

金門縣太陽熱能應用回顧與展望

李筱玲¹ 張克勤^{2*} 鍾光民³

摘要

太陽能熱水系統為太陽熱能最普及之應用，政府自1987年開始歷經兩期對太陽能熱水系統之補助，安裝普及率已達總戶口數之4.13%，其中金門縣政府自行加碼補助(2008-2019)，安裝普及率更高達11.5%。本研究針對金門縣在第二期補助期間(2000-2018年)之用戶進行普查，普查作業成功率為62.5%，其中75.4%的用戶尚在使用太陽能熱水系統。使用期間曾出現故障狀況占比為47.9%，探究其故障原因，主要是因為金門水質含相當濃度之氯鹽，在環境溫度較高時，對不鏽鋼材質具腐蝕性，易造成熱水儲桶、電熱棒及配管之損壞。對曾購置但目前不再使用太陽能熱水系統之用戶進行調查，結果顯示若能補助更換主要組件(如集熱板、儲水桶、控制器)，方有意願重新購置太陽能熱水系統。另如同太陽熱能在全國之目前應用般，金門縣95.4%太陽熱能應用為家用系統，未來可朝工、商業大型系統應用方向推動，以進一步提升太陽熱能在國內能源使用上之應用成效。

關鍵詞：太陽熱能，太陽能熱水系統，太陽熱能獎勵補助

1. 太陽熱能發展現況

因環保意識抬頭、再生能源裝置成本銳減、各國政策支援，以及氣候危機議題日益受到關注，全球朝向再生能源發展已是明顯的趨勢，其中又以風能與太陽能應用為重點。圖1為國際能源總署(International Energy Agency, IEA) (IEA, 2020)統計2019年全球再生能源總裝置容量，風能、太陽光電及太陽熱能分別為651 GW_{el}、672 GW_{el}及479 GW_{th}(分別之產能為1,567 TWh_{el}、751 TWh_{el}及389 GTWh_{th})。另由2010年至2019年全球再生能源市場成長率(如圖2)可發現，因各國能源政策及成本降低的因素，全球太陽光電之總裝置容量於2018年開始超越太陽熱能，但太陽熱能之總裝置容量仍持續緩慢成

長中。

圖3為IEA統計至2018年底68個國家太陽熱能市場的應用(IEA, 2020)，53% (255 GW_{th})提供單一家庭住宅熱水(Domestic hot water for single-family houses, DHW-SFH)，大型熱水系統(Large DHW)為次要的應用(如集合式住宅、旅館、公家機關、學校、養老院、醫院等)，占全球市場的37% (178 GW_{th})，游泳池加熱系統(Swimming Pool Heating, SPH)為第三大應用(6%，29 GW_{th})，其他類型的太陽熱能應用包括住宅用熱水及空間加熱的整合系統(Solar combi systems)、區域供熱系統(Solar district heating)、工業製程(Solar heat for industrial processes)及空調及製冷技術(Solar cooling)等多元方向。

依IEA太陽熱能相關報告(IEA, 2019)，至

¹財團法人成大研究發展基金會 副管理師

²國立成功大學航空太空工程系 教授

³國立成功大學航空太空科學中心 主任

*通訊作者電話: 06-2757575#63679, E-mail: kcchang@mail.ncku.edu.tw

收到日期: 2020年09月14日

修正日期: 2020年10月27日

接受日期: 2020年10月28日

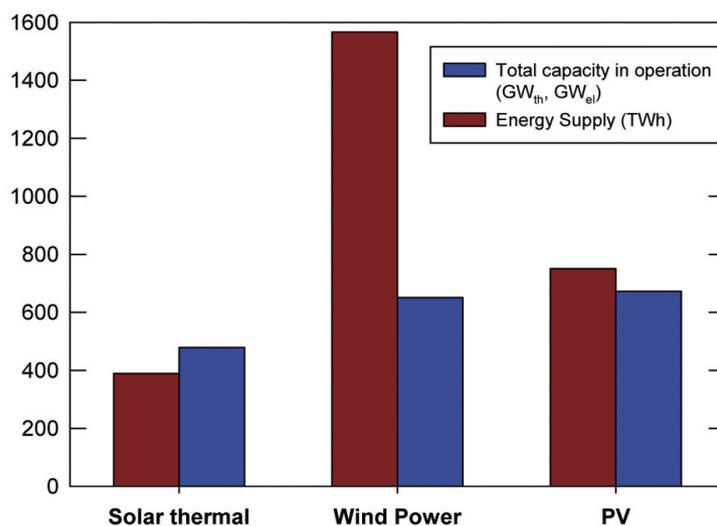


圖1 2019年全球主要再生能源總裝置容量及總產能(IEA, 2020)

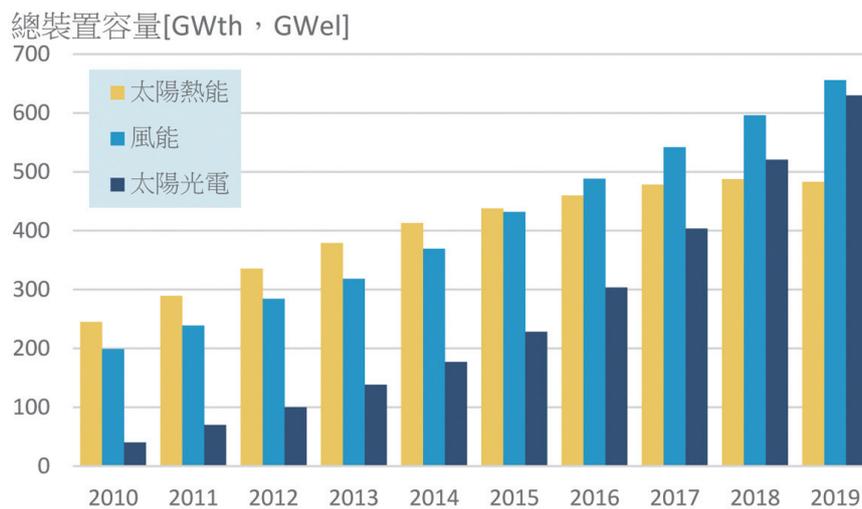


圖2 2010年-2019年全球主要再生能源市場消長(IEA, 2020)

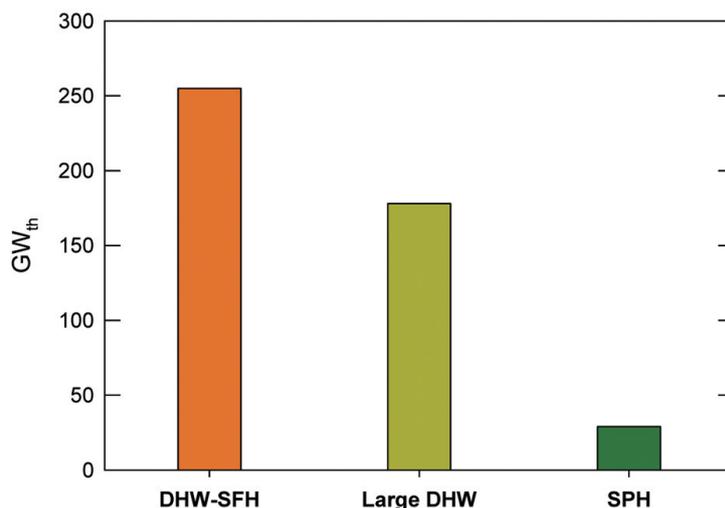


圖3 全球太陽熱能市場之應用情形(統計至2018年底)(IEA, 2020)

2017年底，全球的總裝置容量為473,781 MW_{th} (如表1)。主要市場依序為中國(334,520 MW_{th}，占全球總裝置容量的70.6%)、美國(17,891 MW_{th}，占3.77%)、土耳其(16,287 MW_{th}，占3.43%)。我國總裝置容量為1,195 MW_{th} (全球排名第20位，約占全球總裝置容量的0.25%)。全球平均每千人的裝置容量為96.42 kW_{th}，排名前三高的國家依序為巴貝多(540.47 kW_{th}/千人)、塞浦路斯(440.42 kW_{th}/千人)及奧地利(413.62 kW_{th}/千人)。我國為50.83 kW_{th}/千人，大致與美國、西班牙、義大利、突尼西亞及巴西的普及率相當(表1)。

依太陽能熱水系統的應用，62.53%提供單一住宅家庭熱水，其中模里西斯、莫三比克、巴貝多、烏拉圭以及馬爾他等國單一住宅家庭裝置容量總和即為該國總裝置容量，此外如突尼西亞(占97.10%)、塞內加爾(占96.98%)與日本(占95.89%)等國，太陽能熱水系統的應用亦集中於單一住宅家庭。在我國部分，經濟部能源局(包括成立前之能源委員會)為推動國人使用太陽熱能，於1987-1992年及2000-2017年對裝置使用太陽能熱水系統進行補助，2018年則僅針對三個外島縣(金門縣、澎湖縣、連江縣)繼續進行補助作業(張克勤等人，2018)，單一住宅應用占比為93.87%。由此可見，透過兩期之推廣補助，已有效推廣住宅太陽熱能之應用。

太陽能熱水系統之效率可達50%以上，Lin等人(2015)曾針對我國各行政區在不同氣候條件下(太陽輻射量及氣溫)，進行成本效益分析，除了少數地區(如宜蘭多雨的氣候型態)外，太陽能熱能的應用皆是適當的選項。但依實際系統安裝量，都會區(特別是雙北地區)大樓林立，因有限的屋頂安裝空間，明顯限制太陽能熱能的應用。針對此議題，建物一體化及開發相關產品，將是人口密度較高的城市中太陽能熱能普及化的關鍵(Chang *et al.*, 2016)。

金門縣於2008-2019年執行「金門縣太陽能熱水系統推廣獎勵補助作業要點」，依據經濟部能源局核准申請案之撥款通知單，對轄境內

表1 全球太陽能集熱器總裝置容量及人均容量(統計至2017年底)(IEA, 2019)

安裝國家	總裝置容量 MW _{th}	人口數, 萬	人均容量 (kW _{th} /千人)
全球總計	473,781	491,365	96.42
中國	334,520	137,930	242.53
美國	17,891	32,572	54.93
土耳其	16,287	8,085	201.46
德國	13,753	8,059	170.66
巴西	10,411	20,735	50.21
印度	8,017	133,868	5.99
澳大利亞	6,584	2,323	283.40
奧地利	3,620	875	413.62
以色列	3,298	830	397.36
希臘	3,232	1,077	300.23
義大利	3,202	6,214	51.53
日本	2,910	12,750	22.82
西班牙	2,875	48,96	58.74
墨西哥	2,749	12,478	22.03
法國	1,933	6,484	29.81
波蘭	1,574	3,847	40.91
南非	1,427	5,700	25.03
南韓	1,309	5,147	25.43
巴勒斯坦	1,222	454	269.20
臺灣	1,195	2,350	50.83
丹麥	1,164	577	201.61
瑞士	1,160	823	140.96
加拿大	970	3,654	26.55
約旦	882	1,024	86.06
捷克	825	1,067	77.29
葡萄牙	741	1,038	71.46
突尼西亞	679	1,140	59.54
英國	576	6,584	8.75
黎巴嫩	551	622	88.61
塞浦路斯	537	122	440.42

安裝太陽能熱水系統之用戶施予加碼補助，增加縣民安裝意願，因此在國內各縣市中，金門縣推動太陽能熱水系統安裝使用最具成效。由圖4顯示，安裝量自2008年開始顯著上揚，但是當經濟部能源局停止補助後，雖然金門縣政府持續獲得離島建設基金支持並搭配縣庫進行補

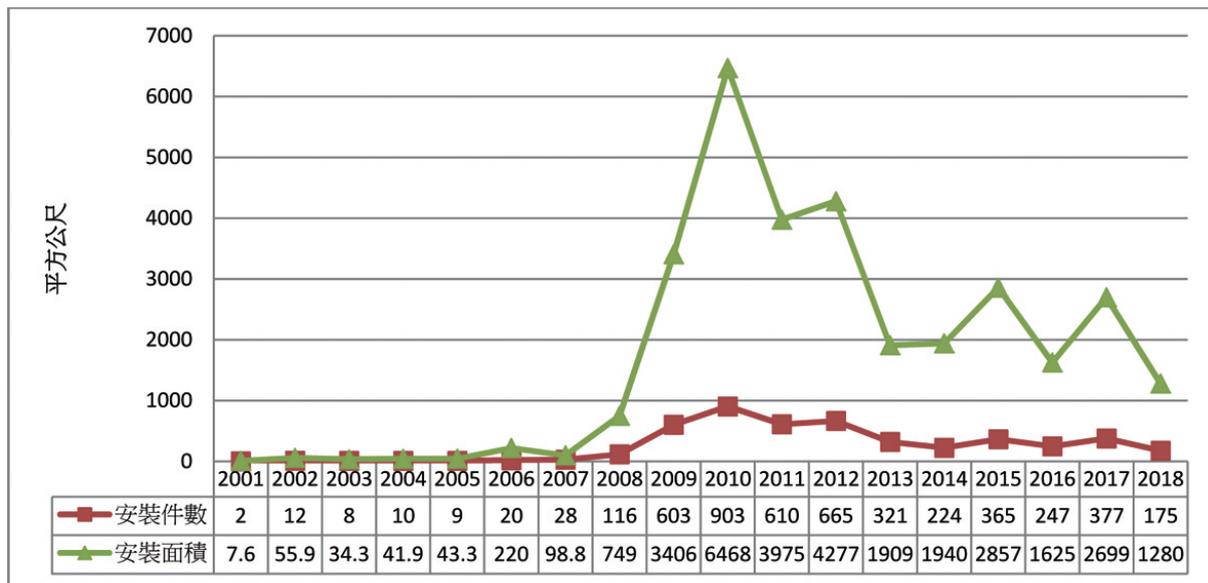


圖4 金門縣歷年太陽能熱水系統安裝件數與面積(本研究繪製)

助，但因補助金額減少，2018年之安裝量下降至2008年之水準。金門縣於2000-2018年共安裝4,695套太陽能熱水系統，集熱器面積約31,687平方公尺，每年約可節省2.1萬公秉油當量之消耗，並可減少約6萬公噸二氧化碳排放，或年節約2千6百萬度電。

有關國內太陽能熱水系統的應用，黃重魁(2002)針對1986-1999年的用戶進行小規模問卷調查，探討太陽能熱水系統之安裝情形、耗電狀況及維護習慣；張梅英(2004)為瞭解太陽能熱水系統國內市場的需求性、接受度與滿意度，針對2002年申請補助款之用戶進行抽樣調查；顏貝珊及張克勤(2014)對2000年安裝之所有用戶進行普查，以瞭解這些太陽能熱水系統之使用情形，其成功率為52.3%，但所調查之使用狀態全侷限在2000年安裝且使用年限為12年以內之太陽能熱水系統。由此可知少有文獻針對國內地區性太陽能熱水系統使用情形與市場進行全盤、深入的調查與探討。

依太陽能熱水系統使用情形，金門縣之安裝普及率為11.5% (以登記戶口數為基數)，遠高於全國平均(4.13%)，為全國第一，其中金寧鄉的安裝率最高(14.95%)。因金門縣在太陽能熱水系統推廣安裝上有顯著成績及相對普及，

本研究針對2000-2018年金門縣內獲得補助之用戶，進行太陽能熱水系統使用情形普查，除反映實際使用情形外，可提供包跨金門在內之各級政府未來推廣太陽熱能應用的參考，相關內容於下節詳述。

2. 金門縣太陽能熱水系統使用情形調查

本研究以2000-2018年申請太陽能熱水系統補助之金門縣用戶(共計4,695件)進行全面普查，藉以瞭解太陽能熱水系統使用壽命、損壞原因、故障及維修情形、整體滿意度及未來續購意願等問項。

2.1 問卷調查方式

調查時段為每周一至周五的早上9點至12點、下午2點至5點及晚上6點至9點，主要以電話訪問(Telephone Survey)為主，考量電話訪問常受通話時間限制，被訪問者在回答問題時通常較簡略，為呈現問卷調查的客觀性，亦以小部分面談方式(約1%)進行，用以比對電訪結果。此外為提高成功訪問率，亦於部分周末早上9點至12點、下午2點至5點進行。每個樣本

至多接觸三次，超過三次仍未能成功完成訪問者，視為無法完成訪問案件。本調查於2019年11月間進行，完成問卷數為2,936件，成功率為62.5%。

2.2 問卷題目設計

由於用戶在申請補助款時，已提供集熱器形式、產品製造商、安裝用途等基本背景資訊，本項問卷調查之問卷題目設計主要涵蓋系統使用情況調查與使用壽命，亦包括損壞或故障情況、修繕比率、滿意程度、續購意願、是否有進行設備定期保養行為、以及廠商之維修服務，所使用之問卷調查表如附錄。

2.3 問卷調查結果分析

圖5顯示大部分用戶使用「自來水」，占整體用戶83.1%，「地下水」及「混和用水」(指自來水加上地下水)分別約8.2%。

高達74.5%(樣本數2,187件)的用戶仍在系統中，問卷設計之問項進一步分為「有在使用」及「無在使用」，設計不同問項接續調查故障原因及無使用系統之原因(參見附錄)。首先針對尚在使用系統之用戶進行滿意度調查(如圖6所示)，整體「滿意」度高達76.4%(非常滿意加上滿意)，「普通」者占18.9%、「不滿意」及「非常不滿意」者占4.7%，據此可知，大部分仍在系統之用戶對於系統之整體使用大

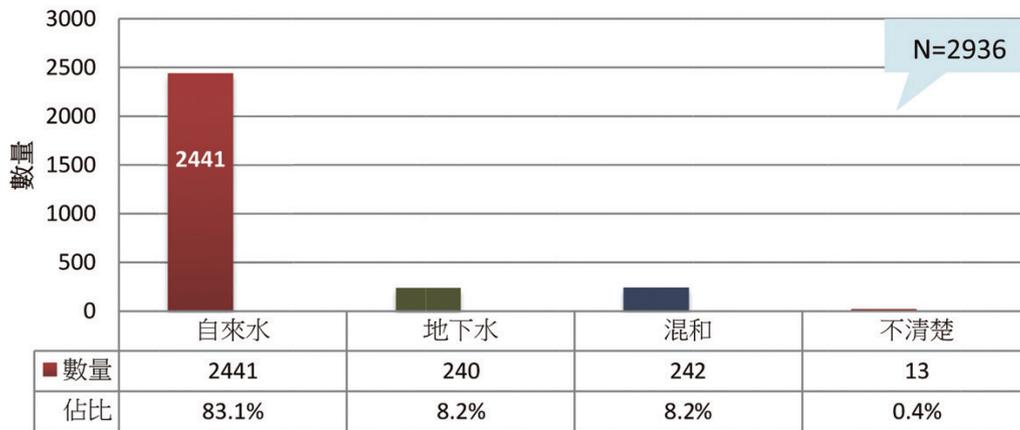


圖5 使用之水源別(本研究繪製)

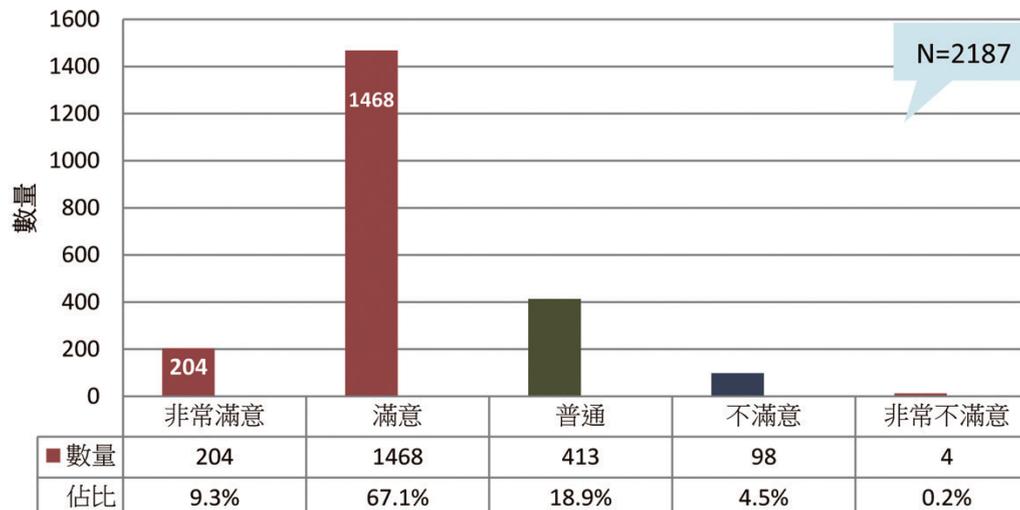


圖6 太陽能熱水系統滿意度(本研究繪製)

多持肯定的態度。對於系統是否曾經發生故障情形，1,139用戶(占52.1%，樣本數2,187件)表示系統未曾發生故障情形。

針對仍在使用之用戶且系統曾發生故障情形者(樣本數1,048件)，系統故障內容如圖7所示，在主要組件部分以「儲水桶漏水」占17%為最高，「集熱板/管漏水」占11%次之，此兩部分與金門水質對不鏽鋼具腐蝕性之高氯鹽濃度有關(范愷軍和張克勤 2013；Fan *et al.*, 2016)；值得注意的是其他故障問題中「加熱棒故障」占21%為最高，「颱風吹壞」及「水量太小/熱水不熱/水管漏水」分占16%及14%，這其

中「加熱棒故障」和前述金門水質大多具高氯鹽濃度相關，由此可見水質為金門使用太陽能熱水系統所面臨的挑戰之一，須改用抗腐蝕性之材料來因應之。此外，「颱風吹壞」占16%(計163件)，其中128件係因為2016年之莫蘭蒂颱風，依據金門氣象站資訊，莫蘭蒂颱風曾產生金門縣近80年來之最大瞬間風速(16級)，因此未來集熱器之風負載應列入系統設計的考量(Chung *et al.*, 2013；Chou *et al.*, 2020)。

由廠商修繕項目調查分析，八成發生故障之用戶曾聯絡廠商進行維修，再交叉比對廠商修繕速率之比例(圖8)，有67.4%廠商馬上前

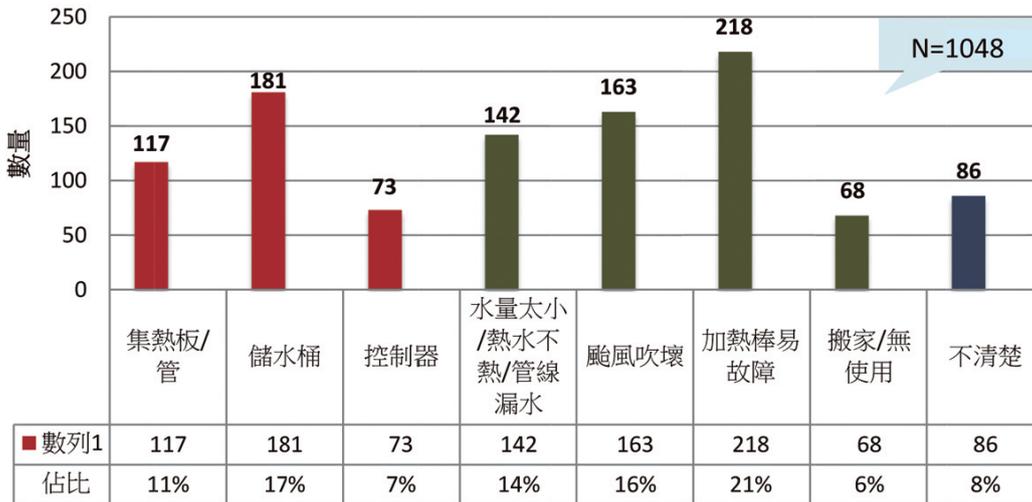


圖7 (有故障者)系統哪裡出現問題(本研究繪製)

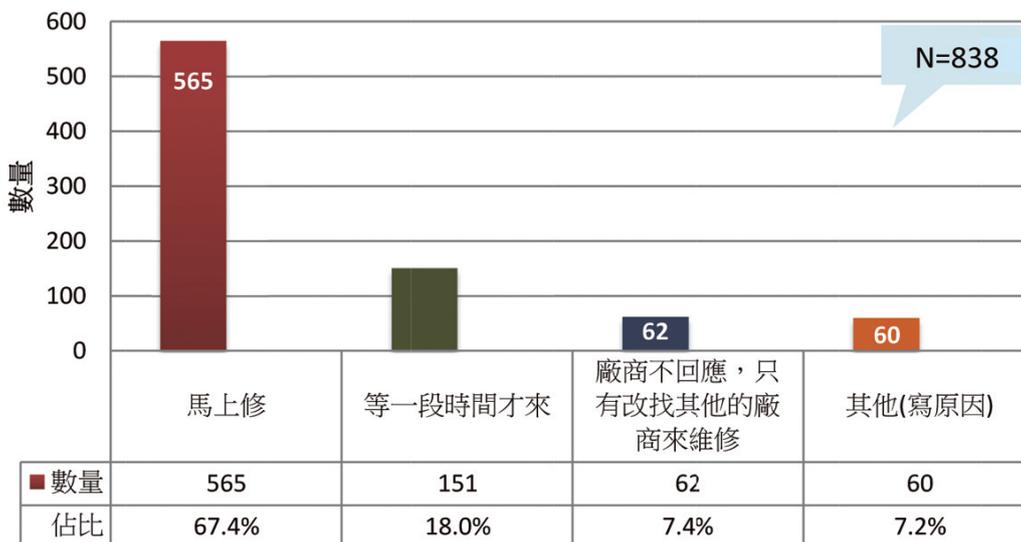


圖8 (有故障者且聯絡廠商者)廠商修繕服務(本研究繪製)

來修繕，但有18%廠商要等一段時間才回應修繕，14.6%廠商則是不積極回應。

針對「無在使用」之原因(如圖9)(樣本數749件)，主要組件部分以「儲水桶損壞」占21.4%最高，其次為「集熱板/管損壞」(16.4%)；探究其他損壞問題則以「颱風吹壞」占20%為最高，「水量太小/熱水不熱/水管漏水」及「加熱棒或馬達易損壞」分占17.1%及7.7%。

調查目前「無在使用」用戶之熱水取得來源方面，圖10顯示仍以使用「太陽能熱水系統」最高(占45.1%，原系統損壞且再度申請

補助之用戶)，其次為「電熱水器」占42.1%。此結果表示在原系統損壞後，近半用戶購置新系統。接續探究「目前非使用太陽能熱水系統者」再次購置的誘因(參考圖11)，以「可與電熱水器串聯作為預熱功能」最高(占37.7%)，其次為「損壞時更換主要組件有提供部分補助」占29%，「補助金額增加」則占20%，而在「其他」原因中則以「產品品質提升」及「售後服務改善」為主。

本研究針對「(有故障者)系統哪裡出現問題-其他選項」及「(無使用者)為什麼沒有使用這套太陽能熱水系統-其他選項」進行交叉比

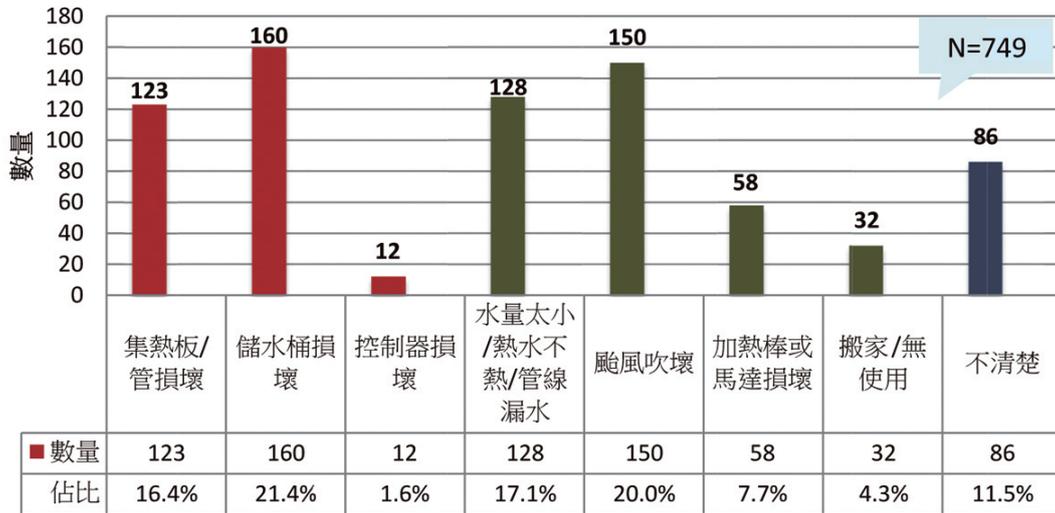


圖9 (無使用者)為什麼沒有使用這套太陽能熱水器?(本研究繪製)

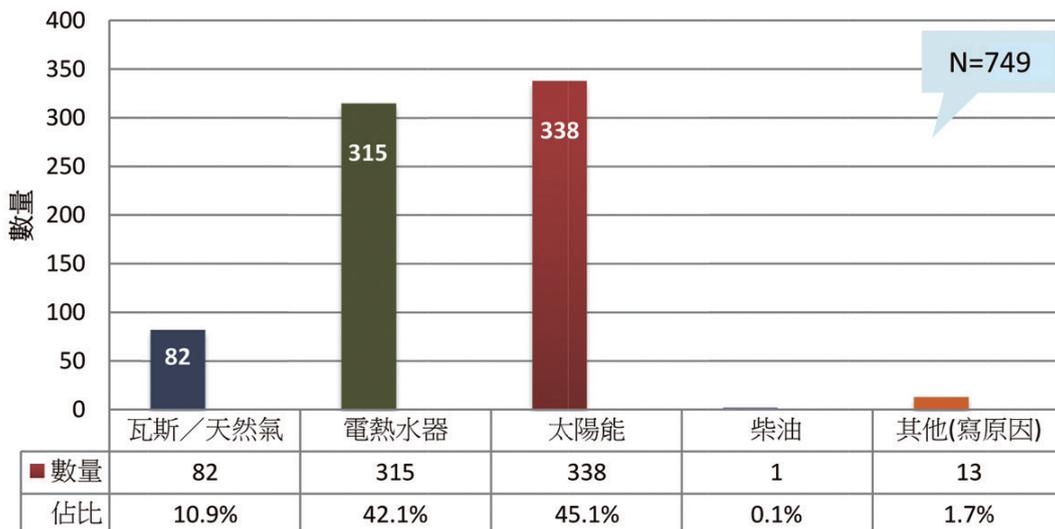


圖10 (有故障更新者)熱水系統類別(本研究繪製)

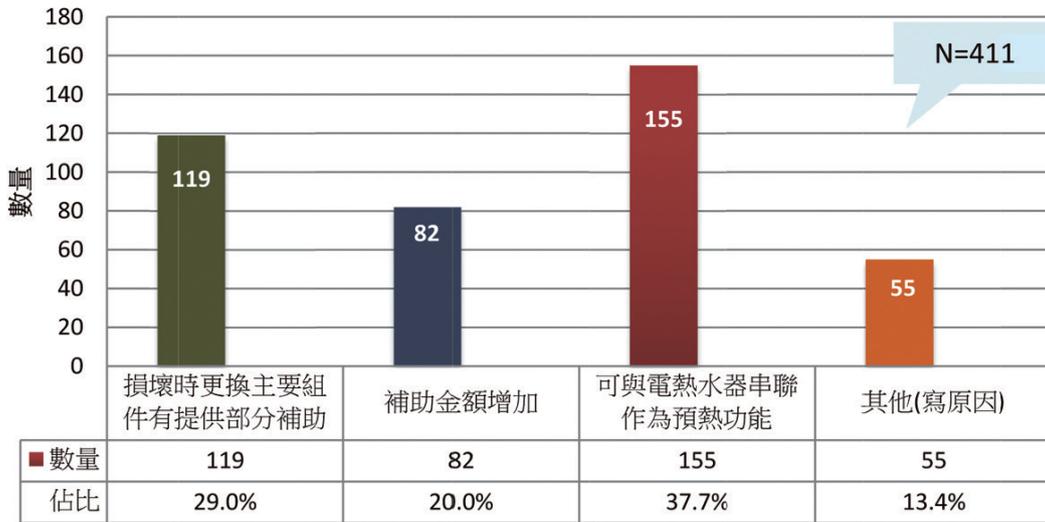


圖11 (目前非使用太陽能者)再次購置太陽能熱水系統誘因(本研究繪製)

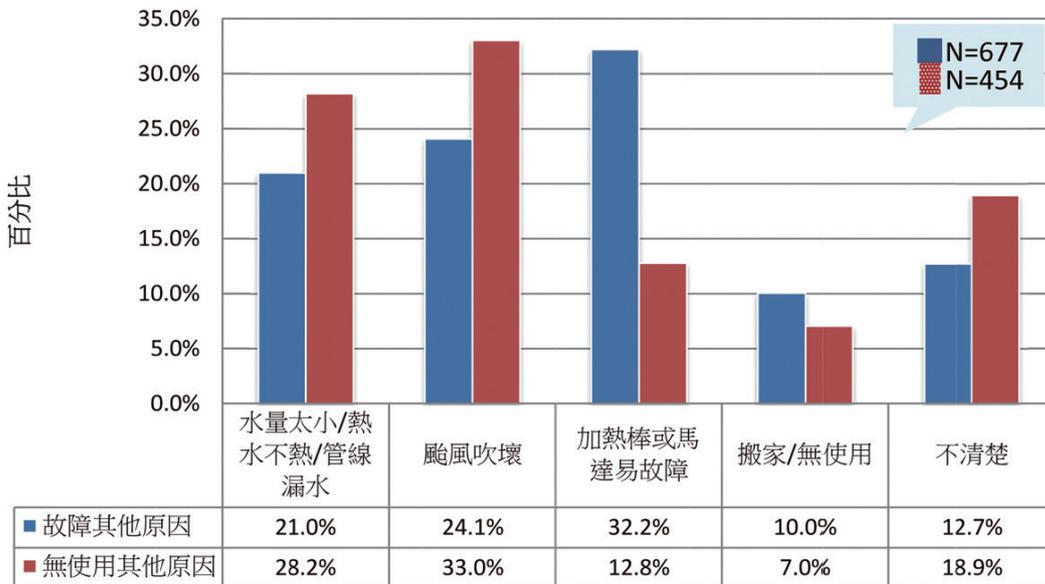


圖12 故障及無使用者其他原因比對(本研究繪製)

對，結果如圖12所示，用戶因颱風吹壞系統與水量太小/熱水不熱/管線漏水而停止使用者偏高；而加熱棒或馬達是目前仍有在使用的用戶(樣本數677件)最常發生故障的原因。由此可見安裝廠商之設計不良及抗風損不足是造成使用者對使用太陽能熱水系統失去信心之最主要因素。

本問卷亦針對太陽能熱水系統之用戶是否有進行設備定期保養行為進行相關調查，發現僅有28.5% (樣本數836件)的用戶會查看系統或進行簡單保養，顯示使用者大都具有輕忽「保

養」的錯誤觀念，有待金門縣府和太陽能熱水系統廠商加強在定期保養上的宣導。

3. 金門太陽熱能推動展望

金門縣自民國2008年起開始辦理太陽能熱水系統加碼補助，累計受理申請案件計4,695件，安裝普及率(以戶口數計)達11.5%，遠高於全國平均值(4.13%)，為全國第一；而累計補助安裝之太陽能熱水系統集熱面積達31,687平方公尺，可減少約6萬公噸二氧化碳排放，節能

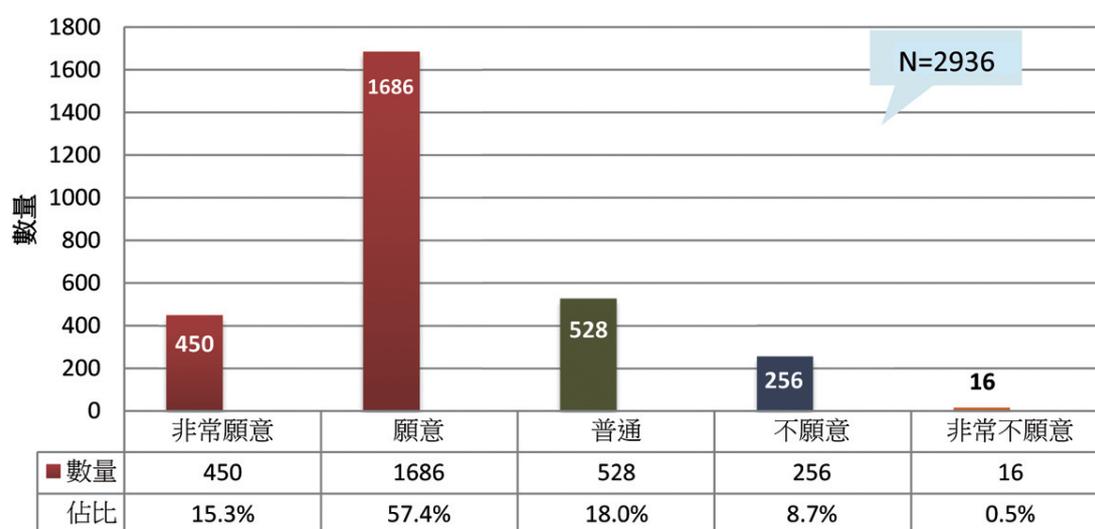


圖13 使用太陽能熱水系統之意向(本研究繪製)

減碳成效相當顯著。依2,936件有效問卷調查結果，如果重新選擇時，願不願意再一次使用太陽能熱水系統？其結果如圖13所示；72.7%「願意和非常願意」再次使用，覺得「普通/考慮」者有18%，「不願意」及「非常不願意」者僅占9.2%，顯示金門縣在推廣獎勵太陽能熱水系統是成功的。

在政策面部分，經濟部能源局自2018年起停止對金門縣太陽能熱水系統補助，但是金門縣為推動並落實「金門低碳島」之施政方針，自2019年起，每年申請政府離島建設基金補助並配合自行編列預算共新臺幣1,000萬元繼續補助，另針對使用十年以上太陽能熱水系統的汰舊更新用戶，金門縣更加碼補助；此外亦對合法登記之民宿、飯店及餐廳等提供不同的補助上限來鼓勵安裝使用，期待能持續增加金門縣太陽能熱水系統安裝量。

由目前不再使用太陽能熱水系統的411件用戶之調查(見圖11)，有高達37.7%表示希望太陽能熱水器可與電熱水系統串聯使用，亦即以太陽能熱水系統作為電熱水器之預熱功能使用。金門的冬季易起霧，導致日射量較低，因此太陽能熱水系統較常需啟動電熱棒來輔助加熱，加熱情況較一般電熱水器較慢且耗費更多電量(須加熱一整桶熱水儲槽)，冀望廠商能開發出

此類太陽能熱水系統串聯電熱水器的應用，提供用戶多一種使用選擇。另外，有29%表示若縣府能改變目前之補助規定：太陽能熱水系統因某主要組件故障而維修更換時，須另行購置一套全新產品方得申請補助。本項規定是沿用經濟部能源局當初為推廣民眾使用太陽能熱水系統而設定只補助「整套新品」。太陽能熱水系統在金門已推廣使用長達近20年，可研議系統主要組件(如集熱板、儲水桶等)部分補助之可行性，這將有別以往系統若有任一主要組件損壞時須全套更新，才符合補助「新品」之認定，可提高民眾持續使用太陽能熱水系統意願，亦更符合經濟效益。

在推動成效部分，統計至2018年底，金門縣累計安裝件數為4,695件，累計安裝面積為31,687.21平方公尺，其中高達4,478件(面積累計為26,849.5平方公尺)為家用系統(約占總申請案件數之95.4%)，若以面積來看，家用系統約占總安裝面積之84.7%。由此可見金門縣太陽能熱水系統主要安裝對象為一般家庭，大型系統(如住院病房醫院、屠宰場、大型旅館、有熱能需求之產業界等)占比相對不多，但依國際能源總署對太陽熱能應用的預測(IEA, 2020)，在系統效率或成本效益的因素考量下(Chang *et al.*, 2018)，大型太陽熱能系統將是未來太陽熱能應

用的主流之一。再由圖4金門縣歷年太陽能熱水系統安裝量可以窺見，2010年之安裝量為歷年安裝高峰，加上近年來補助額度逐年調降以及安裝普及率高達11.5%等因素，金門縣安裝量逐漸趨緩且多為既有安裝系統的汰舊更新之用。據此，後續金門縣太陽能熱利用推廣計畫也可參考國際太陽能市場的發展趨勢(見圖3)，朝向大型系統方向推動，藉以繼續提升金門縣太陽能熱利用之安裝成效。

4. 結論與建議

透過本次之普查，高達74.5%的金門縣用戶尚在使用太陽能熱水系統，且整體使用之滿意度約95%。系統曾出現故障的情形占比為52.1%，進一步探究其故障原因，以「儲水桶漏水」、「集熱板／等漏水」及「集熱棒故障」三者占大宗，這和金門縣水質大部分具對不鏽鋼有高腐蝕性之高氯鹽濃度有關，需輔導太陽能熱水系統廠商開發抗腐蝕之技術，以提升太陽能熱水系統在高腐蝕水質地區，如金門等離島地區(Fan *et al.*, 2016)，之使用期限。因故障而更新之用戶繼續使用太陽能熱水系統者居多(45.1%)，其次為電熱水器(42.1%)；對因故障而目前不再繼續使用太陽能熱水系統者之意見調查，多數表示若太陽能熱水系統可與電熱水器進行串聯作為預熱功能或損壞時政府可提供更換組件(非全套換新)之部分補助，則可考慮再次使用太陽能熱水系統。此外針對用戶是否系統有進行保養，僅約三成回應有對系統進行查看或簡單保養的習慣，據此對於系統的保養觀念尚有加強空間。如同太能熱能在全國之目前應用(張克勤等人，2018)般，金門縣95.4%太陽熱能應用集中在家用熱水使用方面，未來可參考國際太陽能市場的發展趨勢，朝向工、商業大型系統應用方向推動，以進一步提升太陽熱能在國內能源使用上之應用成效。

致 謝

本文承蒙金門縣政府委辦「金門縣政府108年度太陽能熱利用受理補助委託服務及再生能源環境評估計畫」(計畫編號：1080025027)之經費支持，在此特於致謝。

參考文獻

- 范愷軍與張克勤，2013。離島地區太陽能熱水系統使用水質影響評估，工程與技術，第86卷，第5期，66-77頁。
- 張梅英，2004。國內太陽能熱水系統用戶滿意度調查分析，太陽能與新能源學刊，第9卷，第1期，23-36頁。
- 張克勤、李聰盛與鍾光民，2018。太陽熱水系統推廣補助作業，經濟部能源局。
- 黃重魁，2002。家用太陽能熱水器用後評估之研究，太陽能學刊，第7卷，第2期，7-15頁。
- 顏貝珊與張克勤，2014。2000年臺灣推廣獎勵家用太陽能熱水器案例普查分析，臺灣能源期刊，第1卷，第3期，379-395頁。
- Chang, K. C., W. M. Lin and K. M. Chung, 2018. Solar water heaters as the preheating system for industrial processes. *Energy Efficiency*, 11(3), pp. 755-760.
- Chang, K. C., W. M. Lin, T. S. Leu and K. M. Chung, 2016. Perspectives for solar thermal application in Taiwan. *Energy Policy*, 94, pp. 25-28.
- Chou, C. C., C. Y. Chung and K. M. Chung, 2020. The effect of roof clearance on wind loads for solar arrays on a low-rise building. *Journal of Taiwan Energy*, 7(1), pp. 45-57.
- Chung, K. M., C. C. Chou, K. C. Chang and Y. J. Chen, 2013. Wind loads on a residential solar water heater. *Journal of the Chinese Institute of Engineers*, 36(7), 870-877.

- Fan, K. C., K. C. Chang and K. M. Chung, 2016. The impact of water quality on the use of solar water heaters in remote islands of Taiwan. *Water*, 8(11), [530].
- IEA, 2019. F. Mauthner and W. Weiss, *Solar Heat Worldwide*, AEE-Institute for Sustainable Technologies: Gleisdorf, Austria, International Energy Agency (IEA).
- IEA, 2020. F. Mauthner and W. Weiss, *Solar Heat Worldwide*, AEE-Institute for Sustainable Technologies: Gleisdorf, Austria, International Energy Agency (IEA).
- Lin, W. M., K. C. Chang and K. M. Chung, 2015. Payback period for residential solar water heaters in Taiwan. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 41, pp. 901-906.

附錄

太陽能熱水系統推廣獎勵受託機構

問卷編號：	錄音檔案：
訪問員：	複查結果：

太陽能熱水系統使用情形調查

先生/女士 您好：

我們這邊是成功大學能源中心，接受金門縣政府的委託，辦理太陽能熱水器的補助作業。您家中曾經在民國____的時候(請訪員說出安裝年份)，向政府申請過太陽能熱水器的補助，當時為您安裝熱水器的廠商是(請訪員念出廠商名稱)。我們很關心您家裡面目前使用熱水器的情況，能否耽誤您兩分鐘，訪問五個問題，謝謝！

申請書編號	申請人 填表人	調查日期： 年 月 日 訪問時間： 時 分
-------	------------	--------------------------

1. 請問，目前您家中是使用 (1)自來水 (2)地下水 (3)混和 (4)不清楚
 2. 請問，您安裝之前是否有安裝太陽能熱水系統的經驗？
 (1)有(接續第3題) (2)無(跳至第4題)
 3. 請問，您家中在____年安裝的太陽能熱水器，目前還有沒有在使用呢？
 (1)有
 - 3.1.1 整體來說，您滿不滿意這套太陽能熱水器？
 (1)非常滿意 (2)滿意 (3)普通 (4)不滿意 (5)非常不滿意
 - 3.1.2 (不滿意/非常不滿意者)為什麼不滿意？
 - 3.1.3 這套太陽能熱水器，有沒有故障過？ (1)有 (2)沒有
 - 3.1.4 (有故障者)請問是哪裡出現問題呢？
 (1)集熱板/管 (2)儲水桶 (3)控制器 (4)其他_____
 - 3.1.5 (有故障者)有聯絡廠商來修理嗎？ (1)有 (2)沒有
 - 3.1.6 (有故障且聯絡廠商來維修者)廠商有沒有馬上來修理？
 (1)馬上修 (2)等一段時間才來 (3)廠商不回應，只有改找其他的廠商來維修
 (4)其他
 - (2)沒有
 - 3.2.1 為什麼沒有使用這套太陽能熱水器了呢？
 (1)集熱板/管損壞 (2)儲水桶損壞 (3)控制器損壞 (4)其他
 - 3.2.2 大約是什麼時候就沒有用了？民國____年/____年前就無使用
 - 3.2.3 目前您家中的熱水，是用瓦斯、電熱水器，還是太陽能呢？
 (1)瓦斯/天然氣 (2)電熱水器 (3)太陽能 (4)柴油 (5)其他_____
 - 3.2.4 (目前非使用太陽能者)在何種情況下您會願意再次使用太陽能熱水系統？
 (1)損壞時更換主要元件(集熱板/管、儲水桶、控制器)有提供部分補助
 (2)補助金額增加 (3)可與電熱水器串聯作為預熱功能 (4)其他_____
 - 3.2.5 (目前使用太陽能者)您大概是在民國幾年，購買新的太陽能熱水器呢？
民國____年
4. 對於這套太陽能熱水器是否有進行保養習慣？ (1)有 (2)沒有
 5. 下次如果還要購買或是更換熱水器的話，您願不願意再一次選擇太陽能熱水器呢？
 (1)非常願意 (2)願意 (3)普通 (4)不願意 (5)非常不願意
 - 5.1 (不願意/非常不願意者)為什麼不願意？_____

～訪問到此結束，謝謝您的回答，謝謝/晚安！～

Solar Thermal Applications in Kinmen County: Review and Perspectives

Hsiao-Ling Li¹ Keh-Chin Chang^{2*} Kung-Ming Chung³

ABSTRACT

Solar heating is a mature technology, and the production of hot water using solar water heaters represents one of the most important renewable energy applications in the world. The Taiwanese government initiated two purchase-based subsidy programs (1986-1982; 2000-2018) and the national population ratio is 4.13%. The government of Kinmen County also offered financial incentives (2008-2019) and the population ratio is 11.5%. Interviews were conducted for all 4,695 end users in Kinmen County, in which 2,936 (62.5%) of them were reached. The survey showed that there are 2,187 systems (75.4%) in operation. The water quality (chlorine salt), resulting in leakage of solar collector, water storage tank, and piping, represents one of the key issues for proper system operation. When a subsidy program for the replacement of major components (solar collectors, storage tank or controller) can be issued, the end users are more willing to replace the old system at the least cost. Similar to the current national situation of solar thermal application, there are as high as 95.4% systems installed in the domestic sector of Kinmen County. Solar heating in the commercial sector represents another important domestic application in the future.

Keywords: Solar thermal energy, Solar water heating system, Solar thermal energy incentive subsidy.

¹Associate Administrator, NCKU Research & Development Foundation.

²Professor, Department of Aeronautics & Astronautics, NCKU.

³Director, Aerospace Science & Technology Research Center, NCKU.

* Corresponding Author, Phone: +886-6-2757575#63679, E-mail: kcchang@ncku.edu.tw

Received Date: September 14, 2020

Revised Date: October 27, 2020

Accepted Date: October 28, 2020