估之研究（碩士論文）。國立成功大學，臺南市。

經濟部能源局（2016）。**104年年報**。取自

http://www.moeaboe.gov.tw/ECW/populace/content/ContentLink.aspx?menu_id=137&sub_menu_id=358

蔡火雄（2005）。太陽能熱水器應用於國軍營舍之研究（碩士論文）。立德管理學院，臺南市。

賴政儒（2014）。影響高雄市民安裝太陽能熱水系統之因素探討（碩士論文）。國立中山大學，高雄市。

英文部份

Fan, K. C., Chang, K. C. & Chung, K. M. (2016). Impact of water quality on use of solar water heaters in remote islands of Taiwan. *Water*, 8(11), 530.

Hill, F., Lynch, H., & Levermore, G. (2011). Consumer impacts on dividends from solar water heating. *Energy Efficiency*, 4(1), 1-8.

Lau, L. C., Lee, K. T., & Mohamed, A. R. (2012). Global warming mitigation and renewable energy policy development from the Kyoto Protocol to the Copenhagen Accord-A comment. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16, 5280–5284.

Lin, W. M., Chang, K. C., Liu, Y. M. & Chung, K. M. (2012). Field surveys of non-residential solar water heater in Taiwan. *Energies*, 5(2), 258-269.

Lin, W. M., Chang, K. C. & Chung, K. M. (2015). Payback period for residential solar water heaters in Taiwan. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 41, 901-906.

Lin, W. M., Chang, K. C. & Chung, K. M. (2016). Economic aspects for solar thermal application in Taiwan. *Sustainable Cities and Society*, 26, 354-363.

Weiss, W., Spork-Dur, M. & Mauthner, F. (2016). *Solar heat worldwide*. AEE-Institute for Sustainable Technologies: Gleisdorf, Austria.

Yulia, Y. (2016). The compliance and implementation mechanism of the Paris Agreement. *Review of European Comparative & International Environmental Law*, 25(2), 174-18.

