

# 綠色能源的現況與未來發展趨勢之探索

嚴國慶	王淑卿*	蘇永祥	王順生*
朝陽科技大學	朝陽科技大學	朝陽科技大學	朝陽科技大學
銀髮產業管理系	資訊管理系	資訊管理系博士班	工業工程與管理系
教授	教授	研究生	副教授
kqyan@cyut.edu.tw	scwang@cyut.edu.tw*	s10033905@cyut.edu.tw	sswang@cyut.edu.tw*

\*: 聯絡人

## 摘要

能源是人類一切經濟活動的動力，永續發展需要永續能源，一方面傳統能源會逐漸枯竭，能源價格逐步上漲，會造成經濟發展遲緩，生活品質下降。另一方面傳統能源大量使用，會造成溫室氣體效應，危及人類生活及生態環境。面對當前全球氣候變遷的發展趨勢，「節能減碳」成為全球矚目焦點，世界各主要國家莫不大力推動以高能效、低排放為核心的「低碳經濟」，積極發展「低碳技術」，並對產業、能源、技術、貿易等政策進行重大調整，以爭取先機，發展綠色產業。在本研究中，將探討綠色能源的現況與未來發展之趨勢。

**關鍵詞：**能源、綠色能源、清潔能源、再生能源、永續能源

## Abstract

Energy is the driving force of economic activity, sustainable development needs sustainable energy. However, traditional energy gradually reduced. Energy prices gradually rise. Economic development will cause delay, so that the quality of life. Extensive use of traditional energy sources, will cause the greenhouse effect, and endanger human life and the environment. The current development trend of global climate change, "carbon reduction" has become the focus of global attention. All the major countries in the world to vigorously promote energy-efficient, low-emission core of "low carbon economy", and actively develop "low-carbon technologies", and the industrial, energy, technology, trade and other policies for major adjustments in order to gain the initiative, development green industry. In this study, the trend of green energy status and future development is explored.

**Keywords:** Energy, Green Energy, Clean Energy, Renewable Energy, Sustainable Energy

## 1. 前言

「能源」一直是人類社會文明發展的要素之一，也是一個國家產業建設與經濟發展的動力。全球氣候變遷對環境與生態造成衝擊，也影響地球的永續發展，然其自然資源儲量漸減，並因過度使用而導致環境污染，甚至全球暖化等問題。面對日漸殆盡的自然資源，與因為溫室氣體排放所產生的全球氣候急遽變遷之事實，綠色能源(Green Energy)將會是極重要與長遠的目標。

面對當前全球氣候變遷的發展趨勢，「節能減碳」成為全球矚目焦點，世界各主要國家莫不大力推動以高能效、低排放為核心的「低碳經濟」，積極發展「低碳技術」，並對產業、能源、技術、貿易等政策進行重大調整，以爭取先機，發展綠色產業。自然氣候變遷(Nature Climate Change)一份新的研究報告顯示，綠色能源是讓數十億人脫離能源匱乏與預防氣候災難的唯一方法[1]。

在本研究中，將探討綠色能源的現況與未來發展之趨勢。本研究的內容共分為五節。第1節為前言，說明背景動機與目的。第2節為文獻探討。第3節說明綠色能源的現況。第4節為能源的產出。第5節為綠色能源的未來發展。結論與未來走向則陳述於第6節。

## 2. 文獻探討

綠色能源又稱為清潔能源(Clean Energy)，指不會排放污染物的能源，包括核能及可永續利用的再生能源(Renewable Energy)[2,3]。綠能可分為狹義和廣義的定義。廣義的定義是指不排放污染物的能源，像是可再生能源與核能，狹義的定義是指原材料可以再生的能源，例如：水力發電、風力發電、太陽能發電、生物能發電、地熱能發電、海潮能發電與海水溫差發電等等。綠能是低污染性、

能改善對環境的危害性、對環境友善性，可再生性、永續性，又屬於永續能源(Sustainable Energy)。換言之，綠色能源亦指是可以直接或經轉換提供人類所需的光、熱、動力等任一形式能量的載能體資源。

能源依能量的來源分類可分為以下兩種[4]：

(1) 初級能源(Primary Energy)：不必處理可直接使用的能源。

■ 再生能源(Renewable Energy)：係指隨著大自然的運轉而永不枯竭的能源。例如：太陽能、風能、水力能、地熱能等。

■ 非再生能源(Non-renewable Energy)：係指其有消耗性，蘊藏量有限，並且會日漸減少，用完就不能再利用的能源。例如：煤、石油、核能、天然氣等。

(2) 次級能源(Secondary Energy)：經轉換處理而產生的能源。

■ 汽油、柴油、燃料油、電磁能、電能等。

核能發電雖然不會排放二氧化碳，但核廢料處理不易，發生重大災難時更可能導致核污染，因而備受爭議。於2011年3月日本發生福島核災後，我國也將能源發展訂為「確保核安、穩健減核、打造綠能低碳環境，逐步邁向非核家園」[5]。核能雖然是清潔能源，但鈾燃料不是可再生能源，而且幾乎所有的國家，包括技術和管理最先進的國家，都不能保證核電站的絕對安全。例如：

(1) 前蘇聯的車諾比核事故(1986年4月)[6]：車諾比(Chernobyl)位於歐洲東方，黑海邊緣，介於波蘭及俄羅斯之間。

■ 災變的起始事件是管理和技術人員決定測試汽輪機在突然喪失電力的情況下，反應器的應變情況。

■ 污染區遠遠超過離電廠30公里的範圍，嚴重污染的地區遠達300公里範圍，被污染土地面積超過16萬平方公里，被疏散的居民超過40萬人。

(2) 美國的三哩島事故(1979年3月)[7]：美國賓夕法尼亞州薩斯奎哈納河三哩島核電廠。

■ 備用泵按照預設的程序啟動，但是由於輔助給水系統中隔離閥在此前的例行檢修中沒有按規定打開，導致輔助給水系統沒有投入運行，導致溫度過高造成47%的核燃料已經融毀並發生泄漏，系統發出了放射性物質外漏的警報，但由於警報響起時並未引起運行人員的注意，甚至現時的紀錄報告都指出沒有人注意到警報。

■ 在以三哩島核電廠為圓心的50英里範圍內，220萬居民中無人發生急性輻射反應，但是泄漏事故造成核電廠二號堆嚴重損毀，直接經濟損失達10億美元之鉅。

(3) 日本福島第一核電站事故(2011年3月)[8]：日本宮城縣東方外海發生的規模矩震級9.0地震、與緊接引起的海嘯。

■ 大海嘯淹沒了緊急發電機室，損毀了緊急柴油發電機，冷卻系統因此停止運作，反應爐開始過熱。

■ 日本政府在輻射尚未擴散到廠外前就已逐次疏散20公里內居民，因此民眾接受的輻射劑量非常低微。福島事故外洩的輻射量已確定約為車諾比事故的10%。

### 3. 綠色能源的現況

台灣目前能源政策與措施現況，於民國97年世界環境日(6月5日)通過「永續能源政策綱領」，以發展無碳再生能源作為淨源策略。並於民國98年公布「再生能源發展條例」，推廣太陽能、生質能、地熱能、海洋能、風力、非抽蓄式水力及廢棄物利用等再生能源，同時明定政府可運用收購機制、獎勵示範及法令鬆綁等方式提高開發誘因，使再生能源邁入新紀元[9]。

面對能源情勢之變遷與挑戰，行政院核定「永續能源政策綱領」與推動節能減碳計畫，針對各種全球能源議題，並依據全國能源會議結論與共識，推動低碳家園施政為主軸，達成我國能源政策之總體目標，包括安全化、自主化、多元化、效率化、潔淨化及永續化的基本目標[10]。表1所示為2008年至2010年台灣的能源政策與措施。在2014能源產業白皮書中，更明列我國針對能源產業的政策方針、目標、策略、方案與計畫等[11]。

表 1、2008 年至 2010 年台灣能源政策與措施[10]

年份	政策	內容
2008 年 6 月	永續能源政策綱領	目標在兼顧能源安全、經濟發展與環境保護；執行方向在提高能源效率、發展潔淨能源及確保能源供應穩定。
2008 年 10 月	新能源產業旗艦計畫(綠色能源產業旭升方案)	以太陽光電及 LED 照明為主，另外以風力、生質能、氫能、電動車及能源資通訊 5 大產業為輔。
2009 年 6 月	通過「再生能源發展條例」	目標是「為推廣再生能源利用，增進能源多元化，改善環境品質，帶動相關產業發展，特制定本條例」。
2009 年 8 月	國科會推動能源國家型科技計畫	4 大主題是：能源科技策略、能源技術、節能減碳，以及人才培育。
2010 年 1 月	行政院節能減碳推動會	10 大標竿方案，35 件標竿型計畫。

民國 98 年 4 月 15 日在全國能源會議「能源科技與產業發展核心議題」的總結報告中指出，對能源產業發展與配套基礎設施「選定重點產業，依產業特性與技術潛力加以扶植」，民國 98 年 4 月 23 日經行政院核定「綠色能源產業旭升方案」。

議題研商會議-能源政策」議題討論，決議規劃「綠色能源產業躍升計畫」，集中資源推動太陽光電、LED 照明光電、風力發電、能源資通訊等主軸產業[12]。台灣綠色能源產業發展的重點產業如圖 1 所示。

民國 101 年 8 月 18 日行政院召開「財經

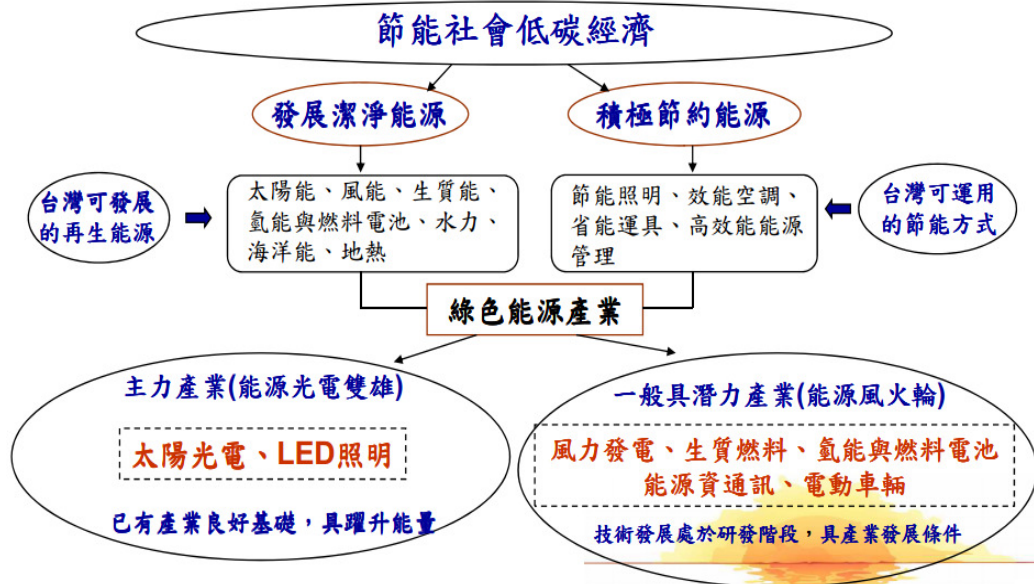


圖 1、台灣綠色能源產業發展的重點產業[12]

#### 4. 能源的產出

在本節中將介紹綠色能源的產出，包括：風力發電、太陽能發電、水力發電、火力發電、及核能發電[13]。

首先定義能源的單位換算：

- 1 KW = 1 千瓦 = 1000 瓦
- 1 MW 1 兆瓦 = 1000 千瓦 = 1 百萬瓦

- 1 度電 = 1 kWh。

##### (1) 風力發電

民國 101 年底國內已建置完成 283 部風力發電機組，總裝置容量 55.966 萬瓩，年發電量 14 億 8951 度。圖 2 所示為台電公司民國 102 年 12 個月風力發電量曲線圖。

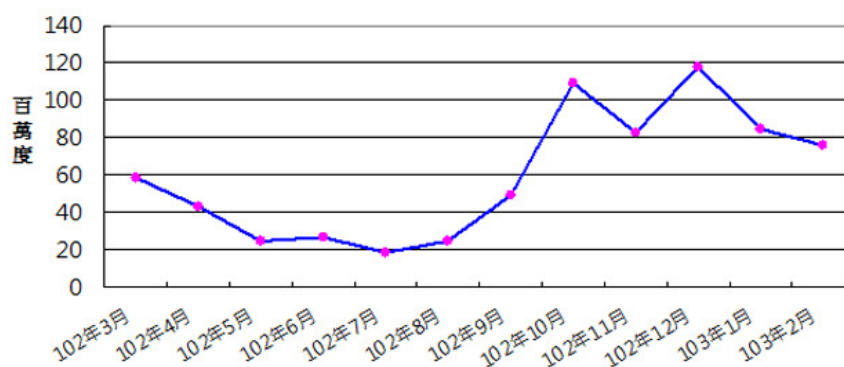


圖 2、台電公司民國 102 年 12 個月風力發電量曲線圖

註：台灣東北季風強盛，每年 1~3 月及 10~12 月的發電量約佔整年度 70%。

##### (2) 太陽能發電

台灣地區因為陽光充沛，日照充足，具備良好的太陽光發電條件，因此太陽光發電實為最具發展潛力的再生能源，亦為兼顧環保、生態之潔淨發電方式。民國 101 年底國內已建置完成之太陽光電發電系

統，總裝置容量 13.430 萬瓩，年發電量約 1 億 3846 萬度。圖 3 所示為台電公司 102 年 12 個月太陽發電量曲線圖。

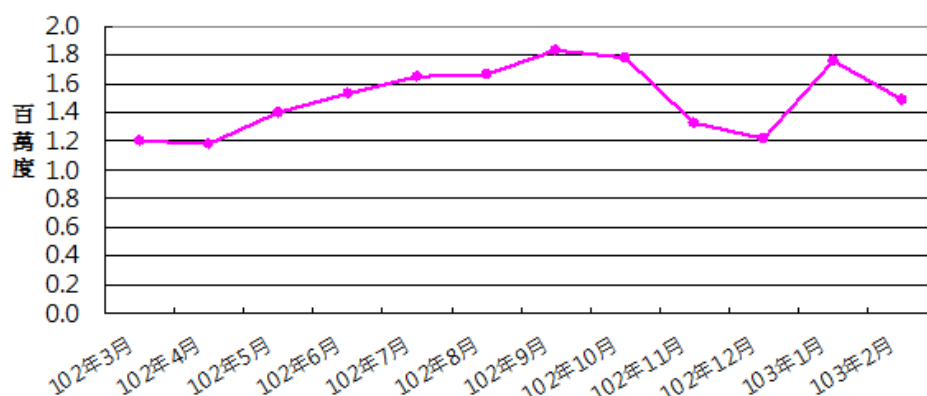


圖 3、台電公司民國 102 年 12 個月太陽發電量曲線圖

##### (3) 水力發電

民國 101 年底國內已建置完成之慣常水力

發電廠，總裝置容量 208.13 萬瓩，年發電量約 56 億 4 812 萬度。表 2 所示為民國 97 年至民國 103 年水力發電發電量。

表 2、民國 97 年至民國 103 年水力發電發電量

項目	97 年		98 年		99 年		100 年		101 年		102 年		103 年 2 月	
	台電	民間	台電	民間	台電	民間	台電	民間	台電	民間	台電	民間	台電	民間
發電量(百萬度)	3410.73	872.28	2956.85	772.48	3432.88	735.95	3094.65	880.76	4687.25	960.87	4539.06	861.46	362.05	106.08

#### (4) 火力發電

火力發電為目前電力系統提供電力的主要方式。其發電原理是運用蒸汽循環(Steam Cycle)方式，將化石燃料的化學能透過燃燒反應產生熱能，加熱水使其生成為高溫、高壓之蒸汽，繼而推動汽機，再透過發電機將機械能轉換成為電能或電力，輸送到各地。表 3 所示為民國 93 年

至民國 102 年火力發電之成效。

#### (5) 核能發電

台電目前有核一、核二及核三廠共 3 座核電廠運轉發電中，龍門廠(核四)正在建造。圖 4 所示為台電核能民國 93 年至民國 102 年核能發電量。

表 3、民國 93 年至民國 102 年火力發電之成效

項目	93 年	94 年	95 年	96 年	97 年	98 年	99 年	100 年	101 年	102 年
毛效率(%)	40.96	40.96	40.86	40.28	41.64	41.94	41.52	42.51	42.98	43.27
廠內用電(%)	4.72	4.74	4.70	4.61	4.56	4.46	4.29	4.22	4.10	3.96
可用率(%)	87.24	87.33	89.35	88.06	88.75	87.88	86.73	89.44	89.68	89.86
容量因數(%)	58.10	59.22	61.02	60.38	59.93	52.71	58.02	59.90	62.93	62.27

註：

- (1) 廠內用電率-發電廠因運轉發電機所消耗於各項附屬設備之電能，佔發電機輸出發電量之百分比。
- (2) 容量因數-特定時間內發電廠(或機組)之平均負載(包括廠內用電)與其平均裝置容量之百分比。
- (3) 可用率-發電機組可供電時數與全特定時數(全日、全月、全年)之百分比。
- (4) 毛效率-發電廠毛發電量(KWH)所相當之熱量(Kcal)與所耗用燃料(kcal)之百分比。

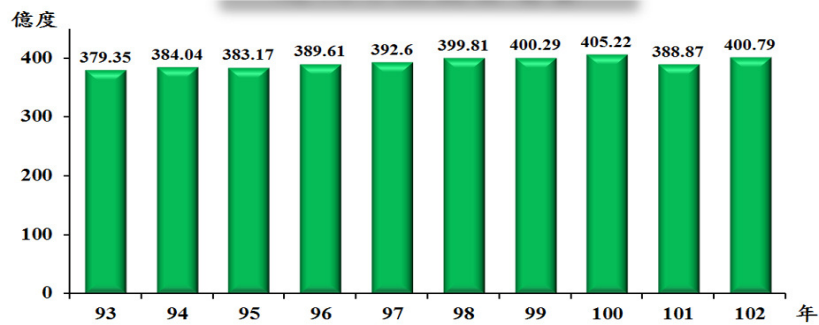


圖 4、台電核能民國 93 年至民國 102 年核能發電量

台灣民國 102 年電力系統供應量如圖 5 所示[14]。其中，再生能源佔電力供應量之 3.4%，核能佔 18.8%。整體而言，目前台灣之綠色能源所佔之比率仍顯低迷，因此可加強綠色能源之技術與發展。

2010 年全球能源之使用量如圖 7 所示。從圖中可了解對於全球能源之供應，化石燃料仍是地球之主要資源，但自然資源總會有取之用盡之時，雖目前再生能源之比例僅 19.4%，相信未來再生能源之發展會更加顯現。

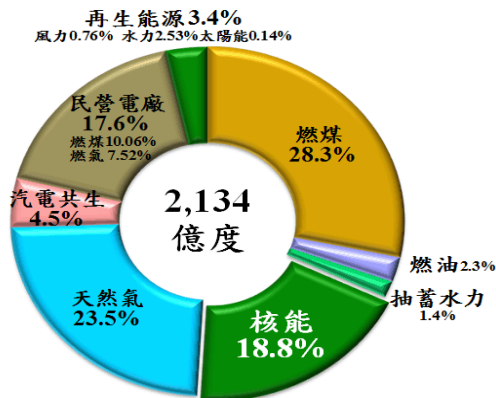


圖 5、台灣民國 102 年電力系統供電量

針對於台灣電力公司民國 102 年之供電量統計如圖 6 所示。可了解目前針對於能源之發電佔最大比率為火力發電 76%，其餘為核能發電位居第二。

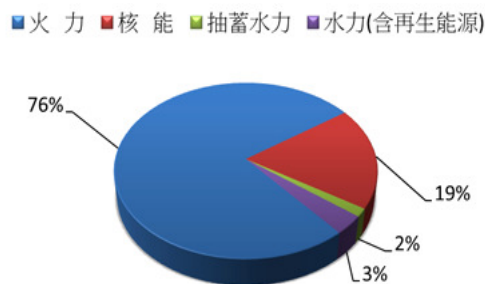


圖 6、民國 102 年台灣電力公司發電供電量

## 5. 綠色能源的未來發展

政府於 2011 年 11 月 3 日公布新能源政策，加速開發我國再生能源潛能及擴大各類再生能源推廣目標，規劃於 2025 年裝置容量達 995.2 萬瓩，新增裝置容量 660 萬瓩，提早 5 年達成「再生能源發展條例」所定 20 年增加 650 萬瓩目標，2030 年進一步擴大成長至 1,250.2 萬瓩[15]。各類再生能源推動目標，如圖 8 所示。

台灣綠色能源發展評估，如圖 9 所示[16]。2009 年我國在第五屆兩岸經貿文化論壇提出之「台灣綠色能源發展現況與展望」，指出台灣綠能科技目前以太陽光電產業與 LED 照明產業獨占鰲頭，預估至 2015 年 LED 照明產值將遠超過太陽光電產值。

節能照明技術發展中，固態照明是非常重要之主角，近三年 LED 照明產業迅速發展趨勢，全球照明產業均寄望 LED 能為 21 世紀大幅節省照明能源。臺灣位居全球 LED 發展重要地位，LED 光源產量居全球第一，具有發展 LED 照明產業優勢，經濟部遂於 2009 年 4 月，推動「綠色能源產業旭升方案」，並且將 LED 照明光電產業列為重點發展產業之一，一方面推動 LED 照明節能政策，節約國內照明用電，響應全球節能減碳政策，另一方面發展綠能產業，開創新的半導體照明產業發展經濟[17]。圖 10 所示為以應用領域區分高亮度 LED 照明市場成長情形。



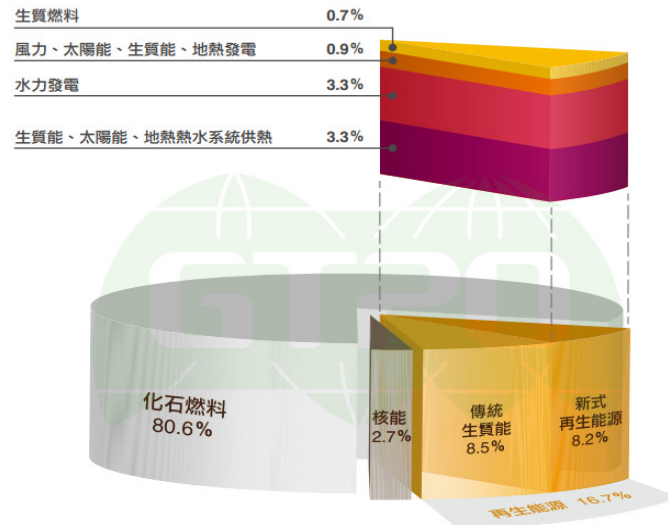


圖 7、2010 年再生能源占全球能源使用量比例

擴大推廣目標裝置容量 (MW)						擴大推廣目標年發電量 (億度)					
能源別	2010年	2015年	2020年	2025年	2030年	能源別	2010年	2015年	2020年	2025年	2030年
陸域風力	519	866	1,200	1,200	1,200	陸域風力	12.5	20.8	28.8	28.8	28.8
離岸風力	0	15	600	1,800	3,000	離岸風力	0	0.5	19.2	57.6	96
水力	1,972	2,052	2,112	2,502	2,502	水力	20.9	21.8	22.4	26.6	26.6
太陽光電	22	420	1,020	2,500	3,100	太陽光電	0.3	5.3	12.8	31.3	38.8
地熱能	0	4	66	150	200	地熱能	0	0.3	4.2	9.6	12.8
沼氣發電	25	29	29	31	31	沼氣發電	1.4	1.6	1.6	1.7	1.7
廢棄物	790	848	925	1,369	1,369	廢棄物	57.7	61.9	67.5	99.9	99.9
海洋能	0	1	30	200	600	海洋能	0	0	1.1	7	21
燃料電池	0	7	60	200	500	燃料電池	0	0.4	3.6	12	30
合計	3,328	4,242	6,042	9,952	12,502	合計	92.7	112.5	161.2	274.5	355.6
再生能源占當年度電力系統總裝置容量比例	8.1%	9.9%	10.6%	14.8%	16.1%	再生能源發電量占當年度預估總供電量比例	4.5%	4.6%	5.5%	8.2%	9.5%
與2010年再生能源裝置容量相較	1(base)	1.27	1.82	2.99	3.76	與2010年再生能源發電量相較	1(base)	1.21	1.74	2.96	3.84

註：預估占當年度之占比，係依電力系統負載預測(黃金十年GDP成長5.0%，電力彈性系數0.75)推估。

圖 8、各類再生能源推動目標[15]

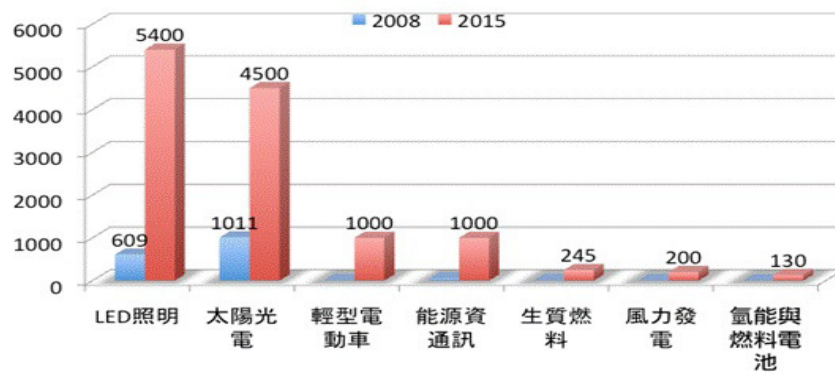
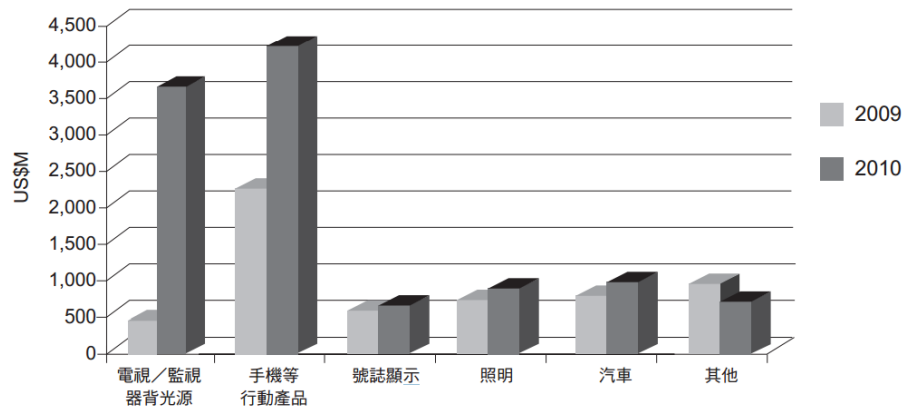


圖 9、台灣綠色能源發展評估[16]



資料來源：Strategies Unlimiteds 2010年

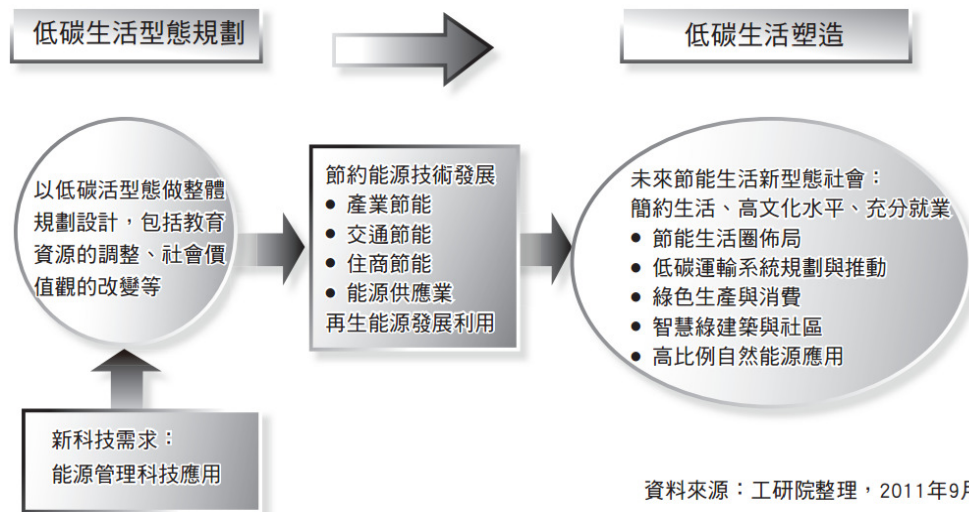
圖 10、以應用領域區分高亮度 LED 照明市場成長情形

## 6. 結論與未來走向

能源是人類一切經濟活動的動力，永續發展需要永續能源，一方面傳統能源會逐漸枯竭，能源價格逐步上漲，會造成經濟發展遲緩，生活品質下降。另一方面傳統能源大量使用，會造成溫室氣體效應，危及人類生活及生態環境。

以低碳生活形態為核心，所做的社會整體運作結構調整。過去由於以經濟發展為主軸，

所從事之節約能源科技的應用，較屬遷就現實社會結構所做的後端節能改良，其節能成效因社會型態不易改變而有其極限[18]。欲使節能成效更為顯著，宜由前端規劃整體的低碳生活形態，及建立全民低碳價值觀著手，借重能源環境管理科技的規劃與應用、配合教育資源的投入，並逐步改變價值觀與行為模式，再推動後端的低碳生活塑造，如此在節能效益上較有突破性改變，如圖 11 所示。



資料來源：工研院整理，2011年9月

圖 11、低碳生活型態推動

至於未來的走向，則可透過物聯網的技術[19]，藉由環境監控將可即時掌握各點的環境狀況，不管是國土安全或室內空間的能源管理，都有助於其系統運作效益的提昇。諸如：

- (1) 智慧建築能源：以資通訊科技為基礎，整合自動化監控節能控制等需求，重點在於善用資通訊科技及自動化技術，整合出有效的建築運轉管理能力。



- (2) 智慧電網：將供電端到用電端的所有設備，透過感測器連接，並對其中資訊加以整合分析，以達到電力資源最佳配置，提高用電效率。

### 參考文獻

- [1] 能源、氣候雙重危機-綠色能源是關鍵解藥，<http://e-info.org.tw/node/84204>。
- [2] 新 能 源 - 綠 色 能 源 ，<http://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?p=31580>。
- [3] 張嘉玲、陳明義，“綠色產業發展趨勢，”**科學與工程技術期刊**，Vol. 1，pp. 11-17，2009。
- [4] 全球暖化之因應—綠色能源發展現況，<http://shs.ntu.edu.tw/shs/?p=19371>。
- [5] 國立台灣大學能源研究中心，<http://nstpe.ntu.edu.tw/structure.htm>。
- [6] 車諾比核電廠災變，<http://www.taiwanwatch.org.tw/issue/nuclear/SAVE/save026.htm>。
- [7] 三哩島事件，<http://zh.wikipedia.org/wiki/>。
- [8] 福島第一核電廠核災，<http://zh-yue.wikipedia.org/wiki/>。
- [9] 全球暖化之因應-綠色能源發展現況，[http://shs.ntu.edu.tw/shs/?category\\_name%E6%9C%AA%E5%88%86%E9%A1%9E&paged=19](http://shs.ntu.edu.tw/shs/?category_name%E6%9C%AA%E5%88%86%E9%A1%9E&paged=19)。
- [10] 經濟部能源局-2012 年能源產業技術白皮書，[http://web3.moeaboe.gov.tw/ECW/populace/content/SubMenu.aspx?menu\\_id=62](http://web3.moeaboe.gov.tw/ECW/populace/content/SubMenu.aspx?menu_id=62)。
- [11] 2014 能源產業白皮書，<http://web3.moeaboe.gov.tw/ecw/busines>，經濟部能源局。
- [12] 我國綠色能源發展佈局，<http://www.ey.gov.tw/policy9/cp.aspx?n=4C56D7FD08F9CD2B>，經濟部農業處。
- [13] 台灣的能源概況，[http://ejournal.stpi.narl.org.tw/NSC\\_INDEX/Journal/EJ0001/10001/10001-27.pdf](http://ejournal.stpi.narl.org.tw/NSC_INDEX/Journal/EJ0001/10001/10001-27.pdf)，**科學發展**，2011。
- [14] 台灣電力公司：[http://www.taipower.com.tw/content/new\\_info/new\\_info01.aspx](http://www.taipower.com.tw/content/new_info/new_info01.aspx)
- [15] 我國擴大各類型再生能源推廣目標，[http://www.taipower.com.tw/content/new\\_info/new\\_info-b34.aspx?LinkID=8](http://www.taipower.com.tw/content/new_info/new_info-b34.aspx?LinkID=8)，台灣電力公司。
- [16] 未來新商機－綠能產業，<http://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?p=31770>。
- [17] 吳宗錦，“綠能產業，”**華商世界**，Vol. 5，pp. 20-25，2010。
- [18] 呂慧敏，“綠色新政（Green New Deal）的意義與課題，”**經建會國際經濟情勢雙週報**，Vol. 1706，pp. 5-14，2010。
- [19] 物聯網- Digitimes，[http://www.digitimes.com.tw/tw/iot/index\\_cat\\_30\\_20.asp?CnID=15](http://www.digitimes.com.tw/tw/iot/index_cat_30_20.asp?CnID=15)。