

出國報告（出國類別：研究）

104 年組團出國專題研究 能源永續發展班

服務機關：經濟部能源局等機關

姓名職稱：經濟部能源局林局長全能等 25 人

派赴國家：泰國、新加坡

出國期間：104 年 11 月 16 日至 11 月 27 日(不含途程)

報告日期：105 年 1 月 29 日

摘要

因臺灣自產能源缺乏，98%能源仰賴進口，在獨立電網與核能相關議題下，未來能源組合之規劃已屬不易，更因地方政府研擬禁燒生煤相關規定，突顯我國未來能源組合困難度與能源供應風險，行政院人事行政總處（以下簡稱人事總處）以能源永續發展為主題，並由經濟部（能源局）協助規劃研究重點，強調研究內容與業務之相關性，使未來我國相關能源政策規劃與執行更符合國際趨勢。

本次研究課程安排於 104 年 11 月 16 日至 11 月 27 日，在人事總處規劃下，集合 13 個中央部會及 11 個縣市政府辦理能源相關事務之官員，前往泰國亞洲理工學院（Asian Institute of Technology）與新加坡進行為期 2 週的專題研究，結合中央與地方政府，透過單一主題研究課程，建立跨部會、跨領域學習及對話平台。本班研究重點分為「能源安全與永續發展」、「能源科技與產業發展」、「能源管理與效率提升」及「低碳施政與法制配套」4 大主題，課程內容涵蓋等「能源永續發展」、「能源安全」、「再生能源技術與產業發展」及「能源技術」、「智慧電網」、「建物及工業節能」、「電力系統自由化」、「東協能源政策」、「低碳法規制度」等相關課程，並搭配泰國、新加坡參訪。

就國外經驗分析應用於國內之可行性，並就當前既有政策行政方案或計畫提出建議事項，供政策擬定或修正之參考。

目錄

第一章 序言.....	1
第一節 研究目的.....	1
第二節 亞洲理工學院介紹.....	2
第三節 研究課程.....	2
第二章 能源安全與永續發展.....	7
第一節 能源永續發展.....	7
第二節 能源安全.....	17
第三章 能源科技與產業發展.....	24
第一節 再生能源技術與產業發展.....	24
第二節 智慧電網.....	73
第四章 能源管理效率與提升.....	87
第一節 建築能源管理.....	87
第二節 工業能源管理.....	89
第三節 電力系統自由化.....	92
第四節 電力系統重組模型與交易安排.....	93
第五章 低碳施政與法制配套.....	96
第一節 東南亞國家協會能源政策.....	96
第二節 低碳政策.....	101
第三節 聯合國國際氣候變化綱要公約第 21 屆締約國大會及減緩溫室氣體排放之預期....	105
第六章 參訪行程.....	113
第一節 泰國 Bangchak 太陽能有限公司.....	113
第二節 泰國 Kasetsart University 生質能工廠.....	113
第三節 泰國能源部替代能源發展與效率處之節能大樓.....	114
第四節 參訪泰國溫室氣體管理組織.....	118
第五節 參訪新加坡南洋理工大學藝術設計媒體學院.....	122
第六節 新加坡建築與營建局.....	124
第七節 新加坡國家圖書館大樓.....	126
第八節 新加坡濱海灣花園.....	129
第七章 結論與心得建議.....	132
第一節 結論.....	132
第二節 心得建議.....	133
第三節 研究成果彙整表.....	135

圖目錄

圖 1	生態系統.....	7
圖 2	永續發展要素.....	8
圖 3	全球初級能源消耗.....	11
圖 4	全球初級能源預測.....	11
圖 5	能源用途.....	12
圖 6	現代能源系統.....	12
圖 7	各國人類發展指數 (HDI) 比較.....	13
圖 8	全球大氣二氧化碳濃度變化情形.....	13
圖 9	全球再生能源供給情勢.....	14
圖 10	再生能源技術發展潛力.....	14
圖 11	汽電共生與分離發電系統之發電效率比較.....	15
圖 12	我國永續能源政策法規發展歷程.....	16
圖 13	印度電力供給情形.....	19
圖 14	能源消費占泰國家庭平均收入百分率之分布情形.....	19
圖 15	泰國及菲律賓的石油依存度比較.....	20
圖 16	印度電力供應缺口變化情形.....	20
圖 17	「能源發展綱領」建構之能源供需體系.....	22
圖 18	能源安全度評估指標.....	22
圖 19	我國能源安全風險預警指標.....	23
圖 20	各類能源溫室氣體排放之生命週期.....	25
圖 21	全球能源消費占比.....	26
圖 22	全球前十大再生能源裝置容量國家.....	26
圖 23	全球各類再生能源投資額.....	27
圖 24	全球各類再生能源就業人數.....	28
圖 25	生質能源種類與應用.....	28
圖 26	全球各區域生質能發電量趨勢.....	29
圖 27	歐盟固態生質能產量與消費量趨勢.....	30
圖 28	生質能發展趨勢.....	31
圖 29	各類生質能技術發展階段.....	31
圖 30	全球生質能成本比較圖.....	32
圖 31	美國生質燃料年產能與月產量.....	34
圖 32	2013 年至 2017 年全球生質燃料市場規模趨勢.....	35
圖 33	海洋能技術發展階段.....	36
圖 34	各類海洋能發展潛力.....	37
圖 35	全球海洋能潛力分佈.....	38
圖 36	波浪能轉換技術.....	39
圖 37	震盪水柱型示意圖.....	39

圖 38	越波型示意圖.....	40
圖 39	點吸收式示意圖	40
圖 40	潮汐發電示意圖	41
圖 41	潮汐能轉換技術	41
圖 42	垂直軸渦輪機示意圖	43
圖 43	水平軸渦輪機示意圖	43
圖 44	海洋溫差發電示意圖	43
圖 45	全球海洋溫度圖	44
圖 46	封閉式循環發電示意圖	44
圖 47	開放式循環發電示意圖	45
圖 48	全球海洋鹽差能潛力分佈.....	45
圖 49	風能密度.....	47
圖 50	水平軸與垂直軸風力機示意圖	48
圖 51	大型風力機發展趨勢.....	48
圖 52	2019 年風力發電市場預測	50
圖 53	地熱發展國際趨勢	52
圖 54	乾蒸汽式.....	53
圖 55	閃發蒸汽式.....	54
圖 56	雙循環（Binary cycle）發電系統.....	54
圖 57	增強型地熱系統技術	56
圖 58	川流式電廠.....	57
圖 59	調整池式電廠.....	58
圖 60	水庫式電廠.....	58
圖 61	抽蓄式電廠.....	59
圖 62	全球水力能安裝容量、發電量	60
圖 63	發電成本比較.....	61
圖 64	全球能源消費與損失流程圖.....	63
圖 65	泰國初級能源消費結構圖.....	63
圖 66	泰國初級能源消費結構圖.....	64
圖 67	煤炭資源分布與藏量變化.....	65
圖 68	天然氣資源分布與藏量變化.....	66
圖 69	太陽輻射測量儀	67
圖 70	各種淨煤燃燒技術的簡易圖.....	68
圖 71	全球聚光型太陽熱能裝置容量分布	69
圖 72	泰國的能源效率措施	70
圖 73	泰國 2015-2035 年能源消費電力節能預測	71
圖 74	泰國 2015-2035 年能源消費熱能節能預測	71
圖 75	泰國 1994-2035 年最終能源消費預測.....	72
圖 76	泰國各部門排放二氧化碳占比	72

圖 77	全球主要能源需求	74
圖 78	智慧電網架構.....	76
圖 79	智慧電網總體架構分層規劃示意圖.....	79
圖 80	智慧電網為雙向電力與資訊交流.....	80
圖 81	智慧型電錶.....	81
圖 82	即時需量反應監測系統.....	82
圖 83	各項建築節能減碳措施所需投入成本.....	88
圖 84	白熾燈泡用電量相對於火力電廠發電量.....	90
圖 85	緊密型螢光燈管相對於火力電發電量.....	91
圖 86	LED 燈泡相對於火力電廠發電量.....	91
圖 87	導入再生能源取代火力電廠發電.....	92
圖 88	我國「電業法修正草案」架構.....	93
圖 89	雙邊/多邊模式之電力交易安排.....	95
圖 90	東協化石燃料生產及淨交易圖.....	97
圖 91	東協各成員國能源發展概況圖.....	98
圖 92	東協整合連結圖.....	100
圖 93	再生能源的裝置容量.....	101
圖 94	麥肯錫全球溫室氣體減排成本曲線.....	102
圖 95	全球碳訂價狀況(至 2015 年 9 月).....	103
圖 96	各國家或區域歷史(1870~2013)累計碳排放量圖.....	107
圖 97	各大洲歷史(1870~2013)累計碳排放量圖.....	107
圖 98	四個主要排碳大國排碳量趨勢圖.....	108
圖 99	四個主要排碳大國人均排碳量趨勢圖.....	108
圖 100	增溫不超過攝氏 2 度下每年平均二氧化碳減排比率趨勢圖.....	109
圖 101	104 年 12 月 12 日巴黎氣候峰會通過「巴黎氣候協定」.....	112
圖 102	巴黎氣候協定內容摘要.....	112
圖 103	太陽光電及養藻區.....	113
圖 104	生質能工廠.....	113
圖 105	節能大樓入口.....	114
圖 106	泰國能源部替代能源發展與效率處建築模型.....	115
圖 107	善用自然採光.....	115
圖 108	使用雙層隔熱玻璃，以及高效率的空調風口設計.....	115
圖 109	使用 BEMS 即時監控大樓用電情形.....	116
圖 110	節能照明展示區一隅.....	116
圖 111	空調展示區的展示操作面板.....	116
圖 112	升降機與電扶梯展示區.....	117
圖 113	適當選用屋頂材料，可阻絕輻射熱，節省空調使用.....	117
圖 114	管線與地面之間保留空間，可保持室內涼爽.....	117
圖 115	地板選用隔熱材料.....	118

圖 116	JCM 架構.....	121
圖 117	碳標籤.....	122
圖 118	南洋理工大學藝術設計媒體學院.....	123
圖 119	BCA 綠色標章.....	124
圖 120	BCA 綠色標章配分權重（非住宅類之既有建築，3.0 版，資料來源： http://www.bca.gov.sg/GreenMark/green_mark_criteria.html）.....	126
圖 121	新加坡國家圖書館大樓外觀.....	127
圖 122	具有反射光線功能的照光板.....	128
圖 123	利用廣場導入自然通風，取代空調設置.....	128
圖 124	空橋與鰭片式的建築外殼設計.....	128
圖 125	透過光感應器，使用百葉窗控制光量並隔絕熱輻射.....	129
圖 126	新加坡濱海灣花園.....	130
圖 127	濱海灣花園建築節能設計示意圖.....	131

表目錄

表 1	104 年組團出國專題研究永續能源班分組名單.....	2
表 2	研究課程表.....	4
表 3	各類能礦資源前五大蘊藏量國家之蘊藏量占比.....	18
表 4	能源安全指標.....	21
表 5	2014 年歐盟國家生質燃料產能一覽.....	33
表 6	風力等級暨對應風速.....	50
表 7	2013 年中國水力發電量.....	60
表 8	2011 年全球最終能源消費結構.....	62
表 9	煤炭的種類.....	65
表 10	再生能源資源量及其開發情形.....	66
表 11	工業部門的能源需求.....	69
表 12	再生能源推廣目標.....	75
表 13	電力系統營運結構的模式分類.....	94
表 14	東協相關指標數據表.....	96
表 15	東協電力及傳統能源使用人口數據表.....	97
表 16	泰國自願性碳市場架構.....	119

第一章 序言

第一節 研究目的

為提升我國能源永續發展能量，汲取新知，瞭解全球趨勢，拓展國際網絡關係，並強化政策規劃分析能力，在行政院人事行政總處安排下，經濟部能源局局長林全能率領 24 位來自 13 個中央部會及 11 個縣市政府辦理能源相關事務之官員，於 104 年 11 月 16 日至 27 日參加泰國亞洲理工學院 (Asian Institute of Technology, AIT) 舉辦的永續能源發展研習班。

因臺灣自產能源缺乏，98%能源仰賴進口，在獨立電網與核能相關議題下，未來能源組合之規劃已屬不易，104 年更因地方政府研擬禁燒生煤相關規定，突顯我國未來能源組合困難度與能源供應風險，期藉由本次研習，建立各級機關共識，在安全、效率與潔淨政策目標下，達成我國能源永續發展，透過泰國來加強了解東協的能源市場，期於未來建立相關業務合作管道。

瞭解國際低碳發展願景策略研擬、評估方法與執行案例、探討國際能源安全策略與國際合作推動做法，國際低碳能源技術發展制度與做法、探討國際綠能產業推動策略與產業發展障礙排除案例，國際與主要國家能源效率現況與政策趨勢，國際提升能源效率經濟工具（包括金融、租稅等）發展現況與趨勢、國際低碳能源發展路徑規劃程序、評估方法與執行案例，及國際部門階段管制目標訂定與碳權核配制度及執行方式。

第二節 亞洲理工學院介紹

亞洲理工學院由亞洲開發銀行、世界銀行、聯合國及亞洲各國政府等共同創立於 1959 年，位於曼谷近郊距市區約 40 公里，以培育亞洲地區國家發展的專業人力為目標。由泰國提供土地及行政支援，資金主要由澳、歐盟、美國、日本支援。我國亦曾資助 AIT 興建環境資源與發展學院之水文實驗室；中國大陸於 1980 年代後期開始參與，僅招收碩、博士生，學生多為各國政府選送之在職官員或技術人員。毛治國院長 1975 年於該院獲得系統工程碩士學位。

第三節 研究課程

本班研習分為兩階段。第一階段為國內研習課程（104 年 11 月 5 日至 6 日），課程內容包含我國能源政策與情勢、綠能產業發展與國際比較、我國再生能源政策之推動與國際比較、溫室氣體減量政策與法規介紹、節約能源政策與能源效率管理，為使學員之研習能針對國內當前施政議題進行研究，依「能源安全與永續發展」、「能源科技與產業發展」、「能源管理與效率提升」及「低碳施政與法制配套」四大專題進行分組，以銜接出國之接續研習與交流；第二階段即係於泰國與新加坡 2 週研習與參訪，並期能將研習成果回饋於未來施政。

表 1 104 年組團出國專題研究永續能源班分組名單

組別	序號	姓名	服務機關	職稱	備註
團長	1	林全能	經濟部能源局	局長	團長
第一組 能源安全與永續發展	2	鄭如閔	經濟部能源局	科長	組長
	5	黃佳鈴	行政院農業經濟處	科長	研究員長
	8	廖君穎	交通部航港局	科長	
	12	葛復光	行政院原子能委員會核能研究所	副主任	
	19	葉青峯	宜蘭縣政府環境保護局	科長	

表 1 104 年組團出國專題研究永續能源班分組名單（續）

第二組 能源科 技與產 業發展	3	陳崇憲	經濟部能源局	科長	組長
	6	張順勝	內政部營建署	簡任技正	
	9	林哲民	科技部中部科學工業園區管理局	科長	
	10	郭崇文	科技部南部科學工業園區管理局	科長	
	14	張釗嘉	臺北市政府研究發展考核委員會	專門委員	
	17	黃育珍	臺中市經濟發展局	技正	
	25	陳忠進	臺東縣政府財政及經濟發展處	專員	
第三組 能源管 理與效 率提升	4	葉光哲	經濟部能源局	技正	組長
	7	林美慧	財政部賦稅署	科長	
	15	廖士煒	新北市政府經濟發展局	科長	
	16	鄭超明	桃園市政府經濟發展局	科長	
	22	楊佳精	屏東縣政府環境保護局	科長	
	23	陳炳伸	臺東縣政府環境保護局	科長	
第四組 低碳施 政與法 制配套	11	蘇怡維	國家發展委員會國土區域離島發展處	技正代理科 長	
	13	朱世文	行政院農業委員會土木保持局臺北分 局	正工程司兼 課長	
	18	郭坤助	臺南市政府經濟發展局	科長	
	20	陳琦維	彰化縣政府建設處	科長	
	21	陳金木	嘉義縣政府經濟發展處	技正	
	24	江武忠	嘉義市政府環境保護局	秘書	

表 2 研究課程表

TIME	SUNDAY 15 November	MONDAY 16 November	TUESDAY 17 November	WEDNESDAY 18 November	THURSDAY 19 November	FRIDAY 20 November
9:00 – 10:15	Arrival of Participants to AITCC, Thailand	Opening Ceremony Orientation Session AITCC	Energy and Sustainable Development (Prof. S. Kumar)	Sustainable Consumption and Delivery Systems of Power and Energy (Dr. J. G. Singh)	Sustainable Consumption and Delivery Systems of Power and Energy (Dr. J. G. Singh)	Energy policies in the ASEAN (Dr. S. Dhakal)
10:15-10:30		BREAK				
10:30 – 12:00		Energy technologies and industrial development (renewable and new energy technology based) (Dr. A. Salam)	Energy and Sustainable Development (Prof. S. Kumar)	Sustainable Consumption and Delivery Systems of Power and Energy (Dr. J. G. Singh)	Discussion on “Sustainable Consumption and Delivery Systems of Power and Energy” (Dr. J. G. Singh)	Low carbon policies (Dr. S. Dhakal)
12:00 – 13:30		LUNCH				
13:30 – 15:15		Energy technologies and industrial development (renewable and new energy technology based) (Dr. A. Salam)	Energy security (Prof. S. Kumar)	Energy management in buildings (Dr. B. Mohanty)	Power and Energy Management under Deregulation (Dr. Weerakorn Ongsakul)	Expectations at COP 21 and future of GHG emission mitigation (Dr. S. Dhakal)
15:15 – 15:30		BREAK				
15:30 – 17:00		Energy technologies and industrial	Discussion on “Energy	Energy management in	Power and Energy Management under	Evaluation of energy projects

		development (renewable and new energy technology based) (Dr. A. Salam)	security and Sustainable Development” (Prof. S. Kumar)	industries (Dr. B. Mohanty)	Deregulation (Dr. Weerakorn Ongsakul)	(Dr. S. Dhakal)
--	--	--	---	--------------------------------	---	-----------------

表 2 研究課程表 (續)

TIME	MONDAY 23 November	TUESDAY 24 November	WEDNESDAY 25 November	THURSDAY 26 November	FRIDAY 27 November	SATURDAY 28 November	
08:00 - 12:00	Study Visit: Sunny Bangchak Co., Ltd.-[Solar farm]	Study Visit: Department of Alternative Energy Development and Efficiency, Ministry of Energy [Energy Conversation in Building/Industry]	Additional Class (09.00 - 11.00) Energy technologies and industrial development (fossil fuel and solar based) (Prof. S Kumar) Prepare to Fly to Singapore	Study Visit at School of Art, Design & Media, NTU Singapore	Participants Presentation Closing Ceremony	Participants departure to Taiwan	
12:00 - 13:30	LUNCH						
13:30 - 17:00	Study Visit:Kasetstar University [Biomass Power Plant]	Study Visit: Thailand Greenhouse Gas Management Organization (Public Organization)	Departure to Singapore To Be Confirmed Arrival at Singapore	Study Visit at Singapore: 1. Building and Construction Authorthy; 2. National Library Building.	Study Visit at Gardens by the Bay, Singapore Cultural/Social visit		

第二章 能源安全與永續發展

第一節 能源永續發展

壹、全球對於永續發展原則和運用

一、生態系統：提供人類所需也是永續發展很重要一環

生態系統(Ecosystem)是指在一個特定環境內（視管理與政策需要擇定範圍，例如一個湖泊，流域或國家），非生物因子（例如空氣、水及土壤等）與生物間，透過物質循環、能量流動和信息交換，互相提供資源、規範性、文化及支持性服務，所形成的一個自然綜合體。

生態系統功能主要是通過食物鏈和營養級來實現的。各種生物間最基本及最重要的聯繫就是食物或營養聯繫，以數量生態金字塔為例：1000 噸草養活 2700 萬隻蚱蜢提供 9 萬隻青蛙養活 1 隻鱒魚，而養活 1 個人每年需要 300 隻鱒魚。低位營養級生物是高位營養級生物的營養與能量的供應者，且數量必然大大超過高位營養級。生態系統內生物藉由互相依存，特別是位於頂級之消費者人類（如圖 1）。

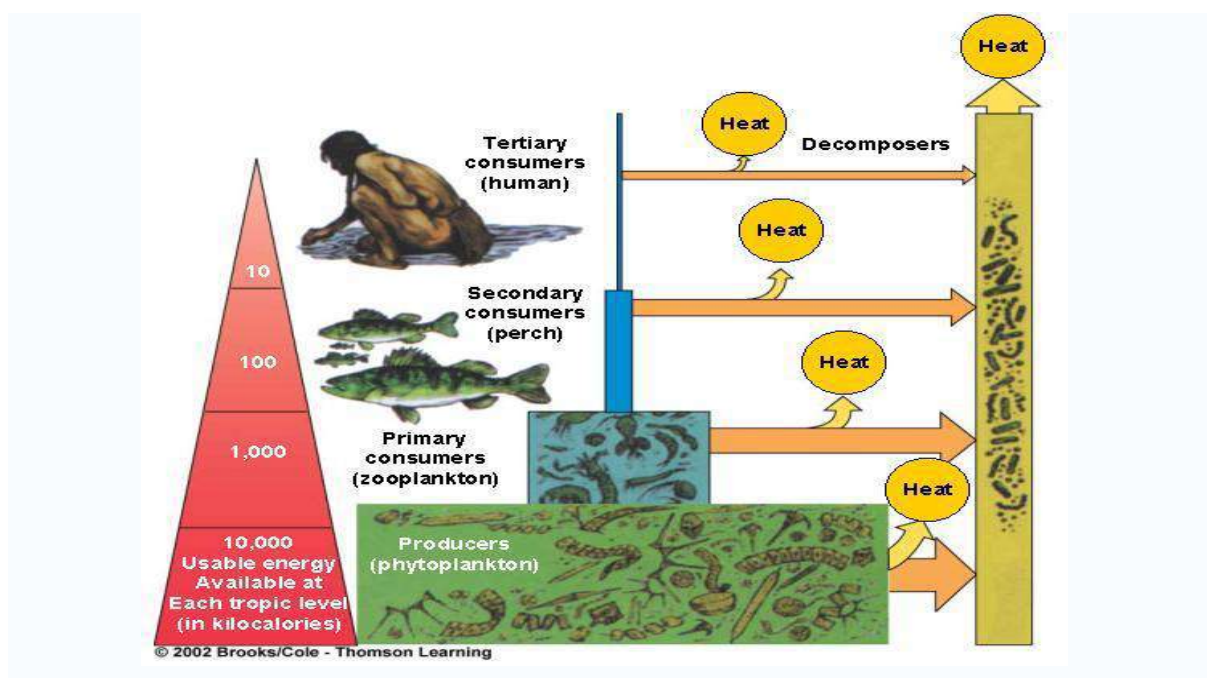


圖 1 生態系統

但人類活動會造成生態系統失衡，例如：種植生質燃料植物、進行農業、漁牧、土地開發、使用化石燃料等等。所造成的環境污染會從物質和能量方面破壞生態系統的平衡，並造成永久性的破壞。

所以健康的生態環境是永續發展先決條件。

二、永續發展 (Sustainable Development, SD)

(一) 定義：能滿足我們目前需求，又不損害子孫後代需求的發展模式（1987 年布倫特蘭委員會），強調現在與未來世代福祉與健康生態系統維持。

(二) 永續發展三基本要素（如圖 2）

- 環境要素 (Environmental aspect)：維持再生能源使用與非再生消耗速率、減少對環境的損害 (Environmental Impact)。
- 經濟要素 (Economic aspect)：維持一定經濟發展。
- 社會要素 (Social aspect)：要滿足人類自身的需要。

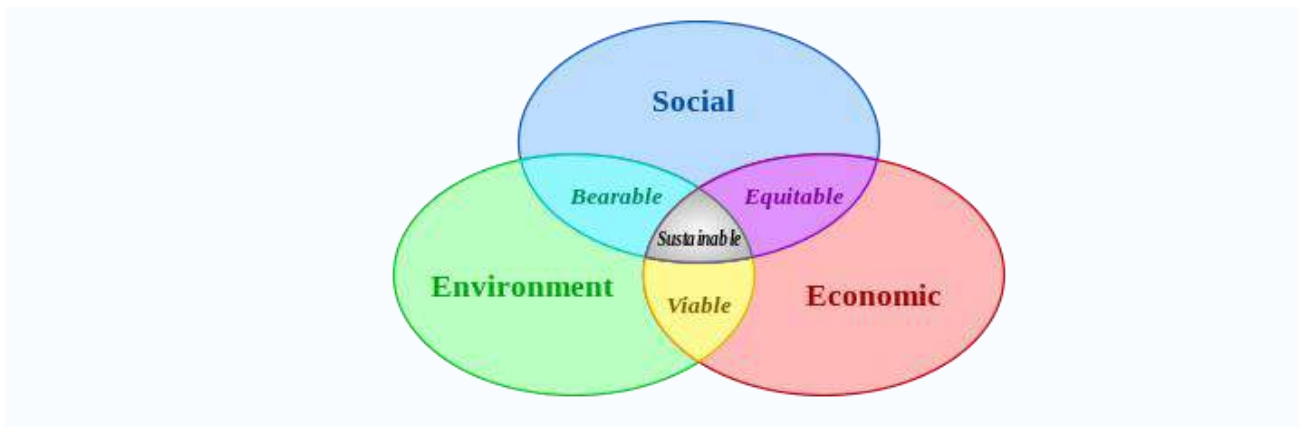


圖 2 永續發展要素

三、全球對永續發展目標

(一) 千禧年發展目標 (Millennium Development Goals, MDGs)

2000 年 9 月千禧年高峰會 (Millennium Summit) 通過「聯合國千禧年宣言 (UN Millennium Declaration)」，承諾各國成立夥伴關係，以減少極端貧窮、飢餓、文盲及疾病等問題，並設定 2001 年至 2015 年間千禧年發展 8 大目標。執行成效包括：(1) 貧困率在許多國家及地區持續下降；(2) 部分最貧窮的國家在教育方面取得進步；(3) 貧窮及生活在農村地區的女孩，就學率增加；(4) 兒童死亡率降低；(5) 母親死亡率降低；(7) 清潔用水之取得獲得改善；(8) 開發中國家外債減少等。

(二) 聯合國永續發展目標 (SDGs)

「聯合國峰會」2015 年 9 月 25-27 日提出一個全球化協議「新 2030 年永續發展議程」，期至 2030 年可消弭貧窮，實現永續發展。設定 17 項永續發展目標 (SDGs)，均佈於環境、社會及經濟三發展面向，包含：貧窮、不平等、糧食安全、健康、永續消費及生產、

經濟成長、就業、基礎建設、自然資源永續管理、氣候變遷，性別平等、和平包容的社會，司法及問責制度等。動員所有國家及利益相關者（包括各國資源、私人資本及政府開發援助），透過制訂工具、政策及資源等確保協議會之落實。其中第 7、11、12、13 項揭櫫能源環境永續目標。

目標 1. 消除各地一切形式貧窮

目標 2. 消除飢餓，達成糧食安全，改善營養及促進永續農業

目標 3. 確保健康及促進各年齡層的福祉

目標 4. 確保有教無類、公平以及高品質的教育，及提倡終身學習

目標 5. 實現性別平等，並賦予婦女權力

目標 6. 確保所有人都能享有水與衛生及其永續管理

目標 7. 確保所有的人都可取得負擔得起、可靠、永續及現代的能源

目標 8. 促進包容且永續經濟成長，達到全面且有生產力就業，讓每個人都有份好工作

目標 9. 建立具有韌性的基礎建設，促進包容且永續的工業，並加速創新

目標 10. 減少國內及國家間不平等

目標 11. 促使城市與人類居住具包容、安全、韌性及永續性

目標 12. 確保永續消費及生產模式

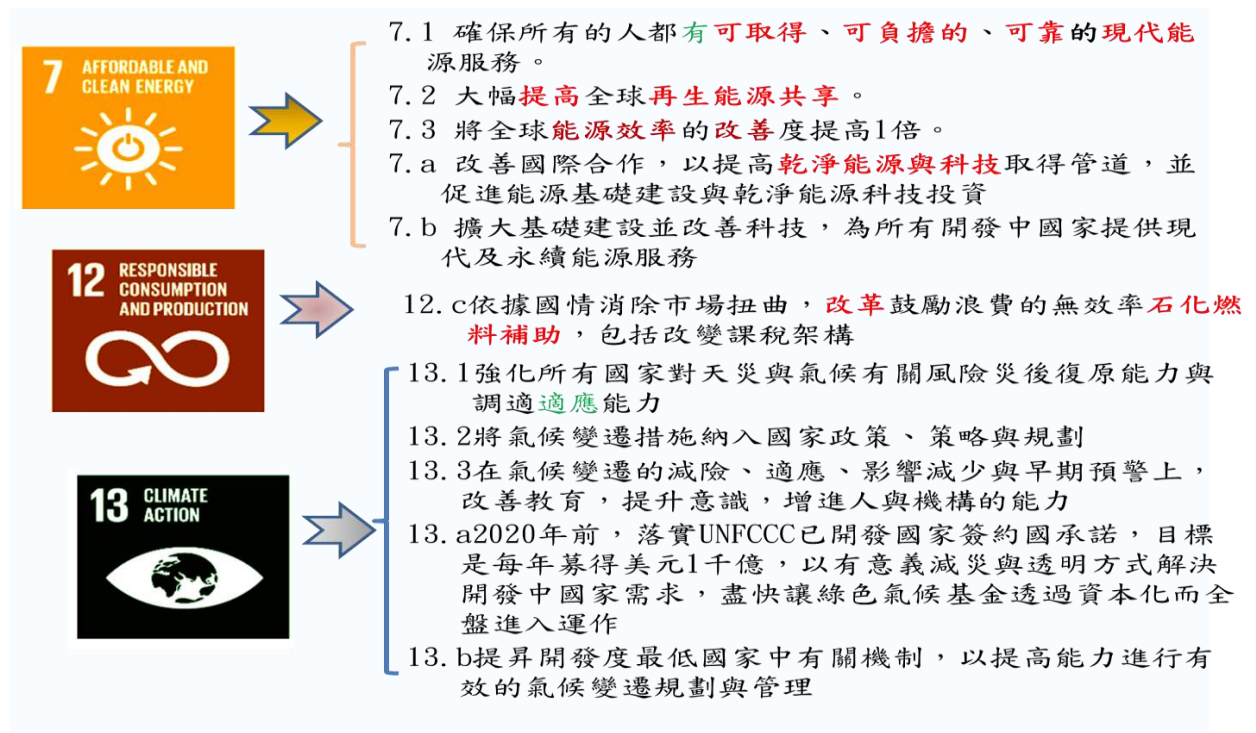
目標 13. 採取緊急措施以因應氣候變遷及其影響

目標 14. 保育及永續利用海洋與海洋資源，以確保永續發展

目標 15. 保護、維護及促進領地生態系統永續使用，永續管理森林，對抗沙漠化，終止及逆轉土地劣化，並遏止生物多樣性喪失

目標 16. 促進和平且包容的社會，以落實永續發展；提供司法管道給所有人；在所有階層建立有效的、負責的且包容的制度

目標 17. 強化永續發展執行方法及活化永續發展全球夥伴關係



相較於不均衡發展及仍有指標未達成之千禧年發展目標，新 2030 年永續發展議程依據地緣政治等現況，提供更全球化、更適用於所有國家之整合性解決策略。

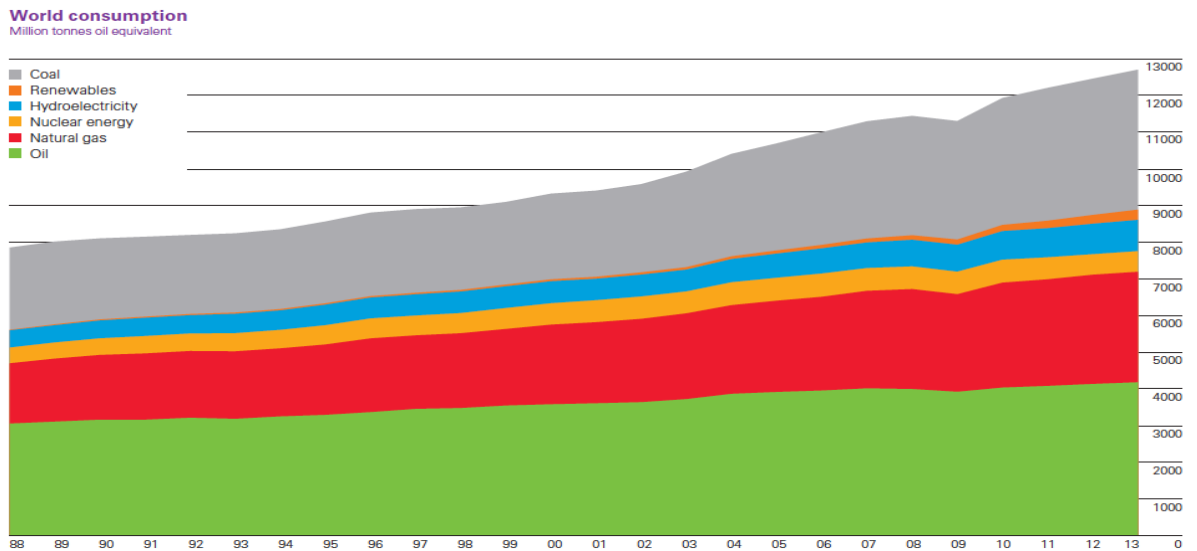
貳、能源在永續發展角色

一、能源服務

能源就是作功的能力，例如將食物轉換成人體各項活動所需能量、燃燒各種燃料以推動各種交通工具。

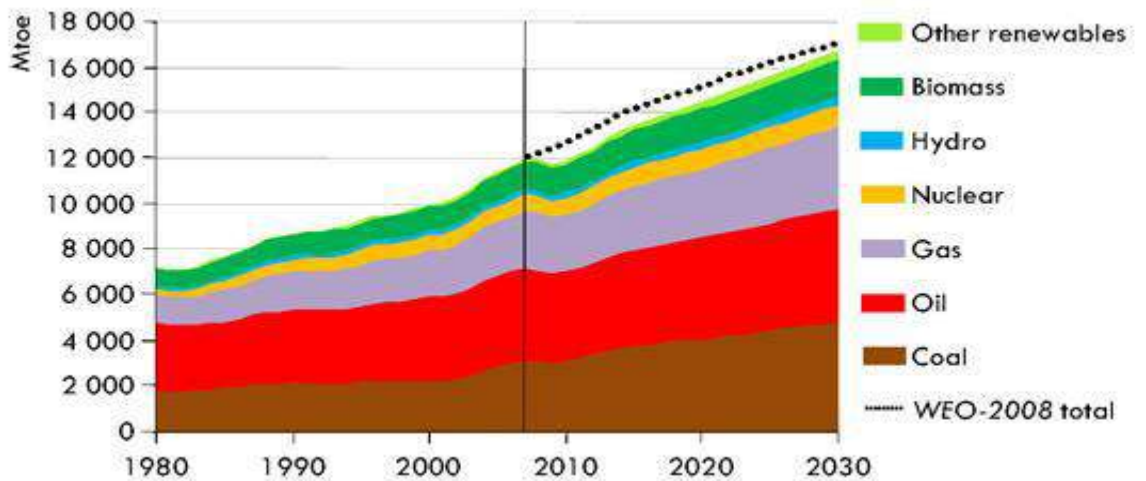
二、能源使用

全球初級能源消耗逐年增加，2013 年初級能源消耗約 13,000 百萬當量，其中化石能源占比高達 75%，預估至 2030 年初級能源消耗將達 18,000 百萬當量。（如圖 3 及圖 4）



資料來源:BP, June 2014

圖 3 全球初級能源消耗



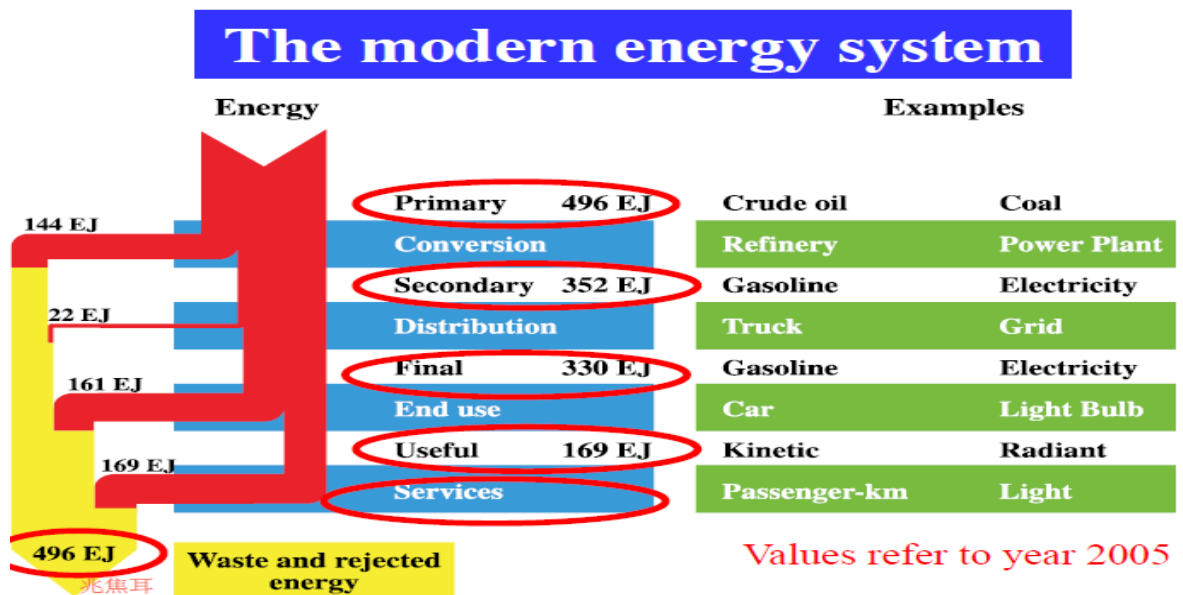
資料來源: WEO, 2009

圖 4 全球初級能源預測

能源提供住、商、交通、社區、工業或農業部門使用，並運用生活所需各設施上（如：照明、冷凍、馬達、電池等，如圖 5）；但是初級能源經能源轉換、運輸到最終消費，能使用到的大概只有初級率 30%，70%在過程損失，如圖 6。



圖 5 能源用途



Source: GEA, 2013

資料來源: GEA, 2013

圖 6 現代能源系統

參、能源的挑戰與如何邁向永續發展

一、能源面臨的挑戰

人口增加能源需求增加、人均能耗增加、現代能源可用率與普及率、能源價格波動、溫室氣體排放及氣候變遷。

二、能源與永續發展三大面向關聯

(一)社會：可獲的適當能資源、普及的能源、可負擔價格。

(二)經濟：能源供應與生產、能源價格、能源相關稅賦與能源補貼。

(三)環境：能源對全球氣候變遷、造成汙染與廢棄物；隨 GDP 成長，能源使用亦快速成長，人類發展指標 HDI（衡量各社經發展程度標準含預期壽命、教育程度及 GDP 三面向之綜合指標）較高國家，能源消耗亦較高，如圖 7。

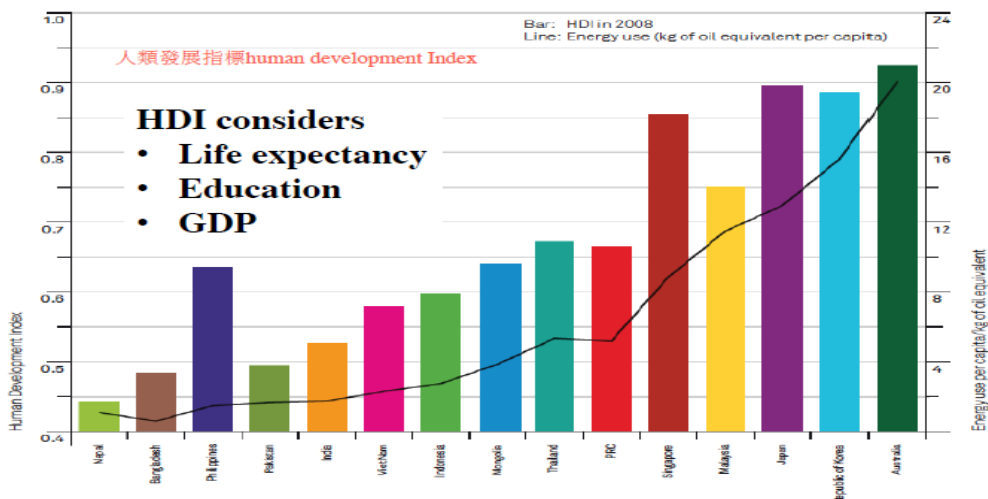


圖 7 各國人類發展指數 (HDI) 比較

能源大量使用造成全球二氧化碳排放量在西元 1800 年後呈現持續增加情形（如圖 8）。當人類追求經濟成長及較好的生活品質所使用能源就會越多，同時加劇全球二氧化碳排放問題，更顯能源永續就重要。

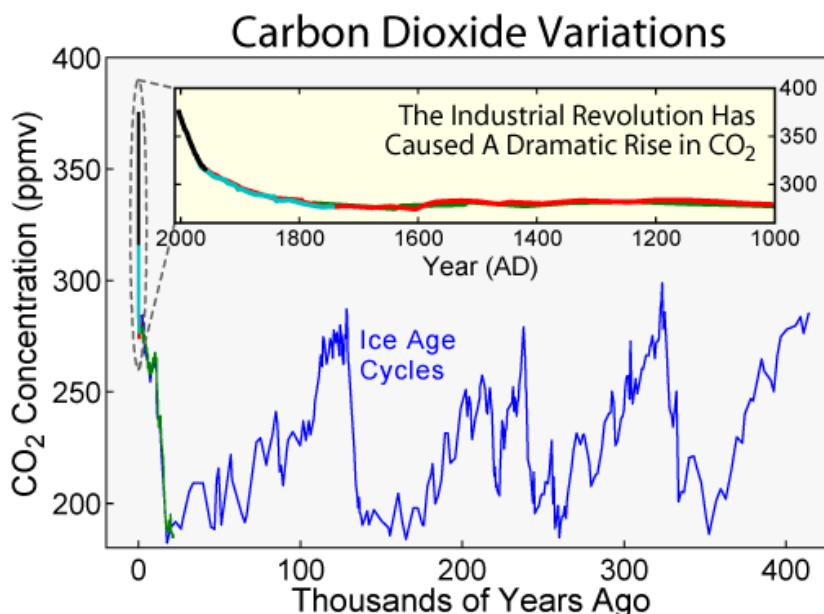


圖 8 全球大氣二氧化碳濃度變化情形

三、達成能源永續目標方法：提供安全可負擔的能源服務、增加潔淨能源使用與能源安全、減少溫室氣體排放、減少因燃料燃燒造成空氣汙染、減少能源對環境不利影響。

四、「人人享有可持續能源」倡議（Sustainable Energy for all 簡稱 SE4ALL）

為解決能源、氣候雙重危機，聯合國 2011 年 9 月發起 SE4ALL，目的在讓綠色能源全面普及，加倍可再生能源的使用量，期在 2030 年改善提高能源效率。以達成增進健康、減少空氣汙染、減少使用化石燃料效益，並朝全球氣候保護、全球升溫在 2 攝氏度之內目標前進。

五、邁向永續發展能源選項：

(一)增加再生能源使用

全球初級能源中再生能源約為 19%（如圖 9），各項再生能源技術發展潛力尚符合目前能源需求（如圖 10），依據 REN21 預估，2050 年再生能源占全球能源供應最高可達 80%。

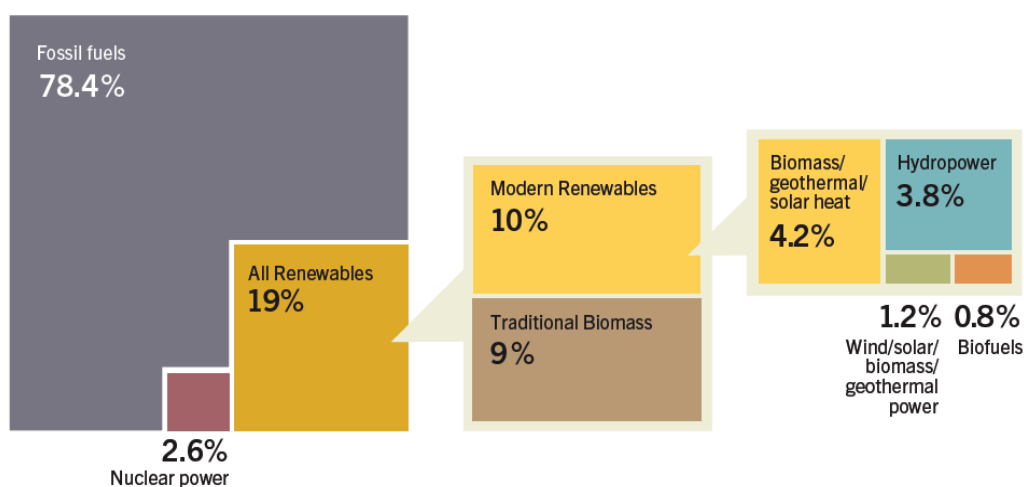


圖 9 全球再生能源供給情勢

資料來源：REN 21, 2014

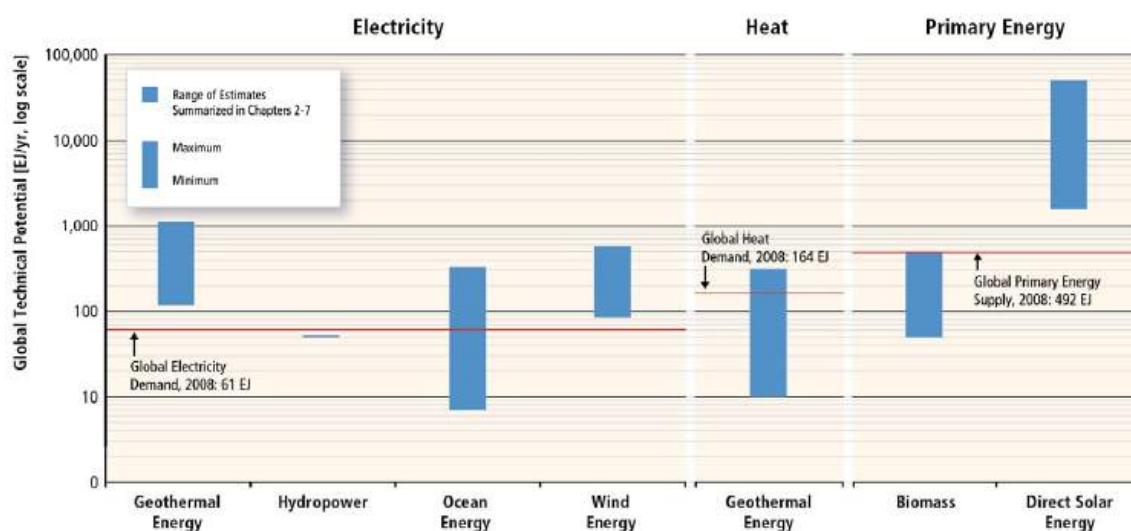


圖 10 再生能源技術發展潛力

資料來源: IPCC, 2011

(二)提高能源效率

- 供應端：持續提升電廠效率與降低二氧化碳排放量。
- 消費端：持續改善用電器具效率。
- 供應與消費端：善用並持續提升汽電共生系統效率，以減少能源損耗，示意如圖 11。

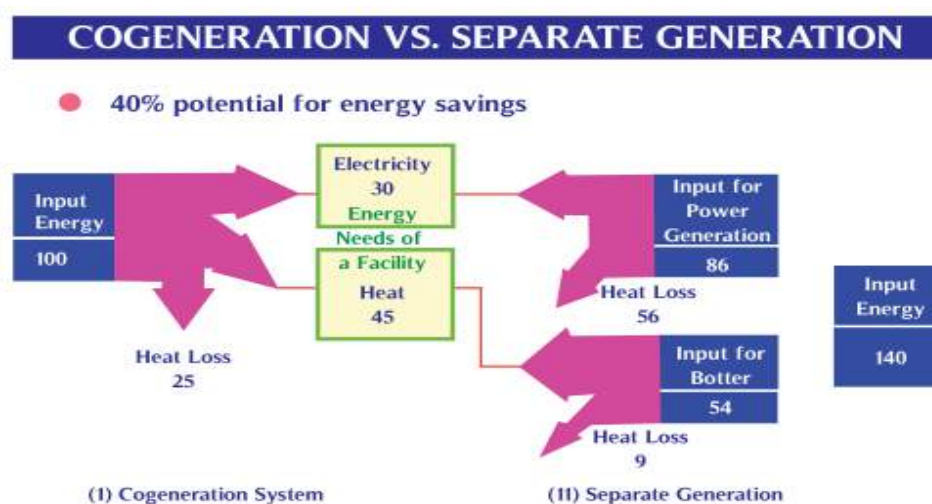


圖 11 汽電共生與分離發電系統之發電效率比較

(三)人類態度改變：減少能源使用、再利用、再循環，正確的政策與定價及資源共享。關鍵在於正確訊息與知識。

六、未來能源領域可能研究方向：生產轉換和使用效率改善、分散系統的節能與效率改善、智慧能源使用、能源組合、儲能、國家或區域能源模組等。

肆、與我國現行政策比較

一、我國永續能源政策形成歷程（如圖 12）

(一)依據不同時空背需要，陸續發布永續能源政策（2008 年）、能源發展綱領（2012 年），作為我國能源永續發展之依據。

(二)於 2015 年發布溫室氣體減量法，作為我國溫室氣體減量之依據。

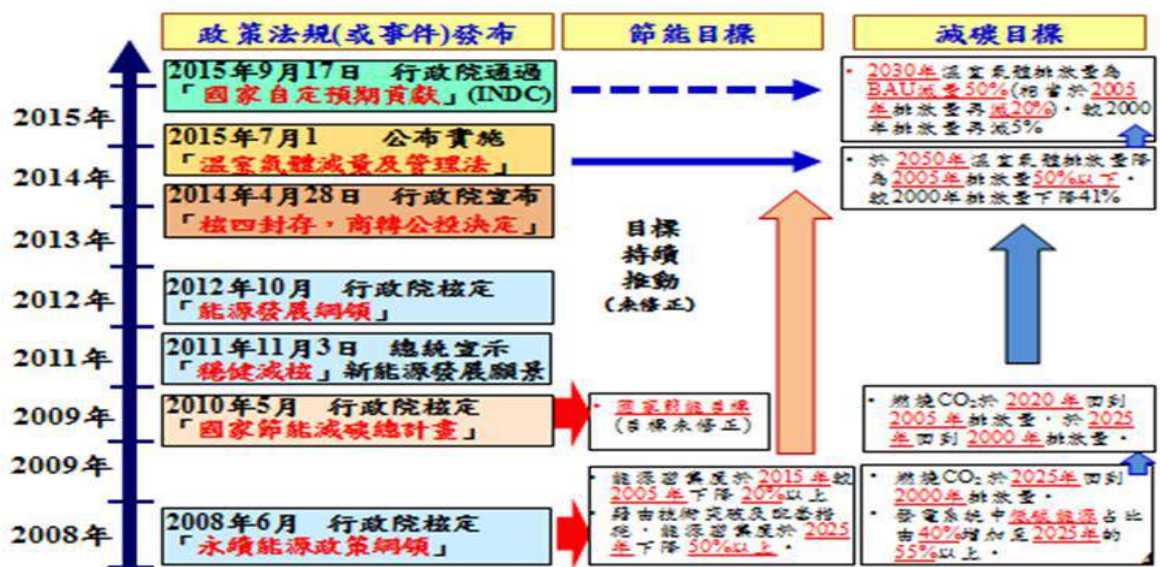


圖 12 我國永續能源政策法規發展歷程

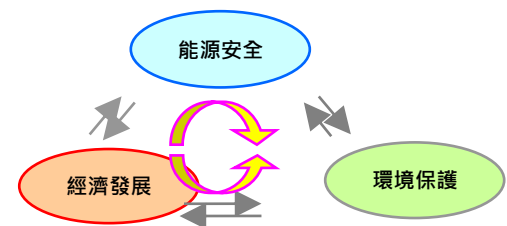
二、政策目標與國際永續目標比較：

(一)國際永續能源目標：

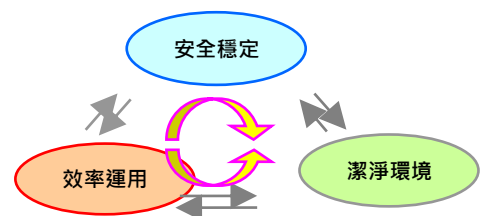
- 社會（可獲的適當能資源、普及的能源、可負擔價格）
- 經濟（能源供應與生產、能源價格、能源相關稅賦與能源補貼）
- 環境（環境：能源對全球氣候變遷、造成汙染與廢棄物）

(二)我國目標：

1.永續能源政策：「能源安全」、「經濟發展」與「環境保護」，滿足未來世代發展的需要。



2.能源發展綱領：「安全穩定」、「效率運用」、「潔淨環境」之能源供需系統，營造節能減碳發展環境，達成國家節能減碳目標，實現臺灣永續能源發展。



(三)比較

	政策目標
永續發展(國際)	社會、經濟、環境
永續能源政策綱領	能源、經濟、環境
能源發展綱領	安全、效率、潔淨

1.我國能源普及且民眾可以可負擔的價格取得

- 我國供電普及率高達 99%，且我國住宅與工業電價分別為世界第 3 及第 4 低；
- 營運中加油站約 2,495 站、有 25 家公用天然氣事業供應約 327 萬用戶、液化石油氣經銷體系供應 511.2 萬用戶；

2.我國自產能源不足，98%依賴進口，為獨立電網，能源安全為我國永續發展重要目標

3.業以逐步降低能源密集度，提升能源使用質的成長及降低量的成長，提升國家競爭力，取代實質補貼

內涵與國際永續發展三大面向社會、經濟與環境大同小異，惟依我國國情需要持續精進。

第二節 能源安全

壹、能源安全重要性

- 一、能源安全就是隨時都可以可負擔價格取得可靠、永續及現代的能源，邁入永續能源的基礎，但是世界各國能源秉賦不同，對於能源安全的定義亦有所差異。



- 二、能源安全重要性：

(一)全球主要初級能源化石能源蘊藏集中在少數國家

能礦資源高度集中少數國家或區域，依英國石油公司統計，煤炭、原油、天然氣或鈾礦之前 5 大蘊藏國，其蘊藏量合計皆占全球 60%以上。

表 3 各類能礦資源前五大蘊藏量國家之蘊藏量占比

排名	煤炭		原油		天然氣		鈾礦	
	國家	占比	國家	占比	國家	占比	國家	占比
1	美國	26.6%	委內瑞拉	17.5%	伊朗	18.2%	澳洲	28.9%
2	俄羅斯	17.6%	沙烏地阿拉伯	15.7%	俄羅斯	16.8%	哈薩克斯坦	11.5%
3	中國大陸	12.8%	加拿大	10.2%	卡達	13.3%	俄羅斯	8.6%
4	澳洲	8.6%	伊朗	9.3%	土庫曼	9.4%	加拿大	8.4%
5	印度	6.8%	伊拉克	8.8%	美國	5.0%	尼泊爾	6.9%
合計	72.4%		61.5%		63.2%		64.2%	

資料來源：BP (2015)，Statistical Review of World Energy

(二)部分國家電力與運輸部門燃料低度多元化

以印度為例，高度集中使用燃煤發電（如圖 13）。

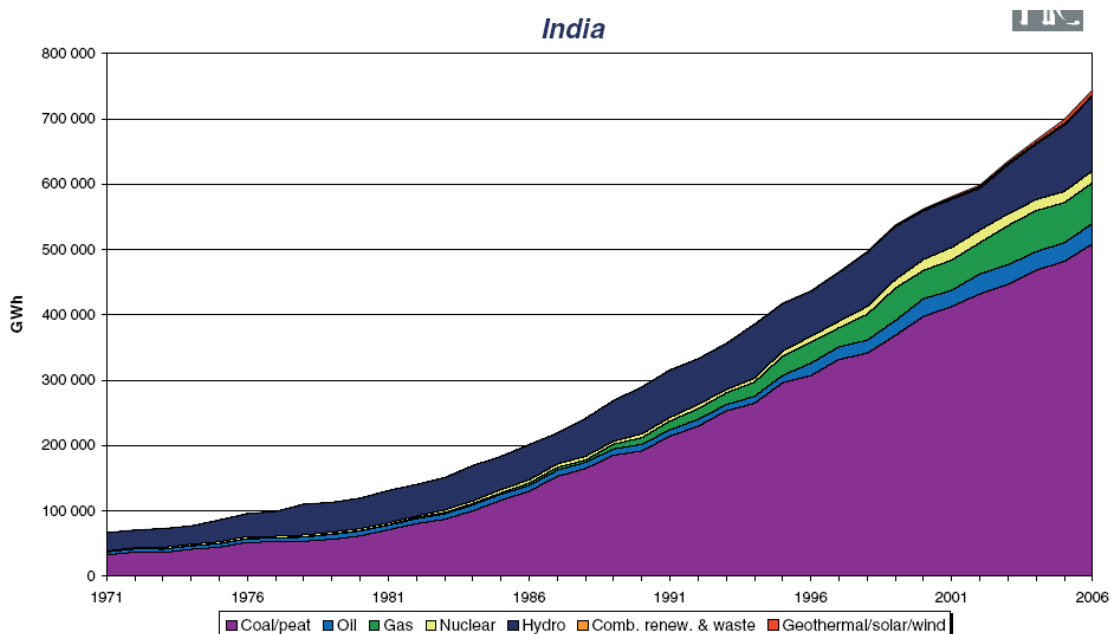
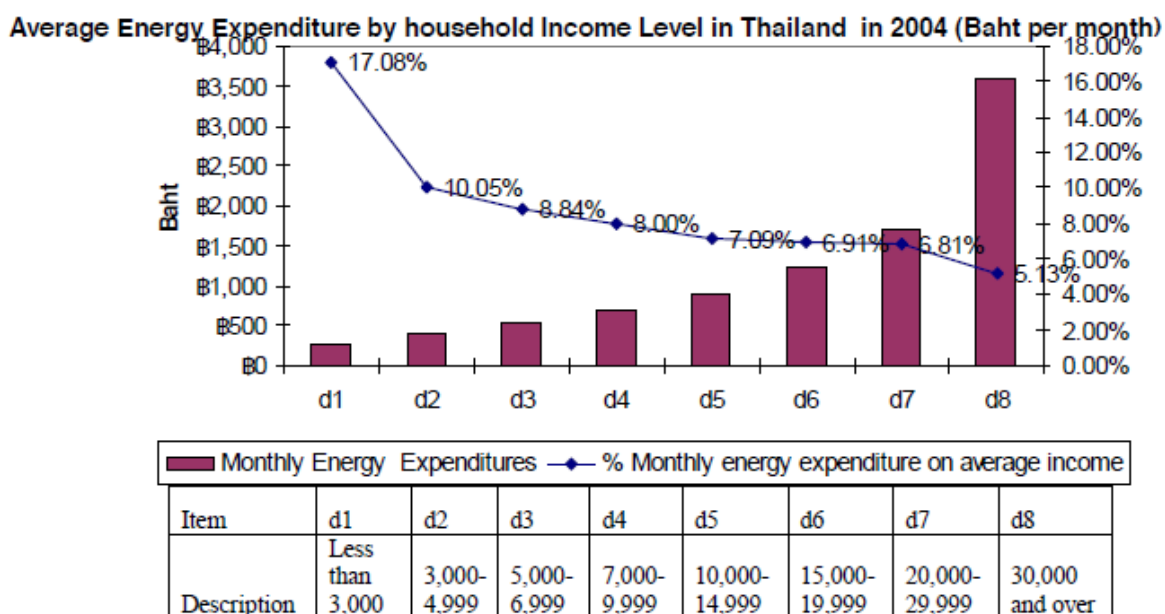


圖 13 印度電力供給情形

(三)能源價格變動對低收入者影響大

以泰國 2004 年資料為例，能源價格變動最高與最低所得族群影響差異可達 12%（如圖 14）。



• The share of monthly energy expenditure to the average monthly income is lower for higher income groups, e.g. 17 per cent for d1 group and only 5 per cent for d8 group.

圖 14 能源消費占泰國家庭平均收入百分率之分布情形

(四)大部分國家能源進口依存度高

以泰國、菲律賓為例，至 2009 年石油進口依存度仍超過 30%（圖 15）。

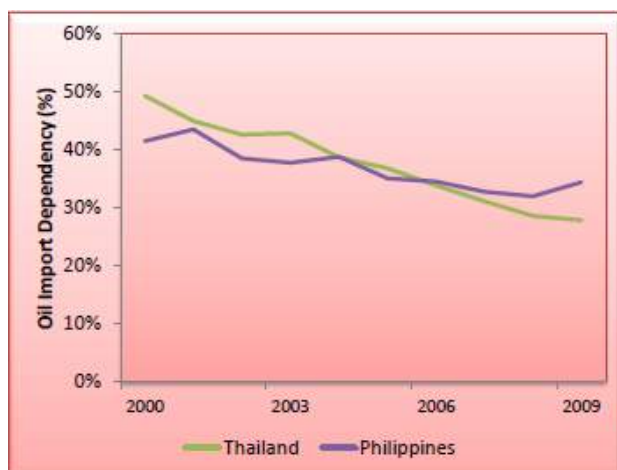


圖 15 泰國及菲律賓的石油依存度比較

(五)隨經濟成長，能源需求與供應缺口增加

以印度為例，2006 年電力供應缺口已達 10%

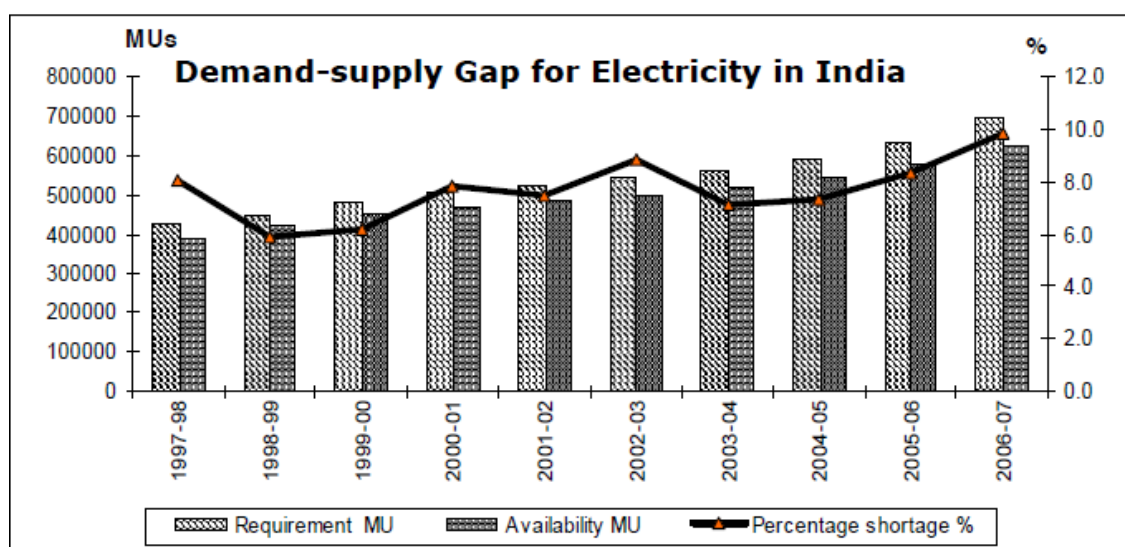


圖 16 印度電力供應缺口變化情形

(六)大量使用化石能源，增加二氧化碳排放量

依據聯合國跨政府氣候變遷小組 (IPCC) 第 5 次評估報告 (AR5) 指出，人類活動極有可能是造成暖化現象最主要因素，化石能源使用為主因。

貳、能源安全指標

一、能源安全評估方式：

建立能源安全指標，量化能源安全風險，了解關鍵風險以確保能源安全，作為與他國家比較基準。

二、能源安全指標種類

(一)來源面-能源可取得、存量、消耗速率、化石能源依存度、能源自主度、淨進口能源依存度(NEID)、地緣政治風險(GMC)等

(二)經濟面-能源進口值占 GDP 與總進口值比例等

(三)能源供應面-進口國集中度、進口國政治穩定度等

(四)能源消費面-能源效率、能源密集度、二氧化碳排放等

三、常用能源安全指標（如表 4）

表 4 能源安全指標

指標	意義	
	值	安全度
淨進口能源依存度(NEID)	高	低
地緣政治風險(GMC)	高	高
香農-韋納指數(SWI)	高	高(來源組合多樣化)
赫芬達爾-赫希曼指數(HHI)	低	高(供應組合多樣化)
二氧化碳排放指標	高	低(高環境衝擊)

參、強化能源安全與減少能源脆弱的方法

一、供應端：增加國內自產能源與再生能源使用、能源來源多樣化、提升供應端效率、儲備石油存量、發展區域能源整合與貿易。

二、需求端：提升效率、建設高效節能基礎設施（建築節能、發展大眾運輸系統、推廣電動車等）。

三、人類生活型態及行為改變。

肆、與我國現行政策比較

一、行政院 101 年 10 月核定「能源發展綱領」之上位能源政策指導方針中，明確揭示能源安全政策目標，為建構可負擔、低風險及穩定之均衡能源供需體系（如圖 17）。

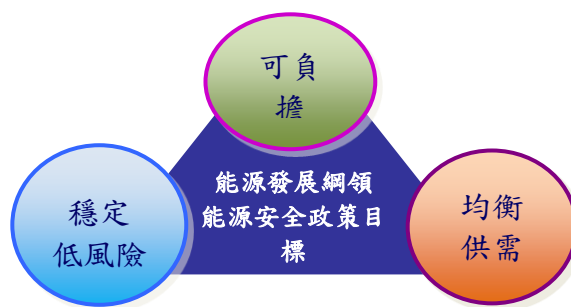


圖 17 「能源發展綱領」建構之能源供需體系

二、我國已建立 13 項能源安全指標，並每年定期公告：

- 進口能源依存度、石油依存度、進口石油依存度、中東原油進口依存度。
- 石油進口總值占總進口值比率、石油進口總值占總出口值比率、石油進口總值占 GDP 比率、能源進口值占總進口值比率、能源進口值占總出口值比率、能源進口值占 GDP 比率、平均每人負擔能源進口值。
- 備用容量率、電力負載。

評估我國能源安全度 4 個衡量指標為：進口能源依存度、石油依存度、進口石油依存度、中東原油進口依存度（如圖 18）。

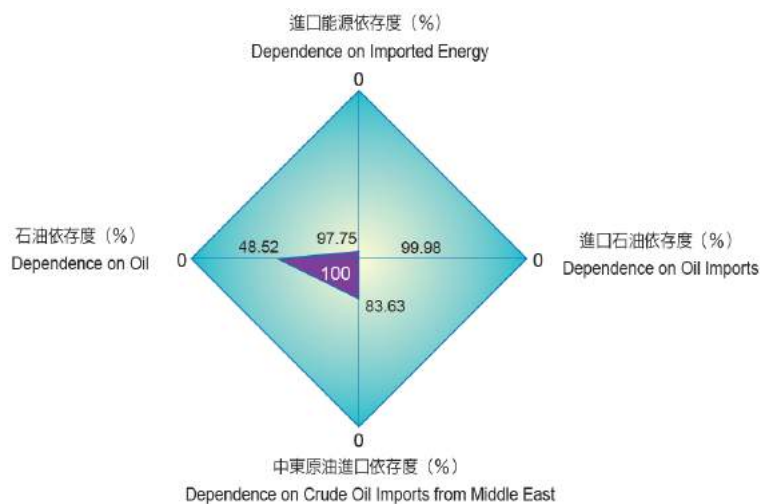


圖 18 能源安全度評估指標

三、我國已建立內部參考之能源安全風險預警指標：

- (一)透過定期或不定期檢視風險燈號可適時針對國內能源政策、策略提出預警，仍屬研究階段尚未對外公開。
- (二)含穩定、可負擔與均衡供需三構面所建構 9 項主指標、12 項子指標（如圖 19）。

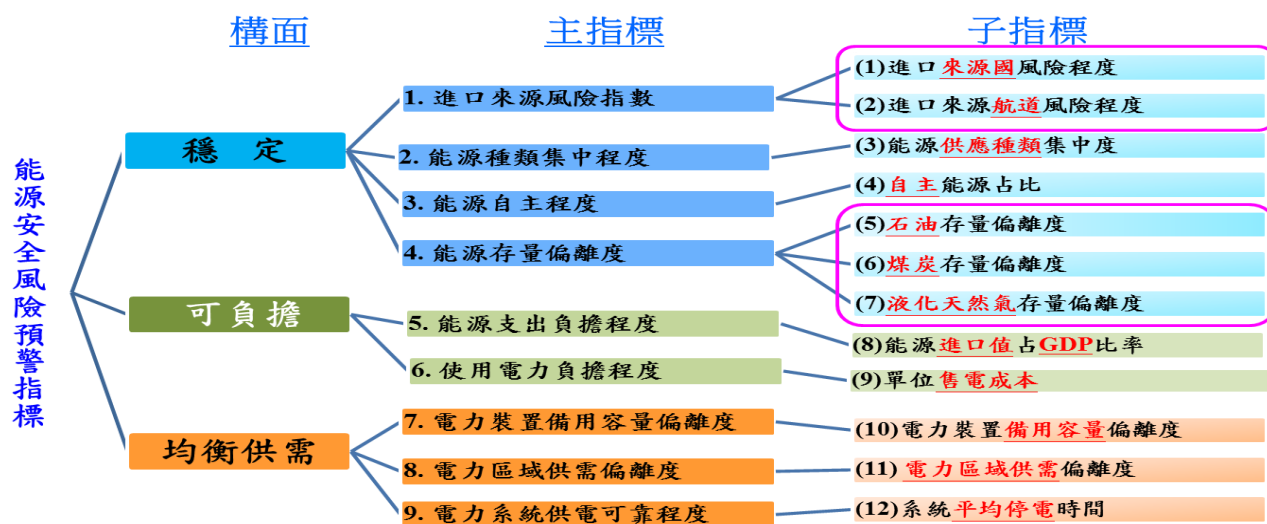


圖 19 我國能源安全風險預警指標

四、比較

(一)我國能源安全政策-與國際趨勢比較

	目標
能源安全(AIT)	供應無虞、可負擔、對環境友善
我國能源安全政策	均衡供需、可負擔、穩定低風險

(二)我國能源安全指標-與國際比較

	目標
國際	單一與綜合指標(USCC)均有
我國	單一指標：主要為供應安全及穩定程度

我國業依國情訂定能源安全政策與指標，惟因自產能源不足，98%依賴進口，為獨立電網，能源安全除我國永續發展重要目標，亦為我國重要能源安全指標。

第三章 能源科技與產業發展

第一節 再生能源技術與產業發展

1992 年聯合國地球高峰會 (The Earth Summit) 中通過「氣候變化綱要公約」(The United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC)，針對「人為溫室氣體」(anthropogenic greenhouse gas) 排放提出全球性管制的宣示。1997 年 UNFCCC 第三次締約國大會 (the 3rd Conference of the Parties, COP3) 中通過具約束力的「京都議定書」(Kyoto Protocol)，要求工業國家共同承擔未來溫室氣體減量之責任，採取「全球總量抑制、國家個別目標」策略，規範全球 39 個附件一國家必須在 2008 年至 2012 年間，將各國 6 種溫室氣體¹排放量，依 1990 年之排放水準再減 5.2%，而為協助各國降低減量成本，並規劃共同執行 (Join Implementation, JI)、清潔發展機制 (Clean Development Mechanism, CDM) 與排放交易 (Emission Trading, ET) 等彈性機制。歷經長達 7 年的折衝角力，終於在俄羅斯同意簽署後，2005 年 2 月 16 日「京都議定書」正式生效。

面對氣候變遷，聯合國全球氣候變遷公約 (UNFCCC) 提出兩項主要策略：減緩 (mitigation) 與調適 (adaptation) 策略。減緩策略是指藉由減少溫室氣體產生或將其捕捉貯存，以降低溫室氣體排放對大氣的影響。減緩策略目前主要是針對特定部門(例如：能源部門、產業部門、交通部門、住商部門等) 進行溫室氣體排放減量。

另外，調適策略則是指調整人類社會運作方式，以適應氣候變遷所帶來不可避免的影響，包括激烈氣候的發生，降低衝擊。調適策略是針對整個社會經濟面向，包括土地使用、水資源、公共衛生及公共建設等進行全面性調整。

為降低溫室氣體之排放，世界各國紛紛提出各種減量策略，包括發展再生能源等低碳能源，推動節約能源、提升發電效率，及開發碳捕捉與封存技術等。由圖 20 觀察各類能源排放溫室氣體之週期，再生能源發電所排放之溫室氣體較化石能源排放之溫室氣體少，是故，由於再生能源為低碳能源，因此，推動再生能源可降低溫室氣體排放，係重要之氣候變遷調適方式之一。

¹ 六種溫室氣體分別是二氧化碳 (CO₂)、甲烷 (CH₄)、氧化亞氮 (N₂O)、氫氟碳化物 (HFC_s)、全氟化碳 (PFC_s)、六氟化硫 (SF₆)。

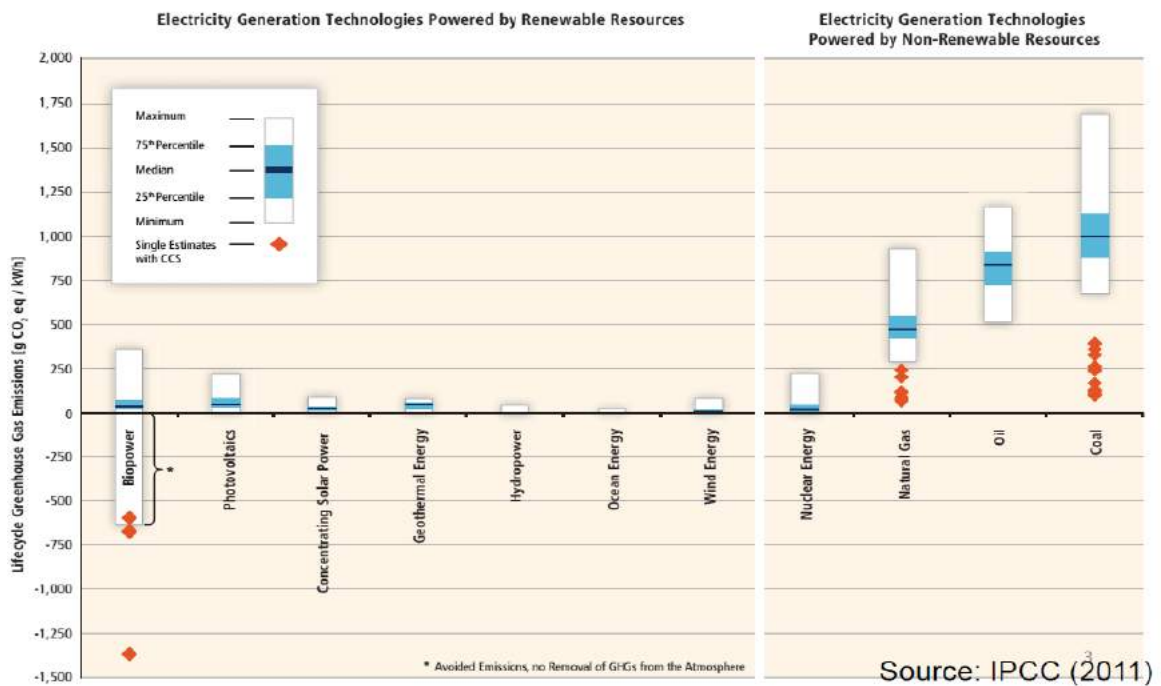


圖 20 各類能源溫室氣體排放之生命週期
資料來源：IPCC, 2011.

壹、再生能源定義

根據國際能源署對於再生能源的定義是指「可持續補充並由自然過程中得到的能源」，再生能源 (renewable energy) 顧名思義係指循環再生可永續利用之初級能源 (primary energy)，其種類繁多，普遍分成太陽能 (solar energy)、風力 (wind power)、生質能 (biomass)、水力 (hydropower)、地熱能 (geothermal energy) 與海洋能 (marine energy) 六大類。傳統再生能源以水力與生質能利用較早，太陽能、風力等應用技術雖亦已問世，但直到 1970 年代以後在能源與環境議題發酵之下，各國積極尋求替代能源、研發新能源技術，方順勢興起。在全球追求環境保護、管制溫室氣體排放之趨勢下，再生能源因具低度環境污染及可循環再利用之特性，使得再生能源成為各國推動替代能源之主要選擇。

貳、全球再生能源發展趨勢

依 REN21 於 2015 年出版之報告顯示，全球能源供應仍以化石能源為大宗，占全球最終能源消費之 78.3%，而再生能源最終消費占比為 19%，其中又可分為 10.1% 為現代化再生能源消費，以及 9% 之傳統生質能使用，全球能源消費占比詳請見圖 21。目前再生能源主要之用途可分為四大類，分別為發電、供應暖冷氣、運輸用燃料及無電力網鄉村 (rural off-grid)。

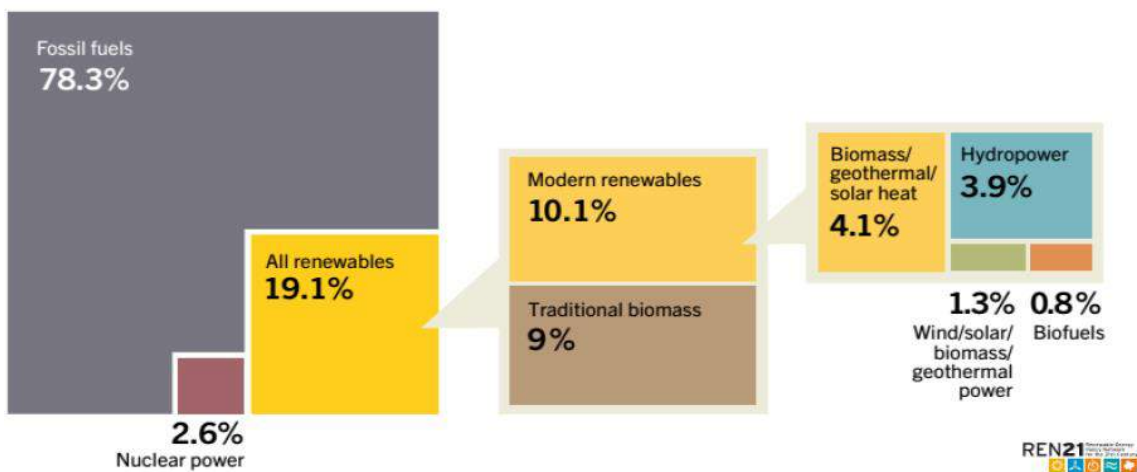


圖 21 全球能源消費占比

資料來源：REN.21

2014 年全球再生能源裝置容量超過 1,712GW，約占全球發電裝置容量之 22.8%，其中中國大陸再生能源裝置容量 153GW 占全球首位，其次為美國 105GW 及德國之 86GW，全球再生能源裝置容量請見圖 22 所示。

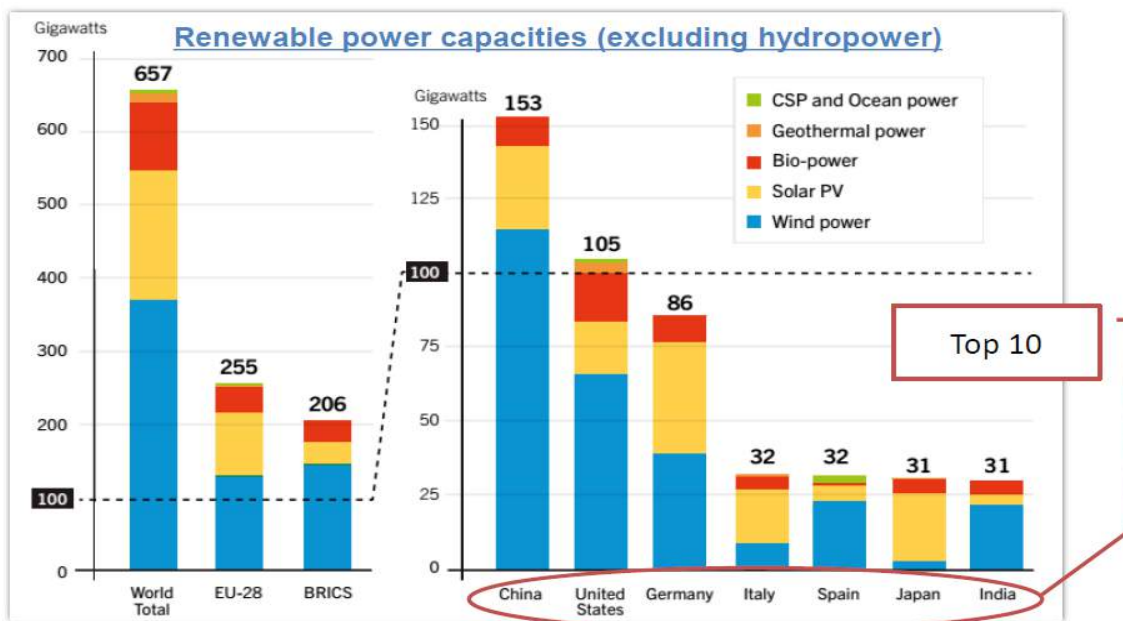


圖 22 全球前十大再生能源裝置容量國家

資料來源：REN.21

2014 年各類再生能源投資以太陽能居首位，投資金額約 1,500 億美金，較去年成長 25%，其中已開發國家之投資金額為 870 億美金，開發中國家投資額為 630 億美金；第二大再生能源投資項目為風力發電，其中已開發國家投資額 410 億美金，開發中國家 580 億美金，

風力發電投資與太陽光電相反，開發中國家投資額較多。各類再生能源投資金額詳請見圖 23。

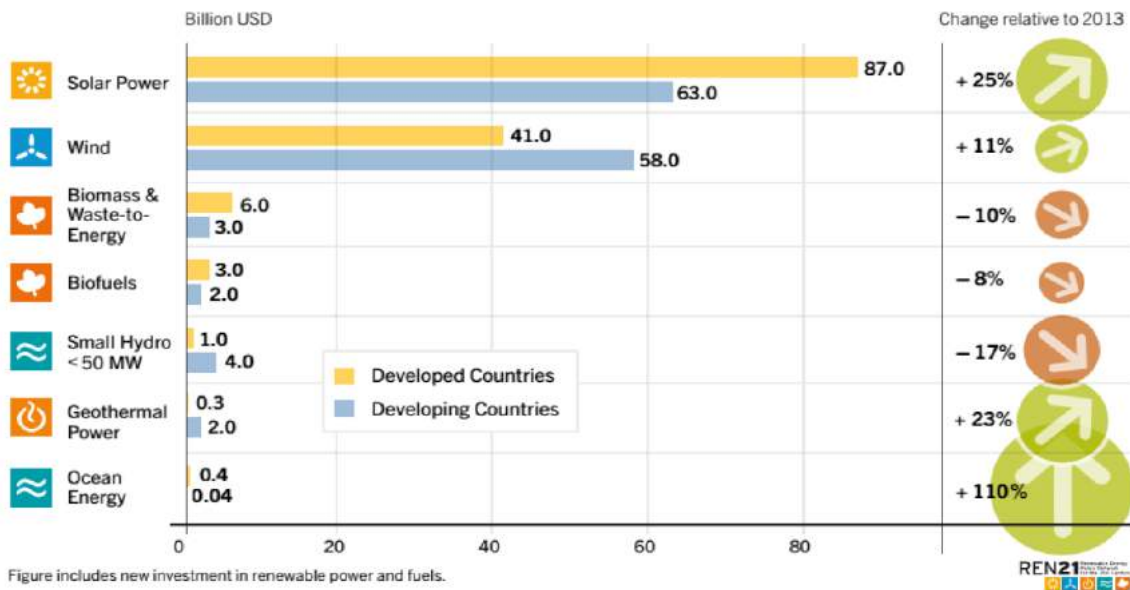


圖 23 全球各類再生能源投資額

資料來源：REN.21

再生能源產業共創全球 770 萬個直接與間接之就業機會，較 2014 年的 650 萬人上升了 18%。其中生質能發電創造 82.2 萬個就業機會、生質燃料提供了 178 萬個工作機會，生質氣提供 38.1 萬個工作，另外，地熱、水力發電、太陽能與風力發電等共提供全球 467.1 萬個就業機會，各類再生能源創造之就業機會，詳請見圖 24。

從細分領域看，太陽能產業創造最多的工作機會，其中大部分是諸如安裝太陽電光發電系統這一類的工作。

從地理範圍觀察，則再生能源行業工作機會數量最多之國家為中國大陸，前十名的國家還有巴西、美國、印度、德國、印尼、日本、法國、孟加拉和哥倫比亞。

再生能源行業所創造的工作機會為化石燃料產業餐兩，因此，加大投資、大力發展可再生資源不僅能為各國提供電力，且有助於政府、企業和社會解決諸多相互關聯的社會問題和環境問題，例如：發展再生能源產業有助於減少溫室氣體排放，減緩其他形式的生態破壞及對自然資源的浪費。

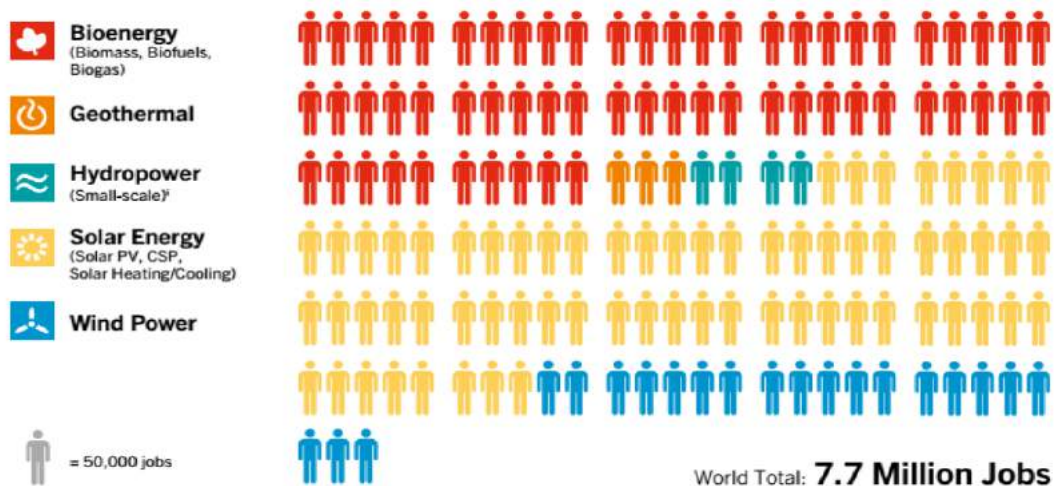


圖 24 全球各類再生能源就業人數

資料來源：REN.21

一、生質能

(一)生質能發展現況與趨勢

由於生質能發展符合永續發展概念，並擁有許多發展優點，包括生質能源為低碳燃料，燃燒時產生較少溫室氣體，且生質燃料排放之廢氣不含硫化物，亦可減緩化石能源消耗，減少對石油之依賴，並有效利用農業廢料作為能源生產，因此，生質能乃再生能源重要項目之一。

生質能源 (bioenergy 或 biomass energy) 係由生物質 (biomass) 轉化後所形成之再生能源，泛指各種生物產生之有機物質，包括農林植物、沼氣、廢棄物等，生質能源可用於發電、燃料等，生質能應用方式可分為固態燃料、氣態燃料、液態燃料。生質能依其用途可分成兩大項，詳請見圖 25 分類說明。

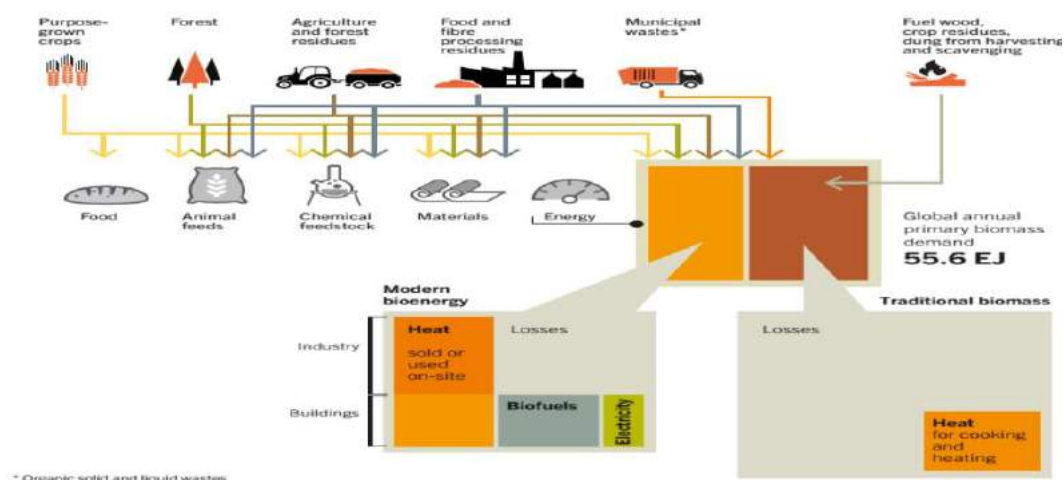


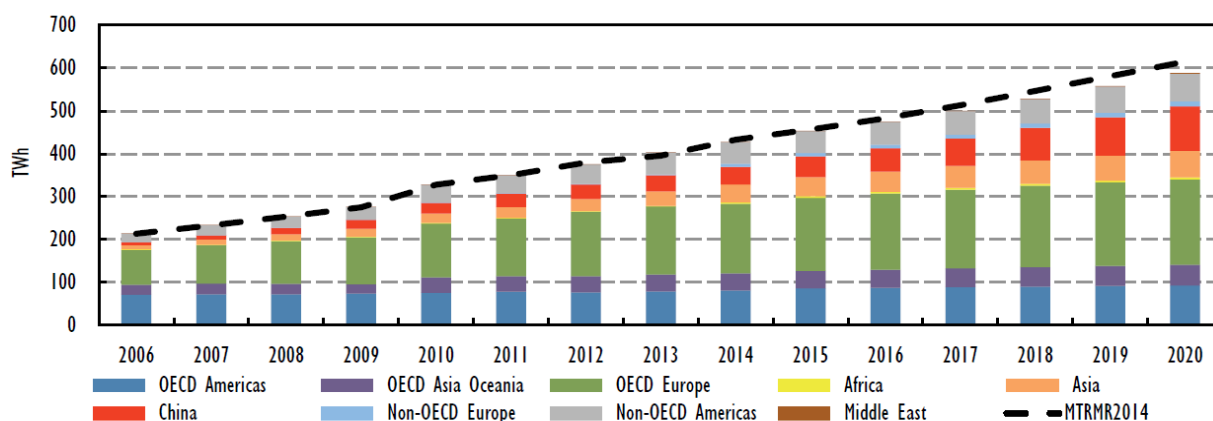
圖 25 生質能源種類與應用

資料來源：REN 21

運輸用生質燃料：如生質柴油與生質酒精，其料源為能源作物、廢棄物、廢食用油。由於生質燃料之溫室氣體排放量較低，並可減少對傳統化石燃料之依賴，故國際生質燃料發展成長快速，依國際能源署 (International Energy Agency, IEA) 預估，生質燃料需求成長快速，2050 年生質燃料占全球運輸用燃料將成長至 27%，需求量攀升至 750 百萬公噸油當量 (MTOE)。

熱能與電力 (熱電) 用生質燃料：例如廢棄物衍生燃料、農林廢棄物裂解燃油、沼氣、廢棄物能源等，其料源為一般廢棄物、事業廢棄物、農林資材或其它廢棄物 (如稻稈)、廢 (污) 水、有機污泥、畜牧業廢棄物等。

2014 年全球生質能發電估計達 427.5TWh，較 2013 年增加 6%。至 2020 年生質能發電量預估至 588.5TWh，受因於中國大陸經濟成長趨緩，故 2015 年 IEA 全球生質能發電量之預測值較 2014 年低，至 2020 年預期將成長至 199TWh，全球各區域生質能發展趨勢請見圖 26。



資料來源：Medium-Term Renewable Energy Market Report 2015, IEA。

圖 26 全球各區域生質能發電量趨勢

2014 年美國仍為全球最大之生質能發電國家，發電量為 69TWh，美國環境保護署 (Environmental Protection Agency, EPA) 已提出新建生質能發電廠之計畫，作為美國承諾至 2030 年達減碳目標之方案，預期將成為長期刺激生質能發電需求之一大誘因。

全國第二大生質能發電之國家為德國，其發電量為 46TWh，德國生質能裝置容量成長幅度最大之期間為 2009 年至 2011 年，2011 年後德國生質能裝置容量成長趨緩。

中國大陸近年來始終為全球生質能發電成長最快速之國家，年發電量約 42TWh。2014 年 OECD 國家之生質能發電量總額為 283TWh，至 2020 年預期將成長至 340TWh。

生質能發展之主要限制為裝置成本較高，造成市場之進入障礙，未來市場預估將朝整合與併購方向發展，以加強市場競爭力及長期發展。自 2005 年起中國大陸、美國、歐洲與印度成為應用生質能之主要市場，2013 年歐洲地區因英國興建大規模生質能轉換廠，荷蘭

發展生質能混燒計畫、波蘭興建生質能廠等，故歐洲之生質能裝置容量大幅增加。

2013 年歐盟固態生質能消費成長至 91.5 百萬公噸油當量，年成長率 3.3%。固態生質燃料消費趨勢呈正成長發展，主因國家推動生質燃料發展，如法國、英國鼓勵生質能發電，2013 年歐盟生質能發電量較 2012 年增加 1.8%，成長至 81.7TWh，詳如圖 27。

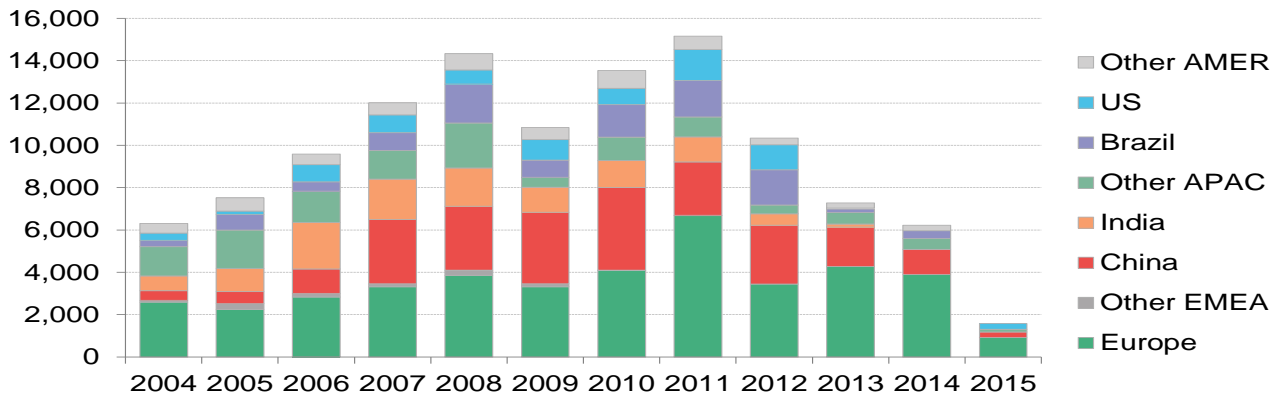


資料來源：Solid Biomass Barometer, Euroserver, 2015/01.

圖 27 歐盟固態生質能產量與消費量趨勢

在全球生質能投資金額方面，觀察下圖生質能投資金額趨勢，生質能之木質顆粒年消費量為 22 至 25 百萬噸，據聯合國糧食與農業組織估計，至 2020 年將成長為 50 至 80 噸之消費量。2011 年為全球生質能投資金額高峰，金額達，2013 年受到歐洲、中國大陸與美國等市場之強烈需求，成為生質能投資金額之高峰期。2014 年美國、巴西之生質能市場活動漸減，使生質能投資金額跌至 62 億美金。

單位：美金



註：資料統計自 2015 年 3 月。資料來源：Biomass for Heat and Power, IRENA.

圖 28 生質能發展趨勢

(二)生質能技術發展情勢

目前生質能具商業化發展之項目，包括發電與供熱之混燒廢棄物、沼氣，以及生質燃料之生質氣、生質酒精、生質柴油等。全球各項生質能之技術發展階段，詳請見圖 29。

		R&D	Demonstration	Early commercial	Commercial	
Heat	Combustion				Domestic/district/industrial	
	Gasification			Small scale gasification		
Power/CHP	Combustion		Stirling engine	ORC	Steam engine	
	Anaerobic digestion				Steam cycle Landfill gas Manure digesters	
	Gasification	Gas turbine	Gas engine	Steam cycle		
	Cofire	IGFC	IGCC	Parallel	Direct	
Fuels	Fermentation		Lignocellulosic to ethanol		Sugar & starch to ethanol	
	Esterification	Biodiesel from microalgae			Biodiesel	
	Hydrogenation	Renewable diesel from microalgae		renewable diesel		
	Anaerobic digestion		Biogas upgrading (methane)		Biogas	
	Gasification			Biogas reforming (hydrogen)		
				FT (diesel)		
		Catalytic synthesis: SNG, hydrogen		methanol		

		R&D	Demonstration	Early commercial	Commercial
Materials /chemicals	Fermentation	PA6 & PA66		PTT, PHA	PLA
					Ethylene (Butanol [®])
			PP, PVC	Ethylene derivatives:	PE, PET
	Lignin processing	aromatics			
	Esterification			ECH	
	Polyol polymerization				Lubricants, polymers, surfactants
	Direct modification of natural polymers				Cellulosic polymers Starch plastics
Combined / Biorefinery products	Gasification	FT (olefins)		MTO (olefins)	
					Biorefinery

圖 29 各類生質能技術發展階段

資料來源：Gerseen-gondelach et al, 2015.

依 IRENA 估計，生質能成本結構中，燃料成本約占總發電成本之 40~50%，生質燃料依賴料源蒐集、運輸，因此，若料源產地與發電廠距離較遠時，增加運輸成本，一般生質能料源成本(不包括運輸成本)約 0~4 美元/GJ，當地料源價格約 4~8 美元/GJ，但到國際料源市場價格則增加至 8~12 美元。各項生質能成本以熱電共生最高，約 3,800 至 7000/Kw，成本最低為混燒廢棄物，成本約 1000/Kw，各項成本比較請見圖 30 所示。

單位：美金

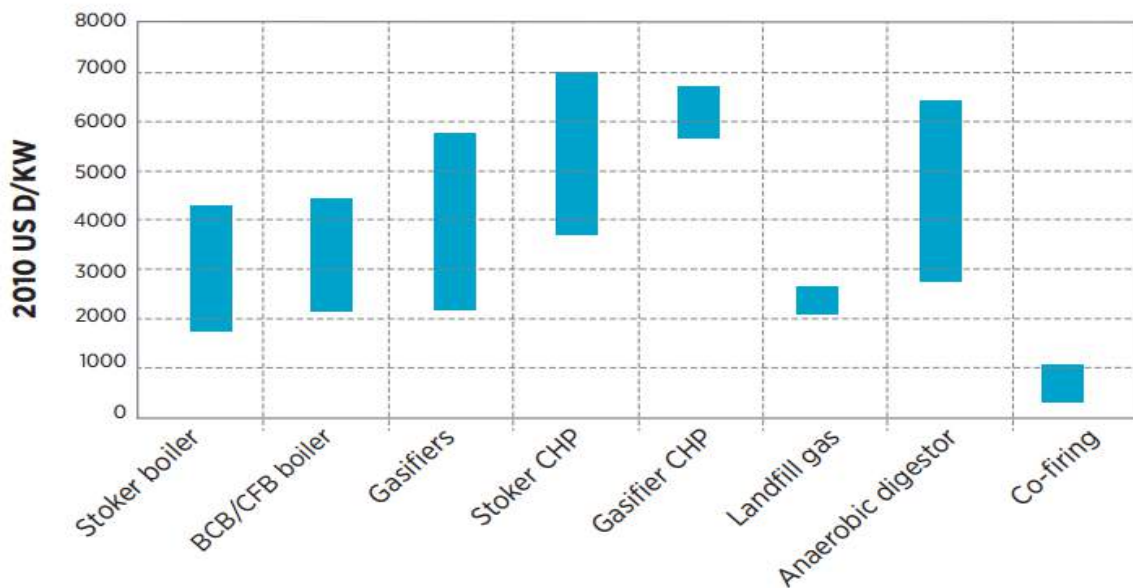


圖 30 全球生質能成本比較圖

資料來源：Bloomberg New Energy Finance

(三)生質能產業發展情勢

依國際再生能源組織 (International Renewable Energy Agency, IRENA)統計，2016 年全球生質燃料產業市場達 136 億歐元，生質燃料投資額超過 690 億歐元。2014 年全球生質燃料產業約提供 180 萬工作機會，主要工作機會為供應生質燃料料源之相關產業。

巴西為全球主要提供生質燃料之地區，該國之生質燃料料源供應、生質酒精、生質柴油皆提供工作機會，而拉丁美洲地區其他提供生質燃料工作機會之市場，包括哥倫比亞提供 97,600 個、阿根廷 30,000 個工作機會。

過去生質燃料市場由巴西與美國獨占，近期東南亞生質燃料市場快速成長，同時帶動該區生質燃料產業之工作機會。目前東南亞地區之工作機會主要集中於棕櫚油廠勞力密集較高之產業，中國大陸、印尼、泰國地區提供近 222,000 個工作機會。目前中國及印度的工

作內容仍以操作員之工作機會為大宗，但較前端的工作內容在整體產業環境成熟時，未來可望逐漸東移。

自 1992 年起由歐盟各機構支持，生質柴油已具產業規模，西歐已有 50 家以上工廠，每年產能約 20 萬噸。

2014 年歐盟生質燃料產能共 2,309.3 萬噸，表 5 臚列歐盟各國之生質燃料產能，歐盟各國以德國之產能最大，每年產能約 465.5 萬噸，其次為西班牙每年產能 419.4 萬噸及法國每年 2,445 萬噸之產能。

表 5 2014 年歐盟國家生質燃料產能一覽

國家	產能(千噸)
德國	4,655
西班牙	4,194
法國	2,445
荷蘭	2,505
義大利	1,837
波蘭	1,269
比利時	741
希臘	702
葡萄牙	590
英國	505
捷克	502
澳大利亞	495
羅馬尼亞	407
芬蘭	400
保加利亞	378
瑞典	282
丹麥	250
匈牙利	158
斯洛伐克	158
拉脫維亞	156
立陶宛	147

國家	產能(千噸)
斯洛維尼亞	108
愛爾蘭	74
克羅埃西亞	55
愛沙尼亞	35
盧森堡	20
賽普勒斯	20
馬爾他	5
合計	23,093

資料來源：European Biodiesel Board, Statistics, The EU biodiesel industry.

美國生質柴油產量約 70%集中於中西部地區，共有 98 座生質柴油廠、年產能 20 億加侖，以大豆油為主要生質柴油料源，每年使用量約 73.6 億磅。

美國生質柴油產量以 2013 年高峰，2014 年產量小幅滑落，2015 年 1 至 3 月之產量又再度增加至 2013 年水準，其產量變化趨勢請見圖 31。

單位：百萬加侖

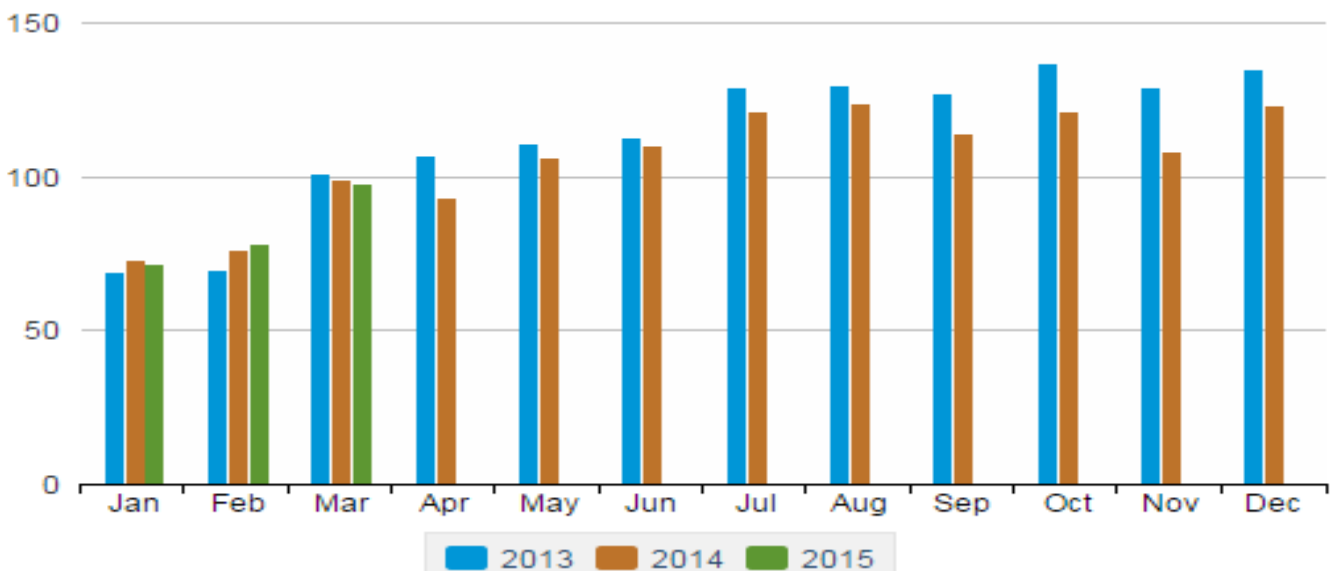


圖 31 美國生質燃料年產能與月產量

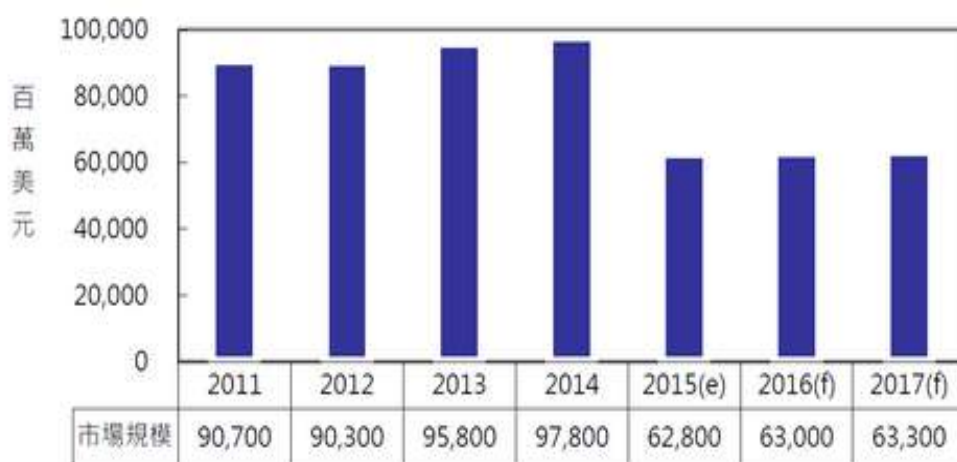
資料來源：EIA, Monthly Biodiesel Production, 2015/03

在生質能產業方面，則以生質燃料為大宗。生質能產業包含上游的原料，中游的生質燃料生產，以及下游的摻配銷售與應用。上游原料主要有動植物油脂、廢食用油、能源作

物與農林業廢棄物；中游生質燃料生產則可概分為生質酒精 (Bio-ethanol)、生質柴油 (Biodiesel) 等液態燃料，生質顆粒 (Wood Pellet/Bio Pellet)、廢棄物衍生燃料 (Residual Derived Fuel；RDF) 等固態燃料與沼氣等氣態燃料的生產製造。下游應用端主要分為交通運輸用燃料以及生質熱能與電能供應之電力與燃氣供應。

目前全球生質燃料產業發展狀況，係以生質酒精與生質柴油等液態生質燃料為主要發展項目，其他液態生質燃料與生質固態燃料與氣態燃料產業規模僅占不到 1%。

2011 年至 2017 年全球生質酒精生質燃料市場趨勢，請見圖 32。



資料來源：工研院 IEK 整理。

圖 32 2013 年至 2017 年全球生質燃料市場規模趨勢

(四)小結

目前發展生質能之政策主要以能源使用為主，如訂定車用生質燃料添加比例等政策，然而，對於生質能產業發展具重要影響之料源供應問題，目前相關政策支持乃現階段發展生質能瓶頸之一。

是故，供應穩定之料源以及經濟競爭力成為發展生質能產業之重要關鍵，另外，近期相對低價之原油價格，也成為發展生質燃料之障礙之一，2014 年全球生質燃料市場規模約達 978 億美元，較 2013 年微幅成長 2.1%。2014 年儘管全球料源供給趨於穩定，產業獲利回升，但受到第四季全球原油價格大幅下降影響，整體市場規模僅小幅增長。

頁岩油氣產量銳增與產油國間市場競爭為此波全球原油價格大幅下降主因，且短中期並沒有回升之趨勢，預期將續衝擊生質燃料產品價格，並影響主要國家再生能源政策目標設定，2015 年全球生質燃料市場規模預期將下跌 35.8%，約達 628 億美元。

二、海洋能

(一)海洋能發展現況

海洋覆蓋地球表面積達三分之二以上，蘊藏著豐富的海洋能源可供開發使用，海洋能源除具有能量巨大、可以再生、無環境污染之虞等優點外，尚有不需陸地空間等等優勢，是一種具潛力的再生能源。海洋能源包含了可利用的再生能源（潮汐、海流、波浪、溫差等），依其能量轉換方式的不同可分為：利用每天潮流漲落的位能差產生電力之潮汐能源（Tidal Energy）；利用海洋中的洋流推動水輪機發電之海流發電（Tidal/marine Currents）；利用波浪運動的位能差、往復力或浮力產生動力之波浪能源（Wave Energy）；利用深層海水與表層海水之溫差汽化工作流體帶動渦輪機發電之海洋溫差能源（Ocean Thermal Energy Conversion，簡稱 OTEC）。新能源方面則包含海底天然氣水合物，一種存在深海地層富含天然氣的白色冰狀物質，其含有機碳的總蘊藏量據調查（Kvenvolden，1988）約是傳統化石燃料儲量的兩倍，是由化石燃料過渡到綠色再生能源利用的階段可供使用的海洋能源。

目前世界上已有潮汐發電廠、潮流發電廠、波浪發電廠及溫差發電廠在試驗運轉中，但海洋能的技術仍在研發階段，開發及利用成本過高等等也是重要的因素，各類海洋能技術發展階段，詳請見圖 33。

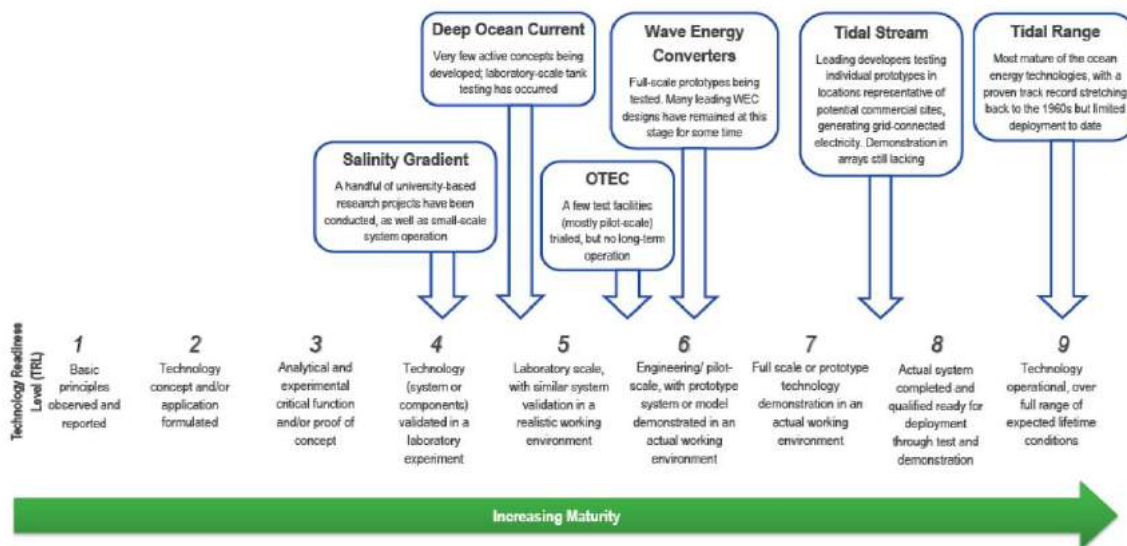


圖 33 海洋能技術發展階段

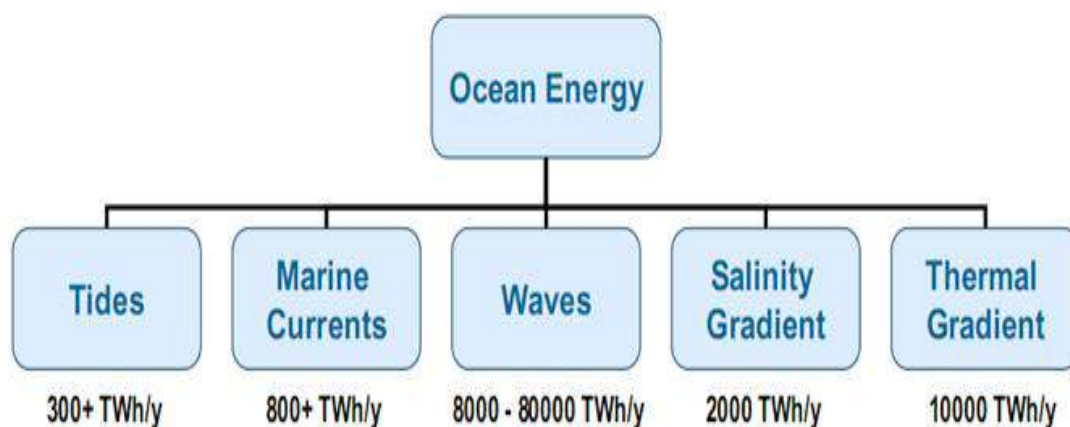
資料來源：IRENA, 2014

國際上在海洋能領域方面的技術開發已初具結果，從國外發展經驗來看，以技術較成熟的潮汐發電為例，根據 WEC (2001) 的調查，1980 年代中期到 1992 年英國在潮汐能源的

研究上投入了數百萬英鎊的經費，主要評估了兩個場址：一在 Severn（平均大潮潮差為 12 公尺）；另一位於 Mersey Estuary（平均大潮潮差為 8 公尺），研究顯示潮汐發電所產生的經濟效益不及其他再生能源。英國同時也投資了 4 個小尺度的發電計畫，目前也都在初期可行性評估階段。另外，澳洲曾經評估在 Derby 鎮附近潮汐能源開發的可行性，但 Derby 潮汐發電計畫委員會將此提案與另一化石燃料發電廠相互比較評定後，決定捨棄 Derby 潮汐發電計畫。近三、四年來美國的 Tidal Electric 公司又重新對多壩槽設計產生興趣。此公司在阿拉斯加、智利、英國等具有高潮差地區推行此概念。藉由對三個儲水槽中的水的移動，可以產生連續性的發電。但目前為止，尚未有任何計畫進入建造階段。

(二)海洋能技術發展

海洋能可分為波浪能、潮汐能及海水鹽溫差等，目前海洋能發電已進行研究開發的有溫差、波浪、潮差與洋流發電等四種：海洋溫差能是利用海水表層溫水與深層海冷水的落差轉換成能量；波浪能是海面在風的作用下產生的能量，波浪的能量與波高的平方和波動水域面積成正比；潮差能是漲退潮間的位能，潮汐的能量與潮差大小和潮量成正比；海洋能與潮差一樣都是海水流動產生的動能，但海洋較潮差動能更大。各類海洋能分類及潛力詳請見圖 34，並分述其技術發展與潛力如後。



資料來源： IEA, 2010.

圖 34 各類海洋能發展潛力

1.波浪能

海洋波浪是由太陽能源轉換而來，因太陽輻射不均勻與地殼冷卻及地球自轉造成風，風吹過海面又形成波浪，波浪產生的能量與風速成一定比例。而波浪起伏造成水的運動，此運動包括波浪運動的位能差、往復力或浮力產生的動力來發電，因此，波浪能為海洋能

中能量較不穩定又無規律的能源。

波浪轉換系統通常可分為三部分。第一部分為擷取系統，將分散的入射波浪聚集於一區域上，提高波浪的振幅與能量密度。第二部分為轉換系統，把獲取的波浪能量轉換成電能。第三部分則是儲能系統。波浪能發電系統可設置於海岸線或離岸的近海區域，各有優缺點。設置於海岸線的發電系統較容易安裝及維修，不需要深水繫泊與非常長的海底輸配電纜，缺點是波浪能易遭地形破壞，符合條件的波浪能獲取場址較少，通常會利用各種聚波技術來補償因為海岸地形所造成的波浪能損失。設置於離岸之波浪能發電系統，雖然傳輸成本及線路損失較大，但因動力來源隨波浪振幅的平方增加且結構性成本較海岸線區域少，就成本效益而言，離岸波浪能發電應比設於海岸線波浪能發電為高。不過，此系統的長期發電穩定性及成本效益監測等問題仍待克服。

波浪能潛力方面，依 IPCC 預估，全球波浪能潛力為每年發電量為 8,000TWh，最具潛力之地區分別為北極地區、南美洲海岸、印度洋等，其潛力分布圖請見圖 35。

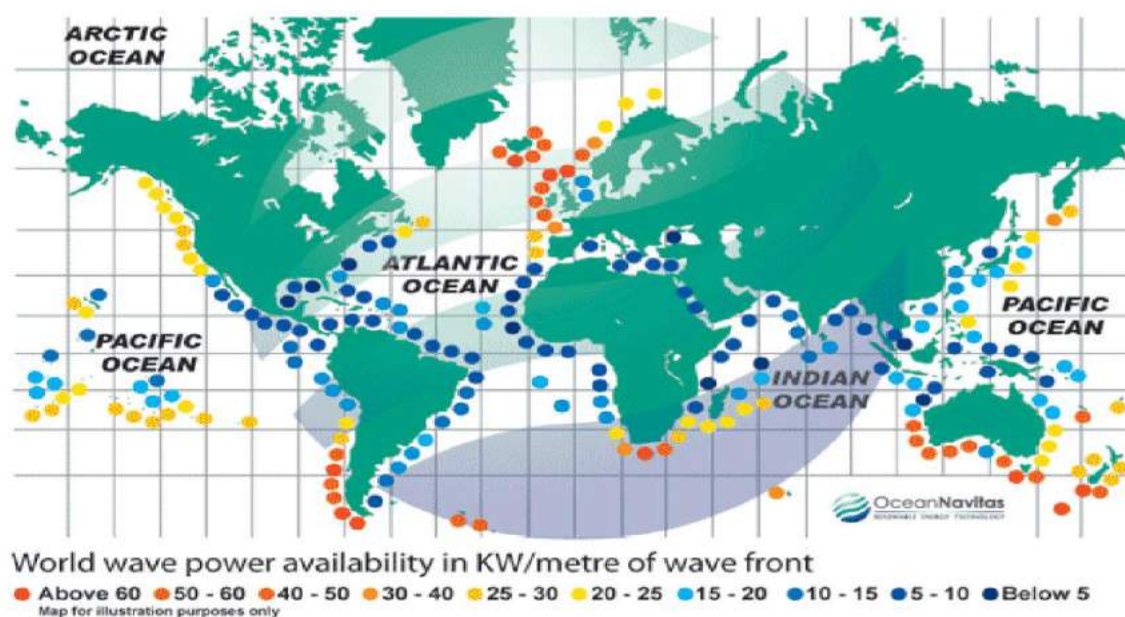


圖 35 全球海洋能潛力分佈

資料來源：IEA, Marine Energy, 2010.

計算海洋能之能量方式為，在深水中其波長超過水深之半，因此，以 P 代表每單位海洋能最大之波浪長度， H_{m0} 為明顯之波浪高度， T 代表波浪期間， ρ 為波浪密度， g 為重力加速度，因此，波浪能為波浪期間與波浪高度之平方，故將波浪能於漲潮時之能量寫作：

$$P = \frac{\rho g^2}{64\pi} H_{m0}^2 T \approx \left(0.5 \frac{\text{kW}}{\text{m}^3 \cdot \text{s}} \right) H_{m0}^2 T$$

波浪能之技術發展方面，目前共有震越頂式(Overtopping)、震盪水柱型(OWC)與點吸收式(Oscillating Body)等，主要轉換海洋能之型式請見圖 36。

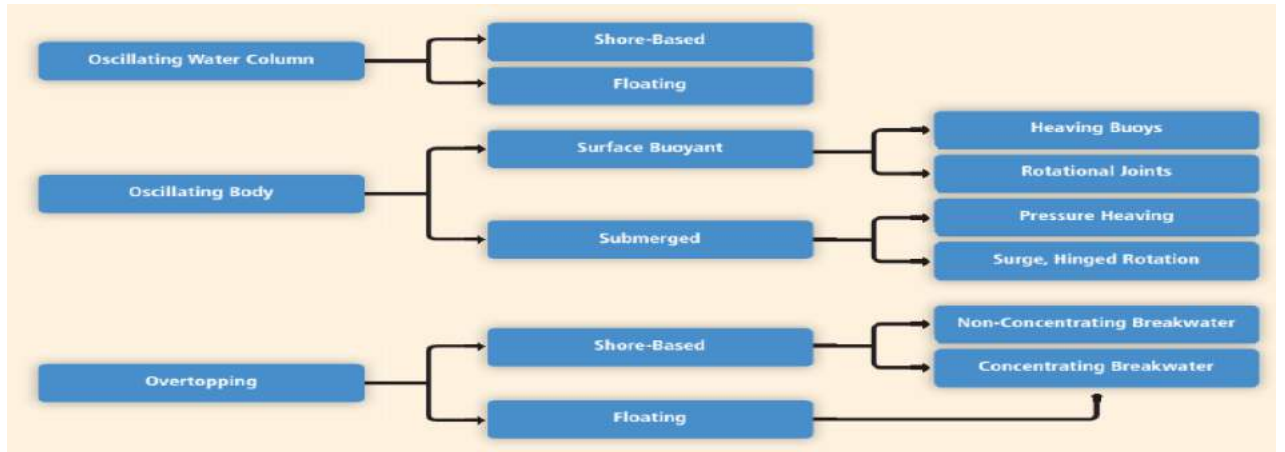


圖 36 波浪能轉換技術

(1)震盪水柱型：利用波浪上下之運動，帶動空氣上下流動來轉動渦輪進行發電，請見圖 37 示意。

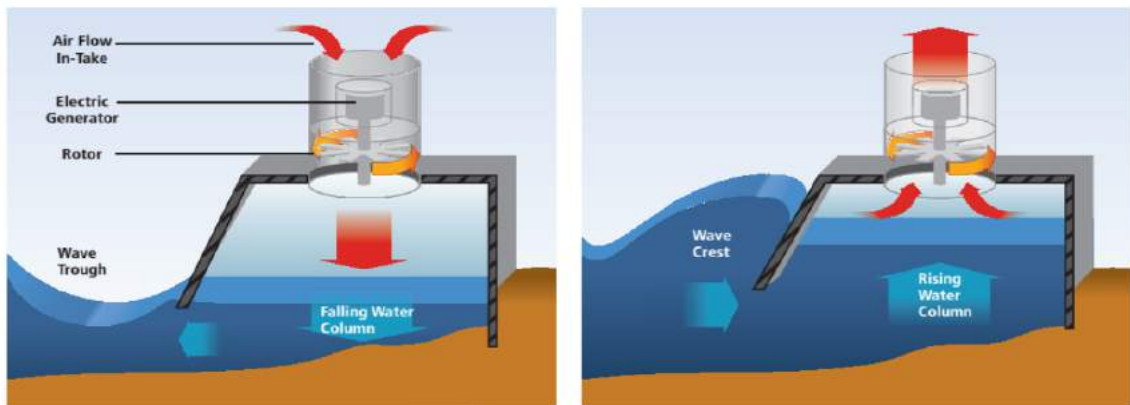


圖 37 震盪水柱型示意圖

(2)越波型：此類型波浪能發電技術乃透過收集波浪越過結構物的海水來轉動渦輪機進行發電，如圖 38。

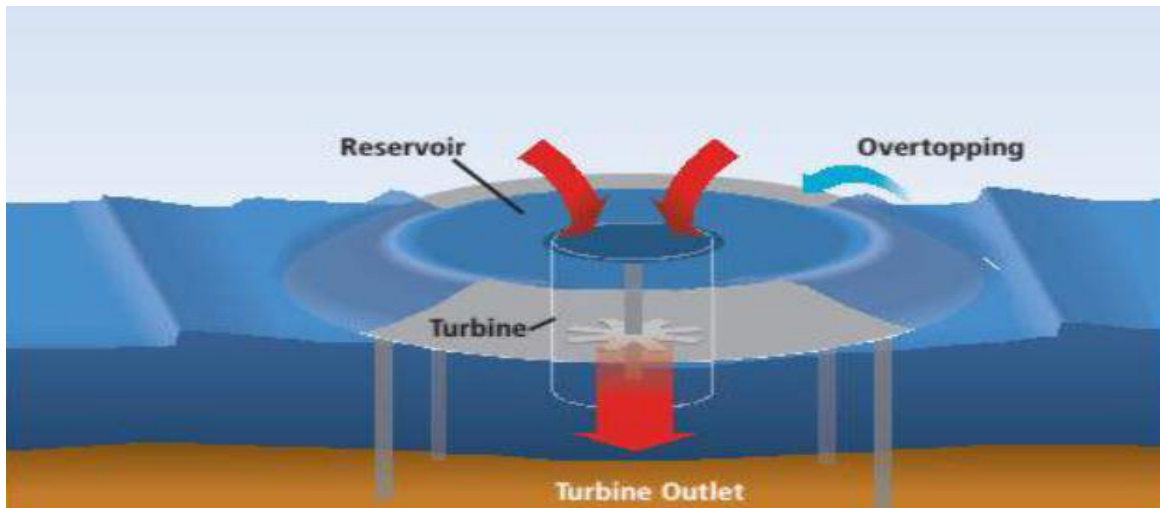


圖 38 越波型示意圖

(3)點吸收式：裝置設置於海面上，跟著表面波浪運動進行發電，如圖 39。

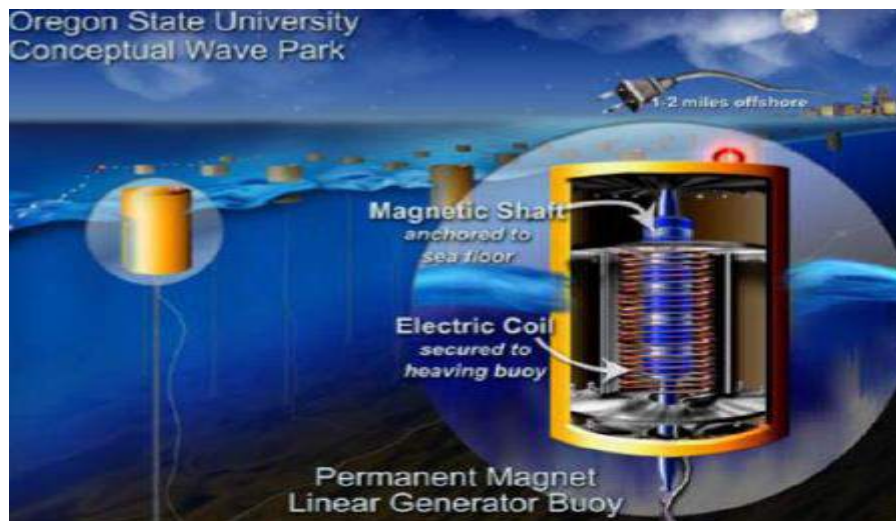


圖 39 點吸收式示意圖

2.潮汐能

因為太陽、月亮作用於地球的萬有引力與地球自轉運動使得海洋水位形成高低變化，這種高低變化，稱之為潮汐。潮汐發電就是利用漲潮與退潮來發電，與水力發電原理類似。當漲潮時海水自外流入，推動水輪機產生動力發電，退潮時海水退回大海，再一次推動水輪機發電。

潮汐發電與普通水利發電原理類似。在漲潮時將海水儲存在水庫內，以勢能的形式保存；在落潮時放出海水，利用高、低潮位之間的落差，推動水輪機旋轉，帶動發電機發電。差別在於海水與河水不同，蓄積的海水落差不大，但流量較大，並且呈間歇性，從而潮汐發電的水輪機結構要適合低水頭、大流量的特點。潮水的流動與河水的流動不同，因此其方向不斷變化。(如圖 40)

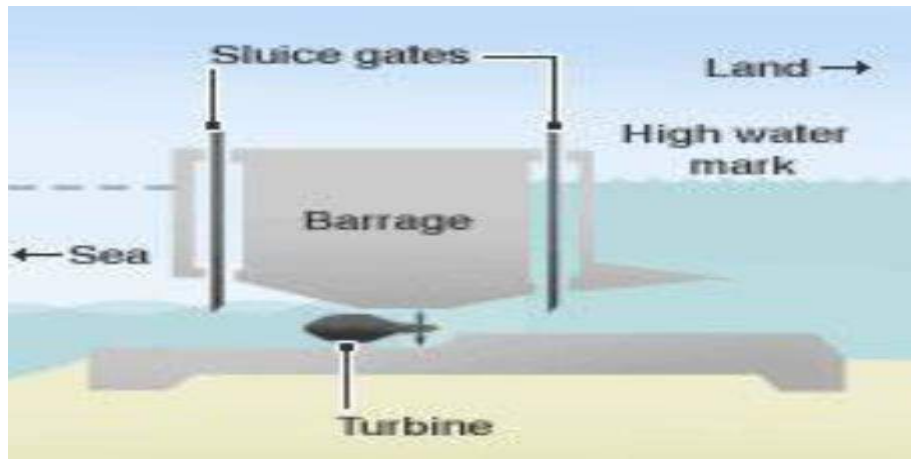


圖 40 潮汐發電示意圖

潮汐發電有以下三種形式（如圖 41）：

- (1)單池單向發電：先在海灣築堤設閘，漲潮時開閘引水入庫，落潮時便放水驅動水輪機組發電。這種類型的電站只能在落潮時發電，一天兩次，每次最多 5 小時。
- (2)單池雙向發電：為在漲潮進水和落潮出水時都能發電，盡量做到在漲潮和落潮時都能發電，人們便使用了巧妙的迴路設施或設置雙向水輪機組，以提高潮汐的利用率。
- (3)雙池雙向發電：配置高低兩個不同的水庫來進行雙向發電。

然而，前兩種類型都不能在平潮（沒有水位差）或停潮時水庫中水放完的情況下發出電壓比較平穩的電力。第三種方式不僅在漲落潮全過程中都可連續不斷發電，還能使電力輸出比較平穩。它特別適用於那些孤立海島，使海島可隨時不間斷地得到平穩的電力供應。它有上下兩個蓄潮水庫，並配有小型抽水蓄能電站。但有一定的電力損失。

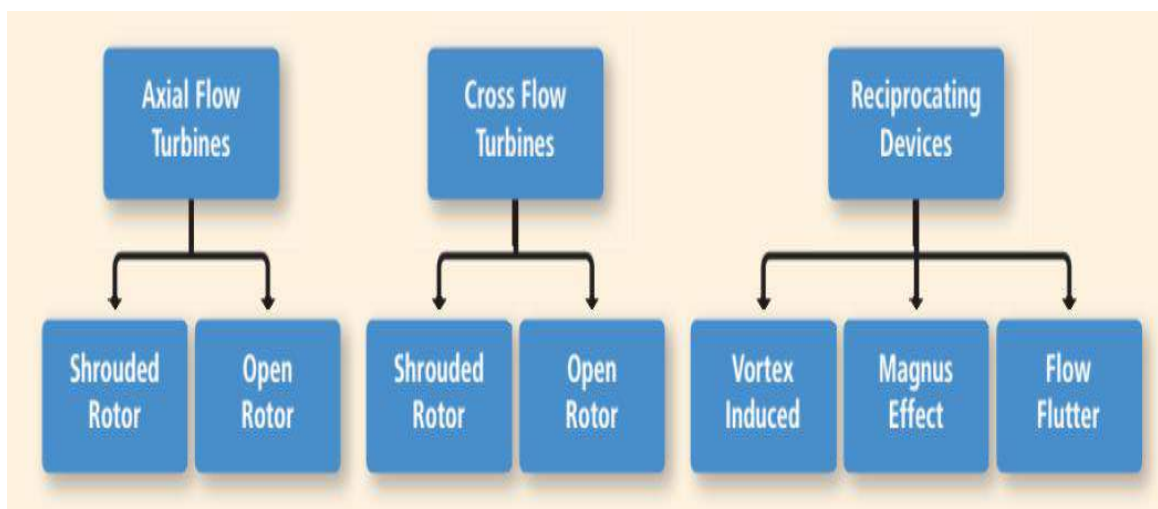


圖 41 潮汐能轉換技術

(1)潮汐流發電機

潮汐流發電機 (TSGs) 利用了流水的動能驅動渦輪機，一種類似於風力渦輪機利用流動空氣的發電方式。和潮汐堰壩相比，由於其低成本和低生態影響，這個方法受到越來越多歡迎。

(2) 潮汐堰壩

潮汐堰利用了勢能在高低潮時的高度不同。堰壩本質上是橫跨潮汐河口全寬的水壩，且受限於高昂的民用基礎建設成本、全球短缺的可行地點以及環境問題。

(3) 動態潮汐能

動態潮汐能開發了潮汐流在勢能和動能間的交互作用。該理論認為：從海岸一直延伸入大海建造（如：30-50 公里長）大壩，無封閉區域。大壩的存在及規模引入潮汐之相位差異，和當地的潮汐波長相比，大壩的大小不容忽視。這導致整個大壩的液壓壓頭差異。大壩的水輪機被用來轉換大量電能（每個大壩 6000-15000 兆瓦）。淺海沿海海域具有與海岸平行震蕩的強大的潮汐波，如在英國、中國大陸和韓國，因而大壩兩側水位會產生明顯差異（至少 2-3 公尺）。

潮汐能發電機可分為二大類，一為水平軸發電機、另為垂直軸發電機。

(1) 潮垂直渦輪機（如圖 42）：包括拖曳式及升力式渦輪機，其中升力式渦輪機較具發展潛力，一般而且垂直輪渦輪機具有三片或四片機翼剖面之葉片。

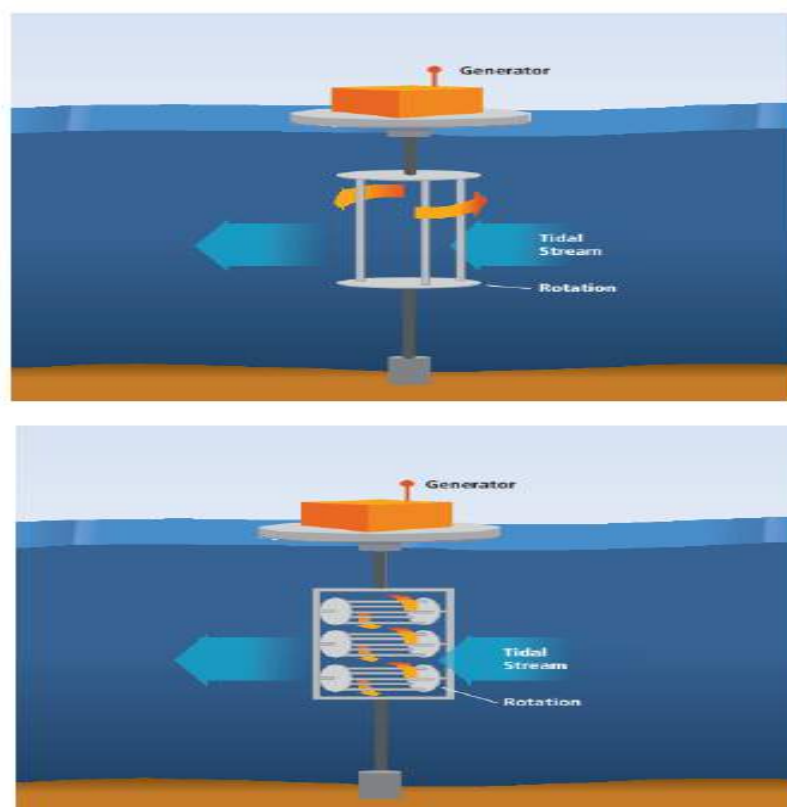


圖 42 垂直軸渦輪機示意圖

(2)水平軸（如圖 43）：

其架構類似風力渦輪機，其原理與風力發電機相同。



圖 43 水平軸渦輪機示意圖

3.海洋溫差能

溫差發電是利用海洋表面溫度和深層海水之間溫差，造成工作流體的相變化推動發電機產生電力，溫差達 20 度以上具有開發的經濟效益，其原理如圖 44 所示。

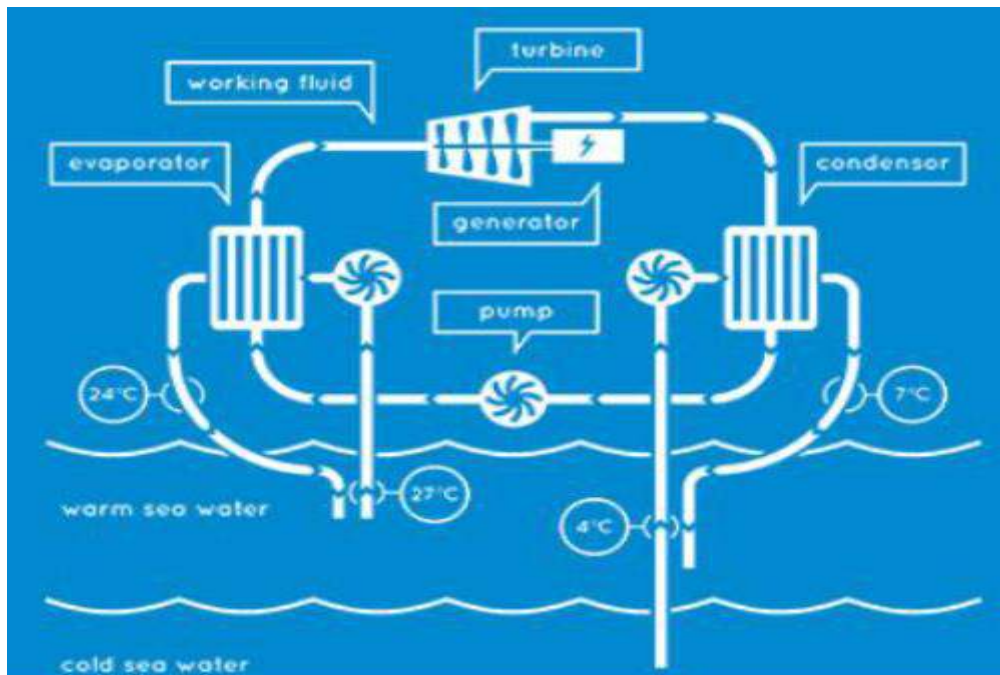


圖 44 海洋溫差發電示意圖

海洋為最大的太陽能收集和貯存器。一般在熱帶地區，地層與 1000 米深之海水溫差可達 25°C。理論上，只要有溫差存在，即可抽取能量。溫差愈大，則海洋熱能轉換之效率愈高，成本愈低，因此，海洋熱能轉換最適合熱帶與亞熱帶地區之發展。全球海洋溫度請見圖 45。

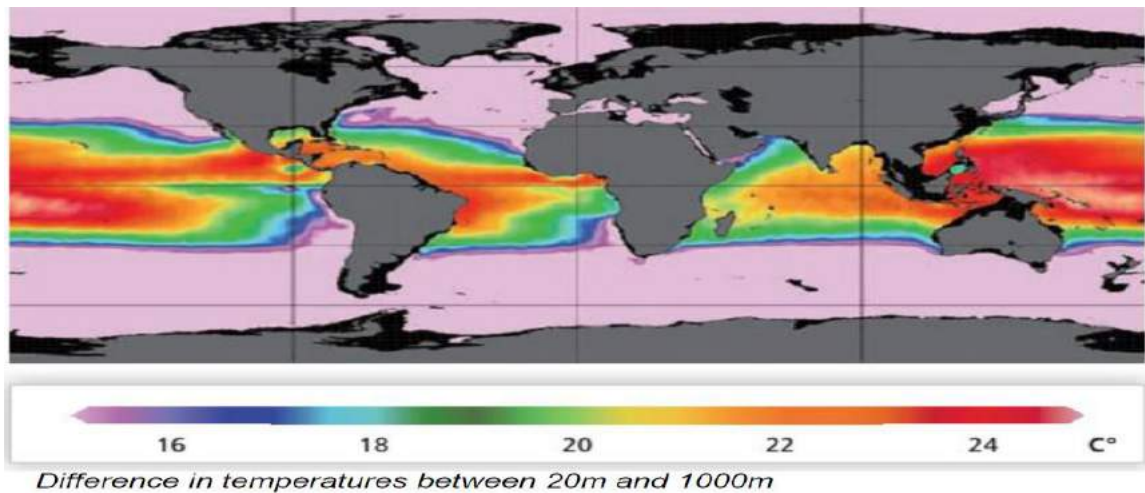


圖 45 全球海洋溫度圖

海洋溫差發電之技術可分為封閉式循環系統及開放循環系統。

封閉式循環系統 (Closed-cycle systems) 係將氨封閉在一管路，熱海水經熱交換器，使液態氨在蒸發槽蒸發為氨蒸汽(氨的沸點比水低很多)。在凝結槽，由冷海水透過熱交換器，使氨蒸汽凝結為液態氨。同樣的蒸發槽與凝結槽之間，存在一具有壓力差的氨蒸汽流，如裝一具渦輪機則可發電。目前封閉式循環的技術比較成熟，此種海洋溫差發電的基本原理與火力發電或核能發電相似（如圖 46）。

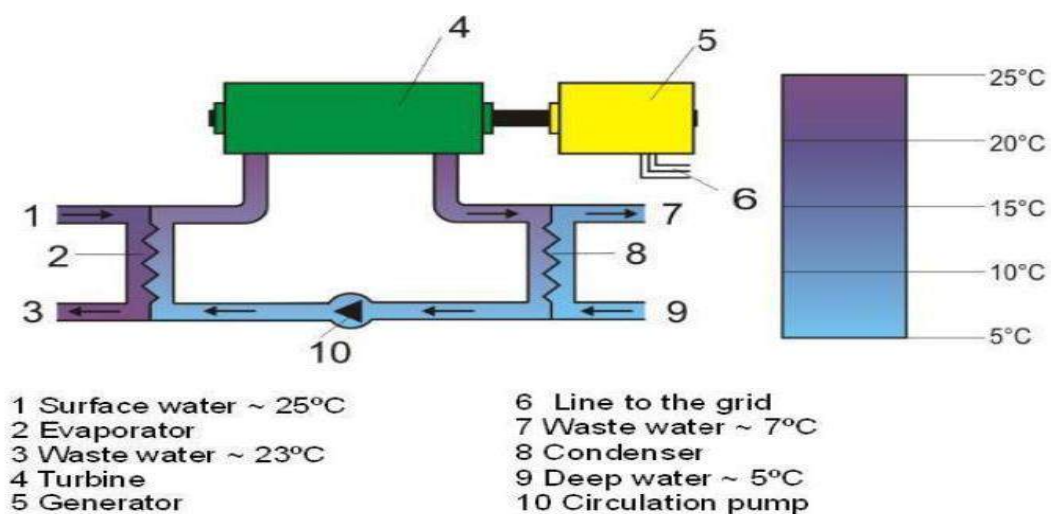


圖 46 封閉式循環發電示意圖

另一種「開放式循環」發電，則係將表層 25°C 海水中體不易液化溶解的氣體除去，如 CO₂、N₂、O₂ 等，再放於真空蒸發槽內，則海水沸騰產生水蒸汽，將水蒸汽引到凝結槽，由

約 5°C 的冷海水使水蒸汽凝結為水，壓力降低。在蒸發槽與凝結槽之間存在一具有壓力差的蒸汽流，如果在其間加上渦輪機即可發電（如圖 47）。

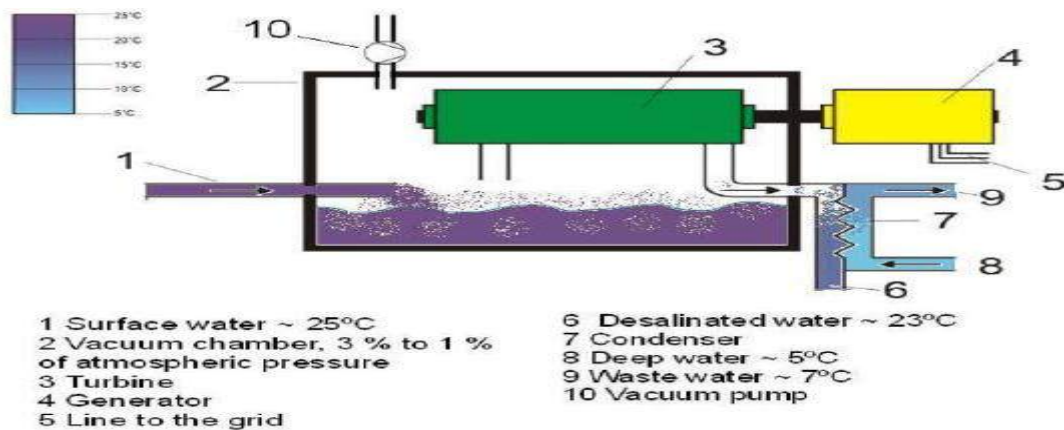
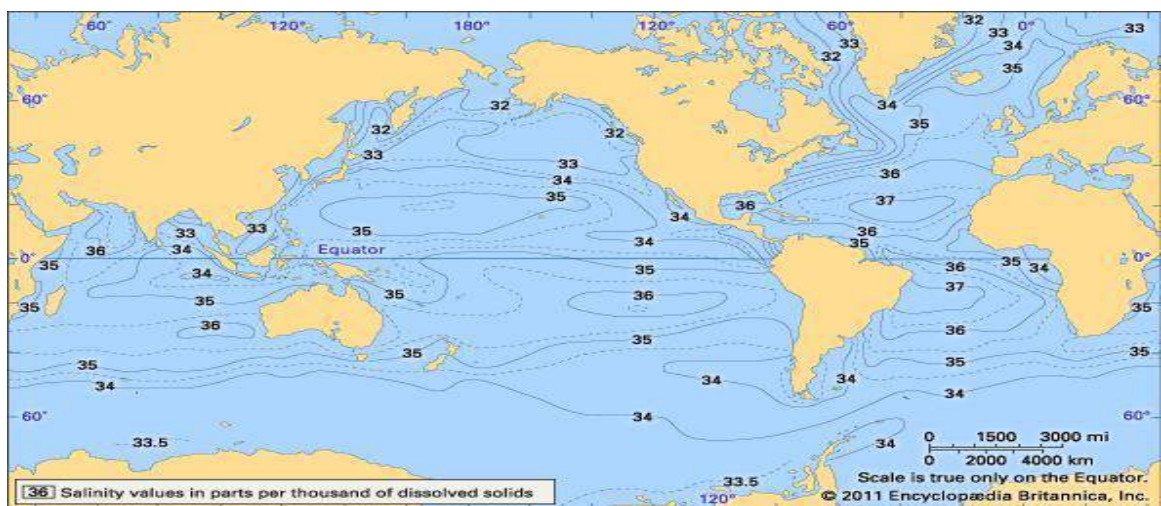


圖 47 開放式循環發電示意圖

4. 海洋鹽差能

海洋鹽差能為利用海水鹹水和淡水之間的鹽度濃淡不同之化學電位差能，在海水和河水相交匯處容易產生鹹淡水，一些淡水充足的地方也可用鹽湖和地下鹽礦生產鹽差能，鹽差能是海洋能中密度最大之能源。具體主要有滲透壓式、蒸汽壓式和機械—化學式等，其中滲透壓式方案最受重視。海洋鹽差能之比溫差能大。淡水豐富地區的鹽湖和地下鹽礦也可以利用鹽差能。全球海洋鹽差能之潛力分佈，詳請見圖 48。



資料來源：Encyclopædia, 2011.

圖 48 全球海洋鹽差能潛力分佈

該項能源之優點為無重大污染排放，且可再生並適合於小型或大型規模電廠，缺點則為開發海洋能需面對之共同問題-成本效益與技術發展，為求達到必要的效率，一些電廠設備尚待開發，且需要大筆建廠投資成本，大多數用於建築與機器，以及能源成本受薄膜成本與效率的影響大。

5.小結

海洋能蘊藏量高，為極具潛力的再生能源，但是海洋能量密度低且工程環境挑戰大，因此海洋能源開發必須仰賴前瞻的海洋能科技。目前海洋能相關的技術成熟度較低，多數的技術介於實驗室規模到示範運轉階段，已大規模商轉的技術尚寡，因此開發高效率、低成本的海洋能利用技術仍有甚大的發展空間。

三、風力能

風能是因空氣流動而產生的一種可利用的能量。空氣流具有的動能稱風能。空氣流速越高，它的動能越大。用風車可以把風的動能轉化為的有用的機械能；而用風力發動機可以把風的動能轉化為有用的電力，方法是透過傳動軸，將轉子（由以空氣動力推動的扇葉組成）的旋轉動力傳送至發電機。

(一)發電原理

風力機藉由空氣的氣動力作用轉動葉片，將風的動能轉換成電能。風能與風葉掃摺面積及風速三次方成正比，風速愈大，風能愈高，可產出的電力也愈多，因此選擇良好的風場極為重要，至於實際發出功率則必須考慮葉片效率、傳動機械效率、發電機效率與電力轉換器效率等因素。在能量轉換的過程中，會發生些許損耗，以致於風力機無法將全部風能轉換成電能。一般而言，風力機將風能轉換為電能的輸出效率約 20~40%。

風能密度 (wind-power density) 是氣流在單位時間內垂直通過單位面積的風能（如圖 49），通過單位截面積的風所含的能量稱為風能密度，常以瓦/平方公尺來表示。它是描述一個地方風能潛力的最方便最有價值的量，但是在實際當中風速每時每刻都在變化，不能使用某個瞬時風速值來計算風能密度，只有長期風速觀察資料才能反映其規律，故引出了平均風能密度的概念。

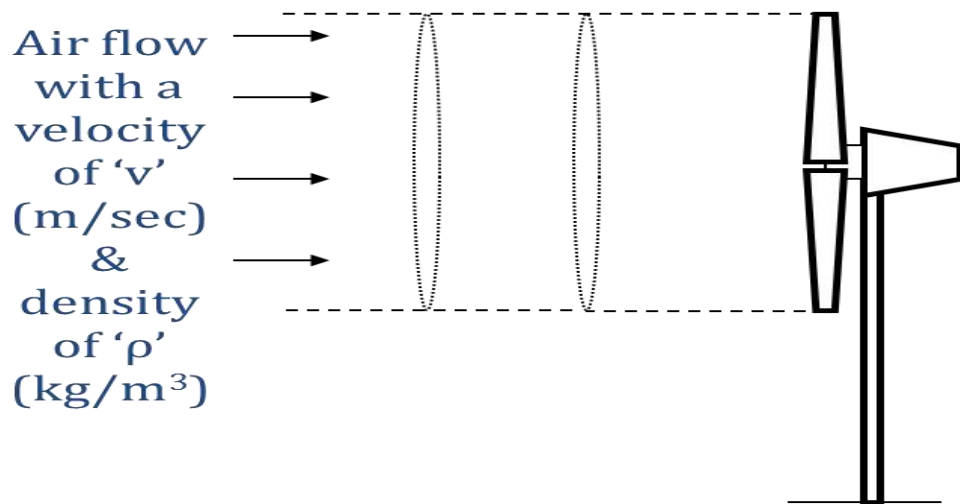


圖 49 風能密度

風能密度是決定風能潛力大小的重要因素。風能密度和空氣的密度有直接關係，而空氣的密度則取決於氣壓和溫度。因此，不同地方、不同條件的風能密度是不同的。一般說，海邊地勢低，氣壓高，空氣密度大，風能密度也就高。在這種情況下，若有適當的風速，風能潛力自然大。高山氣壓低，空氣稀薄，風能密度就小些。但是如果高山風速大，氣溫低，仍然會有相當的風能潛力。所以說，風能密度大，風速又大，則風能潛力最好。

(二)風力能技術

運用風能來發電的技術稱為風力發電。風力發電按其設計的方式與結構可分為垂直軸風力發電機 (Vertical Axis Wind Turbine, VAWT) 及水平軸風力發電機 (Horizontal Axis Wind Turbine, HAWT) 兩種，如圖 50。

水平軸風力發電機之轉動軸與風向平行。若依葉片受力，可區分成升力或阻力型；若依葉片數，則有單葉、雙葉、三葉或多葉型；若依風向，則有逆風和順風型，逆風型轉子即葉片正對著風向。大部分水平軸式風力發電機其葉片會隨風向變化而必須不斷調整位置，因此較易受地形、地物之影響。

垂直軸風力發電機之轉動軸與風向成垂直。此型之優點為設計較簡單，因為不必隨風向改變而調整方向，葉片之旋轉是藉作用於順風和逆風葉片 部分之阻力差異。

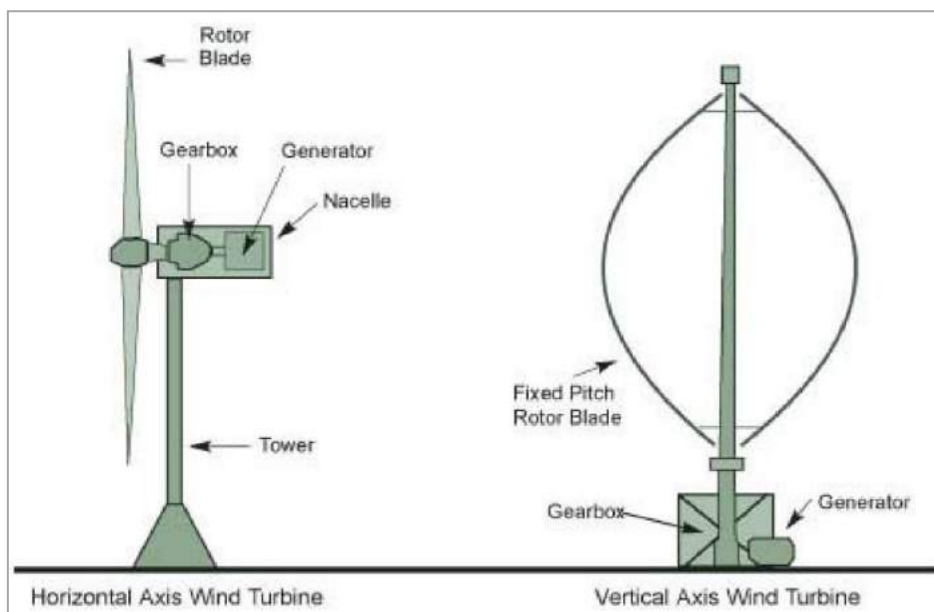


圖 50 水平軸與垂直軸風力機示意圖

風力發電的特點為單機容量越大，製造的單位成本越低，然而相對技術難度較高。為了降低發電成本，風力機朝大型化發展為長久不變的趨勢（如圖 51），目前已商業化的陸域風力機，單機容量最大為 8MW 風力機，轉子直徑達 164 公尺。不過陸域風力機受限於運輸條件、視覺景觀、居民生活影響等因素，目前普遍使用的最大容量為 3~5MW 風力機，更大型的機組基本上應用於離岸風場。

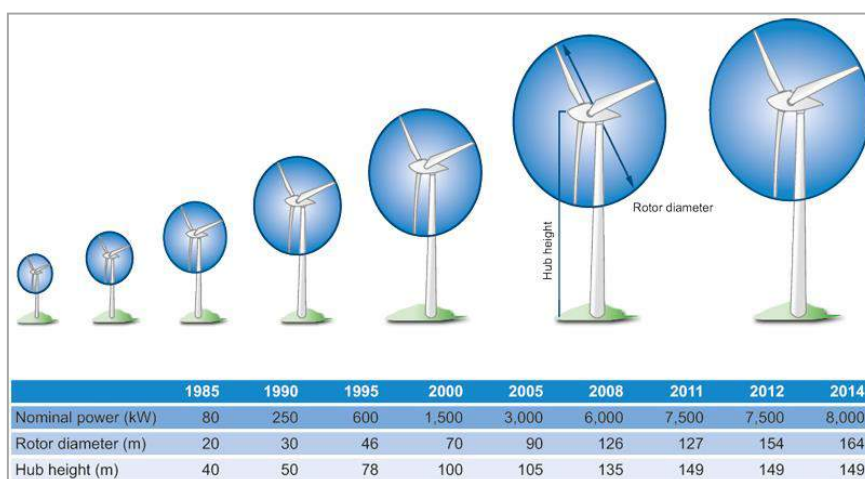


圖 51 大型風力機發展趨勢

目前已投入開發的最大陸域風電產品為 Repower 的 7.5MW 風力機，正進行試運轉中；最大的離岸風力機則是 Sterling 宣布投入的 20MW 風力機，其次為 GE Gamesa 的 15MW 風力機，超過 10MW 以上的風力機商用化目標均放在 2020 年以後。

觀察風力發電技術的發展趨勢，在發電機的設計上，單機裝置容量、塔架高度與葉片長度均有朝巨大化的方向發展。根據美國能源部的資料顯示，美國在 2014 年新安裝的風力發電機，平均單機裝置容量已超過 1.9MW，相較 1998 - 1999 年增加約 172%，在塔架高度及葉片直徑部分，2014 年平均塔高為 82.7 公尺，葉片直徑為 99.4 公尺，分別比 1998—1999 年增加 48%及 108%，巨大化的技術發展有助於風力發電機捕獲更多風能資源，以彌補後續開發風況場址較差之劣勢。

目前陸域風力機各家廠商的產品外觀均相當類似，為一支直立的塔架上面有機艙，機艙前方有三支葉片，風力發電葉片最適數量介於二片與三片之間，兩葉片與三葉片效能接近。雖然兩葉片比三葉片少一支葉片，可節省葉片的成本，但是兩葉片外觀上不如三葉片協調，當葉片旋轉與塔架成一直線時，外觀像是一支矛，由於造型不討喜，很少廠商採用此設計，目前幾乎所有的陸域風力機均為三片葉片，兩片葉片風力機近乎絕跡。

不過離岸風力由於遠離人類居住地，對於景觀協調要求較低，為追求在單位海域上獲得最大風能，大型化風力機為必然趨勢。在造型上，目前離岸風電產品主流仍是三葉片風力機，但是非典型的風力機結構再度興起，英國 Wind Power Limited 開發的 Aerogenerator X 10MW 風力機，葉片呈現 V 字型，兩端各有延伸葉片；為 Sterling 開發的 20MW 風力機，風力機造型像漏斗，前端開口較大，將風能收集到中間狹窄處，在此裝設發電機發電。三支葉片造型的風力機在離岸風電應用仍是主流，但是非典型造型的風力機比例將會提升。

風力發電系統在外部條件如風況、場址確定，另外，整體規格如發電量與認證等級也確認後，就會進入細部元件的選用或設計。扣除掉結構性元件，如塔架、機艙、鼻錐、輪轂等大型鑄件，其餘就是負責能量傳遞的關鍵元件。

(三)離岸風力

風力發電的成本接近天然氣發電，是目前較經濟的再生能源之一。自「京都議定書」生效後，氣候變遷促使國際對二氧化碳減量的承諾逐漸形成共識，其中，風力發電可協助二氧化碳減量，歐洲國家雖曾設法在陸上擴大風力機組裝置容量，但適當的陸上風場越來越少，且民眾對風力機組的噪音、陰影閃爍及視野障礙有不同意見，因此，走向大海的離岸式風力發電已成為未來發展趨勢。海上風能較陸上平均多出 40%產能，但設置成本比陸上多約 60%，並且風險相對較高，唯有提高可用率及延長使用壽命才能永續經營。儘管如此，與更為昂貴的太陽光電相比，發電量大的離岸風電顯得相對有利。

海上風速通常較陸上約大 20%，攫取風能可增加 72%，且塔架不必做得太高。同時，氣流較陸上穩定，風機疲勞載荷較小，壽命較陸上提高 25%。遠離陸地，景觀、噪音及光

影問題小，可自由提高轉速以增加效率。場址用地取得較陸上單純，不易發生抗爭，且塔底形成魚礁可引來魚群，增加漁獲量。、靜風期少，每年滿載小時較陸上長久，有利擴大發電量。未來風機可更大型化，容易達到經濟規模，可縮短回收期。

風之強弱程度，通常用風力等級來表示（表 6），而風力的等級，可由地面或海面物體被風吹動之情形加以估計之。目前國際通用之風力估計，係以蒲福風級為標準。蒲福氏為英國海軍上將，於 1805 年首創風力分級標準。先僅用於海上，後亦用於陸上，並屢經修訂，乃成今日通用之風級。共分為 18 個等級，通常等級 3 以上的場域可設置風力發電機組。

表 6 風力等級暨對應風速

Classes of wind power density at 10 m and 50 m				
Wind Power Class	10 m (33 ft)		50 m (164 ft)	
	Wind Power Density (W/m ²)	Speed m/s (mph)	Wind Power Density (W/m ²)	Speed m/s (mph)
1	0	0	0	
2	100	4.4 (9.8)	200	5.6 (12.5)
3	150	5.1 (11.5)	300	6.4 (14.3)
4	200	5.6 (12.5)	400	7.0 (15.7)
5	250	6.0 (13.4)	500	7.5 (16.8)
6	300	6.4 (14.3)	600	8.0 (17.9)
7	400	7.0 (15.7)	800	8.8 (19.7)
	1000	9.4 (21.1)	2000	11.9 (26.6)

截至 2014 年全球風力發電已達 369.6GW，每年有 10% 的成長率，預計在 2019 年可達 666.1GW（圖 52）；而在風力使用國之前三名分別為中國、美國與德國，由此可見風力發電之重要性。而目前風力發電之設置趨勢為離岸海上風電，每年度有 20% 的成長率，但維修較困難，因此在效率上必須要高才能打平，未來將會設計以在海上飄浮方式，而不是以單樁打入海床，但這技術層次更高，因此在製作上也較困難。

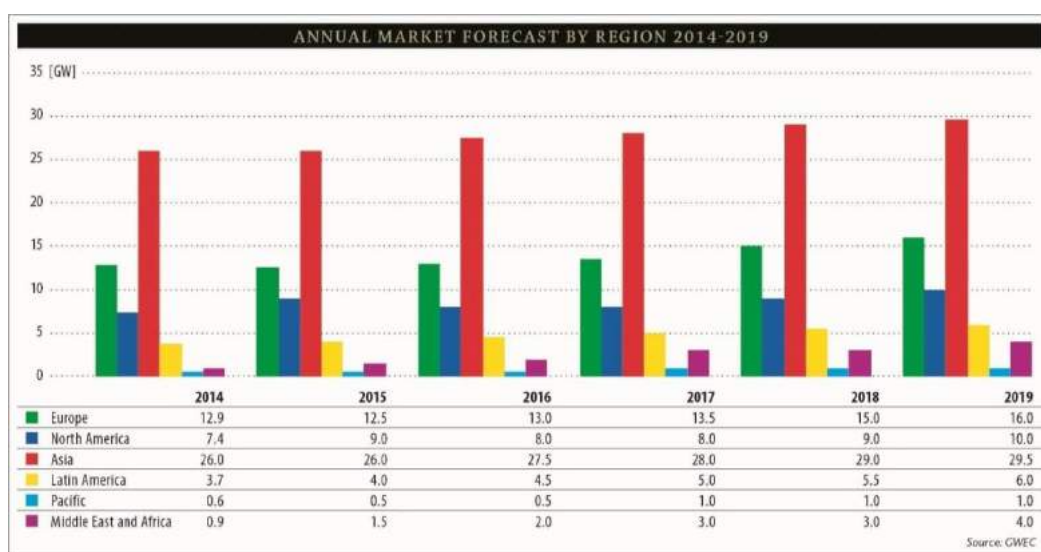


圖 52 2019 年風力發電市場預測

(四)風力發電投資成本分析

根據 IRENA(2012)報告指出，離岸風場的成本結構與陸域型風場差異很大，風力機在陸域風場建造成本中約占 70~75%，但離岸風場建造成本僅占 40~50%，其他約 50%的成本包括：基礎 (Foundation) 建造、電網併聯、海底電纜等。根據 Windpower Monthly (2010) 的估計，離岸型風場之平均建造成本約為 300 萬歐元/MW，超過陸域型風場平均成本的 2 倍，如何降低能源成本 (Cost of Energy, COE) 為各國努力之方向。

為降低風力發電成本，需由風電設備、海事工程與法規制度同時解決，才能達成目標。依據國際能源總署 (IEA) 統計，風力發電成本降低，40%來自研發 (R&D)結果，其他 60%主要源於市場需求與有效率的政策支持所致。

相對於陸域風場，海上風場具有較強風力與較少亂流，相同的風力機在海上能擷取更多風能，單機容量的提升可相對降低風場總投資成本、帶動發電成本之降低，現階段全球廠商皆以大型化離岸風力機為研發方向。

相較陸域風電開發，離岸風電開發具「雙高」特性—風險高、成本高，因此世界主要國家在推動離岸風力發電皆由示範性計畫開始，例如德國建置 Fino1~Fino3 研究平台，由政府出資進行海流、波浪、測風、生態、併網及控制等議題研究，並建立首座離岸示範風場—Alpha Ventus。英國則是採取 3 階段投入離岸風場開發，規劃於 2020 年總建置量將超過 47GW，並占英國用電 25%以上，首要推出示範計畫—Beatrice，設置 2 座離岸 5MW 遠離陸地的深水風力發電場。

四、地熱能

地熱能是從地殼抽取的天然熱能，這種能量來自地球內部的熔岩，並以熱力形式存在，是引致火山爆發及地震的能量。地球內部的溫度高達攝氏 7000 度，在 80 至 100 公里的深度處，溫度會降至攝氏 650 度至 1200 度。熔岩湧至離地面 1 至 5 公里的地殼，透過地下水的流動，熱力得以被轉送至較接近地面的地方。高溫的熔岩將附近的地下水加熱，這些加熱了的水最終會滲出地面。

人類很早以前就開始利用地熱能，例如利用溫泉沐浴、醫療，利用地下熱水取暖、建造農作物溫室、水產養殖及烘乾穀物等。但真正認識地熱資源並進行較大規模的開發利用卻是始於 20 世紀中葉。

(一)發電原理

地熱能源有別於其他再生能源，它具有地球內部自產能源的特色，而且在既定開發時間內其能源產出量是固定，不像太陽能或風力能有著供應不穩定的情形。地熱應用的領域

可分為熱能及電能兩項，其中在熱能方面應用頗早，有工業應用、農業應用及觀光休憩的多目標功能，自古溫泉就用於沐浴、理療、烹調以及有用礦物成分的收集；而地熱若從能源利用的觀點而言，以利用於發電最有效率，因為發電後電力輸送比直接熱能利用時必須輸送大量熱水容易，而且電廠可以就近建造於地熱區內，比較不受地理環境的限制，因此在擁有高溫地熱資源的國家，皆以發電為地熱優先利用的項目，同時發電後的餘熱（蒸汽或熱水）可以繼續發展各種熱能的利用。

全世界第一個地熱發電例始於 1904 年在義大利應用 10 kW 的發電，美國在 1922 年建立了世界第二座的地熱發電廠，而全球開發應用的風潮則在二次世界大戰之後正式展開。

根據國際地熱協會 (International Geothermal Associate) 統計截至 2014 年為止，全世界已有 24 個國家設有地熱發電廠，總裝置容量合計約 12,594MW。其中發電量前 5 大之國家為美國、菲律賓、印尼、墨西哥、義大利 (圖 53)；在 2005 至 2010 年 5 年間裝置容量增加超過 100MW 之國家則有美國、印尼、冰島、紐西蘭、肯亞；成長比例超過 50%之國家有德國、巴布亞新幾內亞、澳洲、土耳其、冰島、瓜地馬拉、肯亞、印尼。推估未來全球地熱發電國家則可成長至 46 個，新增國家包括阿爾及利亞、亞美尼亞、加拿大、捷克、吉布地、希臘、宏都拉斯、匈牙利、伊朗、拉脫維亞、波蘭、羅馬尼亞、斯洛伐克、西班牙、瑞士、荷蘭、英國、智利、祕魯及玻利維亞等。

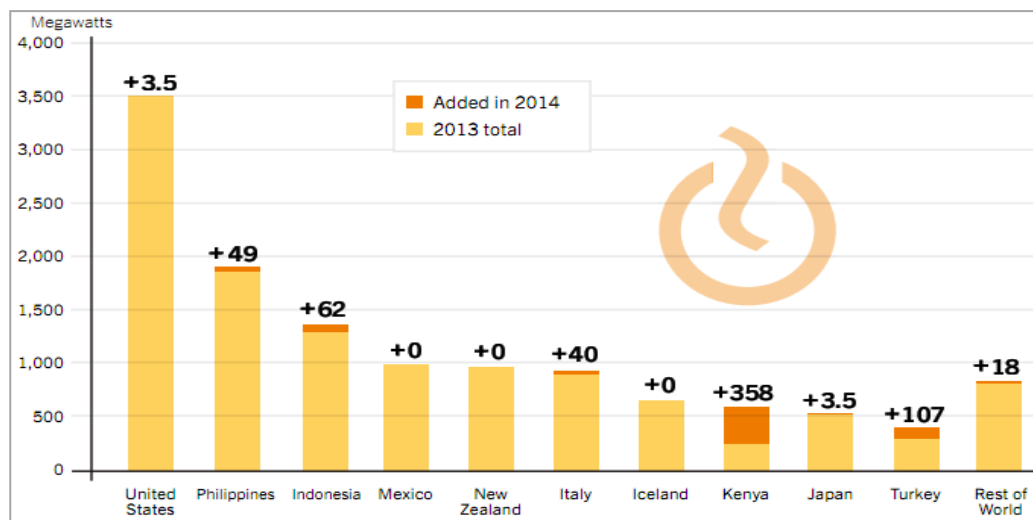


圖 53 地熱發展國際趨勢

現行對地熱發電開發方式可概分為傳統型地熱系統與非傳統型地熱系統；其中傳統型地熱之開發需運用各種專業技術（如：地質、電機、電磁、地球化學、甚至地震…等）調查地熱儲集層位置，若地熱儲集層條件符合時則進行鑽井工作（一般深度約 1,500~3,000 公尺），完成後，熱水和蒸汽即自然迅速上升（或經泵浦抽至地表）；其一般之溫度介於 120~370

°C，可利用不同型式之發電機組進行發電。

非傳統型地熱系統係以工程方法萃取地下高溫岩體中之熱能至地表再加以應用，而因為地層深度越深溫度越高，蘊含的熱能也就越大所以也稱之深層地熱系統（一般深度約 3,000~6,000 公尺），根據估計深層地熱之發電潛能約為地球石化燃料發電潛能之 1,300 倍。

(二)地熱發電技術

地熱電力是指利用地熱加熱地下水變成蒸氣，以啟動渦輪機來產生的電力。其發電原理與火力發電相同，不同的是地熱發電不需要燃料與鍋爐，地熱本身是熱源，只需將蒸氣引進，就可達到發電的目的。

由於地熱流體溫度不夠高，因此地熱電廠的熱效率 (thermal efficiency)較低。由熱力學定律得知，這樣的低溫會限制熱機 (heat engine) 在發電過程中抽取有用能量的效率。為了產生較多的能量，發電時需要溫度較高的地熱田與專門的熱循環 (heat cycle)。現今發電技術主要有四種應用系統：地熱蒸汽發電系統、雙循環發電系統，分別介紹如下：

地熱蒸汽發電系統：本系統分成「乾蒸汽 (dry steam) 式」(圖 54) 與「閃發蒸汽 (flash steam) 式」(圖 55) 發電兩種，前者是直接利用地熱乾蒸汽（150°C 或超過）來轉動渦輪機發電，為最簡單及古老的方法。後者將高溫地熱水通入低壓槽使其閃化成蒸汽，再經蒸氣與熱水分離器除去熱水，由閃化蒸汽（180°C 或超過）啟動渦輪機發電，這是目前最常運轉的發電形式。

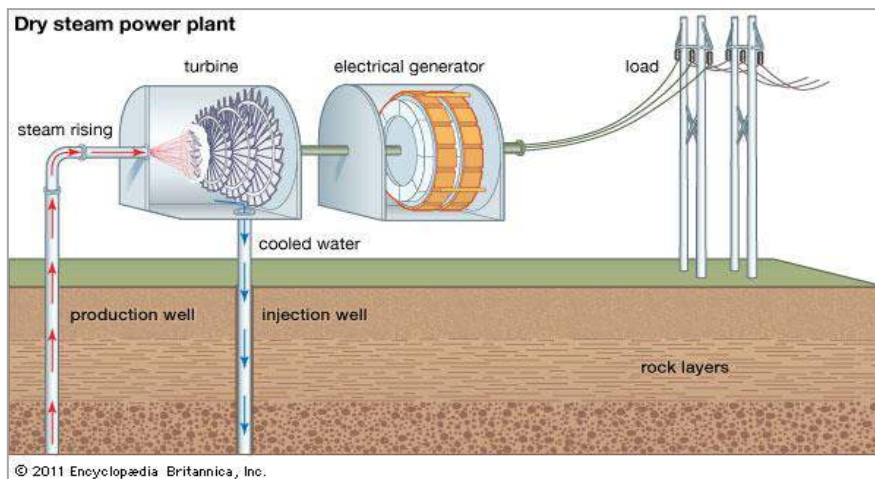


圖 54 乾蒸汽式

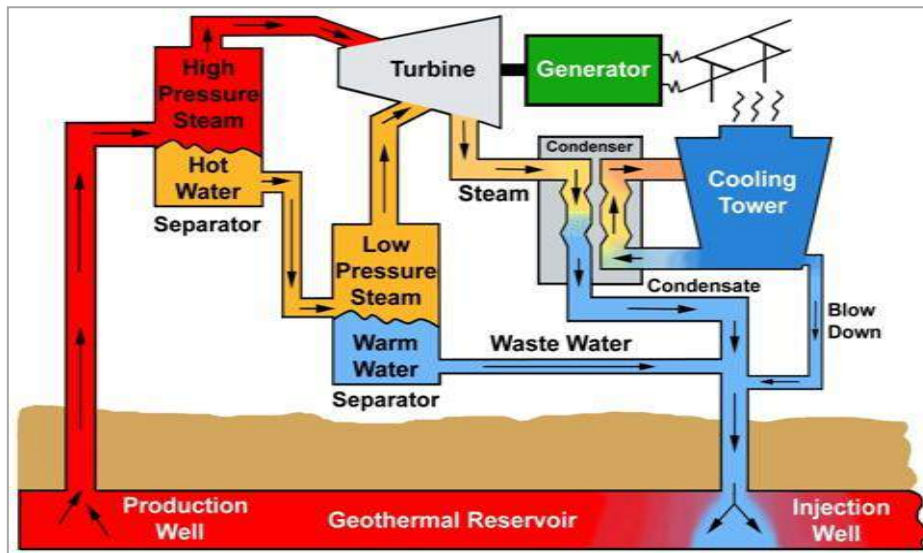


圖 55 閃發蒸汽式

雙循環 (Binary cycle) 發電系統 (圖 56)：為最近發展的系統，可接受 57°C 低溫的地熱流體，藉熱交換器使低沸點介質流體氣化成蒸氣，來推動渦輪機發電。這是目前建造地熱電廠普遍使用的系統。

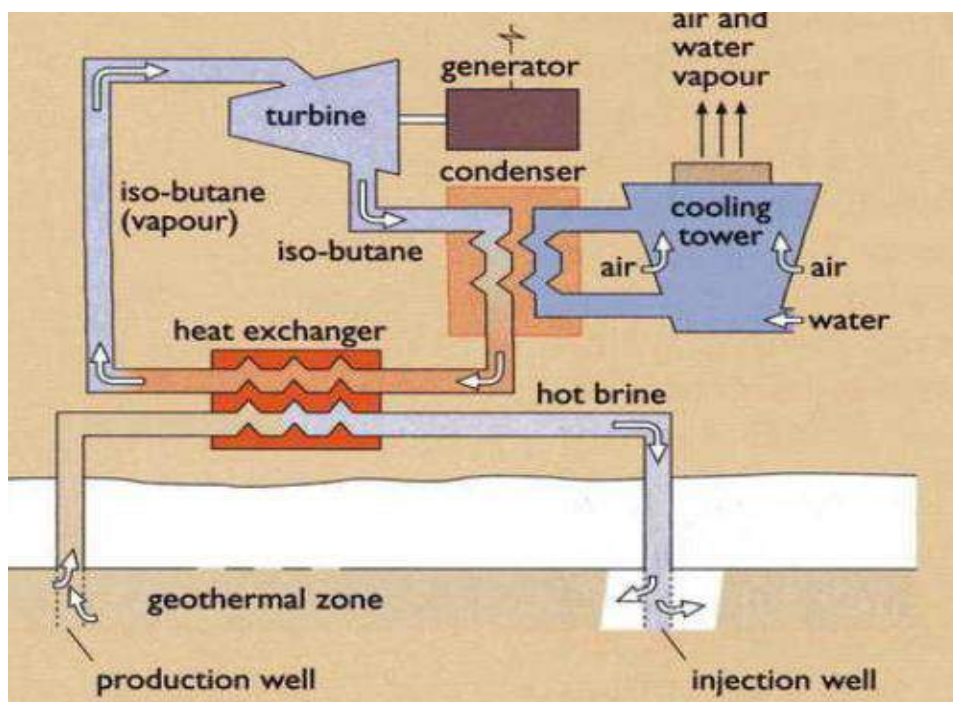


圖 56 雙循環 (Binary cycle) 發電系統

由於地熱電廠數目的成長與容量因素 (Capacity factor) 的改進，地熱發電以每年 3% 速率成長。因為地熱電力不靠像風力渦輪機或太陽能面板的短暫的能源，它的容量因素可提高到 90%。

目前開發深層地熱之代表技術為增強型地熱系統技術 (Enhanced geothermal system, EGS)，

圖 57)，為利用水力破裂方法在地下深處製造裂隙形成人工之熱儲集層 (Engineered Artificial Reservoir)，再藉由打入地下之水體進入熱儲集層帶出熱能回流到地表，作為發電使用。深層地熱的開發，可應用於一般性的地溫梯度地區 (一般地溫梯度 $30^{\circ}\text{C}/\text{km}$)，突破以往地熱資源僅侷限於特定地熱區的制約，達到有效利用地球內部之熱能，並提供低污染、可永續利用之能源替代方案。近年來由於鑽鑿技術與材料、人工製造裂隙技術及量測技術的提升，開發深度可達 3,000 公尺以上之高溫岩體熱能，已逐漸成為可行技術。

EGS 潛能龐大，預估至 2050 年全球 EGS 發電裝置容量有 85% 的機率達 70 GWe。從第一個 Fenton Hill EGS 場址至今，EGS 已有約 40 年的發展經驗，至少有 18 個以上的 EGS 場址設置運轉經驗，陸續有商轉級 EGS 電廠運轉，EGS 的開發已是地熱的新顯學。

由於 EGS 技術開發需藉由場址設置來驗證其可行性，初期投入成本較高，需藉由跨團隊的資金與研發能量進行整合開發。歐盟的 ENGINE 由 16 個來自歐盟及 3 個非歐盟的 35 個研發團隊共同組成，目標為在 2020 年前降低 20% 的探勘成本，降低 20~30% 的鑽井成本，及提高熱電轉換效率 20%，希冀推動歐洲 EGS 普及化，其在高溫井測器具研發及地熱儲集層工程誘發地震規範可做為借鏡及技術引進參考。

美國將 EGS 的開發以困難度區分為較易成功的傳統地熱區內 In Field EGS，開發難度中性的近傳統地熱區 Near Field EGS，以及開發難度最高的典型 Greenfield EGS。目前結合美國強大的研究機構、學術單位與民間公司之技術能量，能源部的研究基金補助比例達 47%-70%，同時進行上述三種 EGS 的技術開發 (分析工具、資源探勘評估、人工儲集層製造及儲集層維護) 與 5 個場址驗證，目標在 2020 年達成 5 個 EGS 電廠建置並運轉 5 年以上，2030 年 EGS 成本降至 0.06 美元/kWh，2050 年達成全美 100 GWe 地熱發電裝置容量及 EGS 技術輸出。澳洲雖無地熱相關產業，但該國政府在 EGS 開發上先進行初期探勘調查並公告可開發之 EGS 土地後，由民間公司透過公開募股自行籌備開發基金，再進行後續 EGS 的目標區探勘、鑽井與電廠建置。

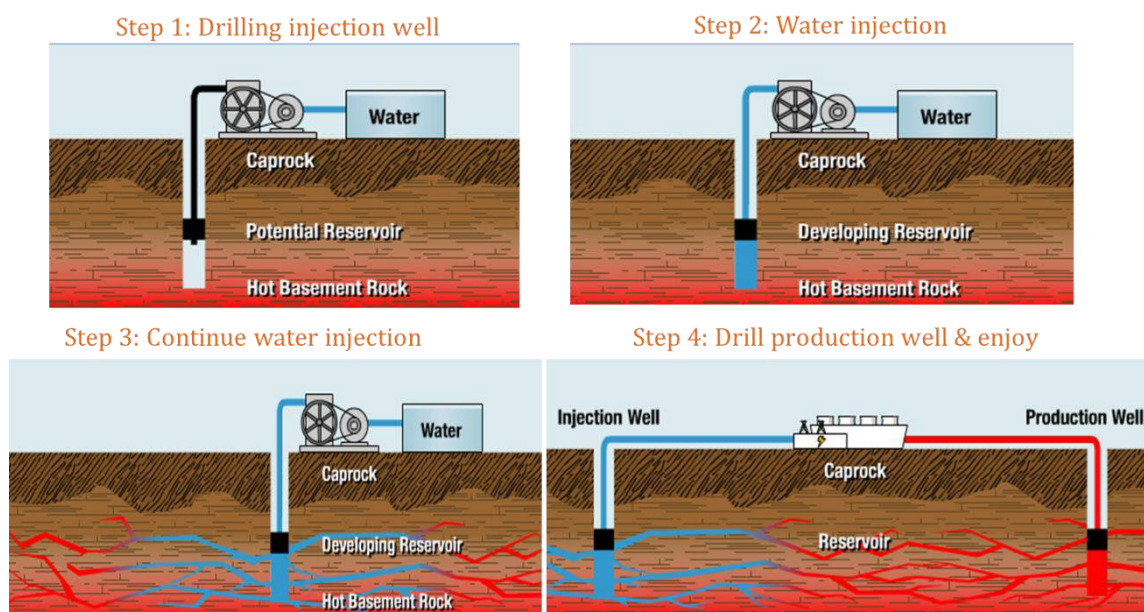


圖 57 增強型地熱系統技術

五、水力能

水力發電溯自公元 1876 年西歐最先開發利用，至 18 世紀末世界各地始普遍利用，及至 19 世紀末葉，為因應電力系統調度需要，歐洲復開發抽蓄水力發電，將價值低之離峰電能轉換成高價值之尖峰電力。水力發電主要可分成慣常水力及抽蓄水力發電兩種使用方式，慣常水力發電純為藉由水之流動而產生電能，無須任何燃料且不排放污染物，發電成本具競爭力；且因其應載迅速，為最佳之尖峰電源之一。抽蓄水力則利用離峰時之多餘電力抽水而於尖峰時發電，為調節尖、離峰用電之最佳負載管理方式；惟其利用基載機組產出之電能抽水，需加計燃料成本，故其發電成本較慣常水力稍高。

水力發電技術發展已逾百年，技術與經驗已相當成熟，過去水力發電結合防洪、灌溉及用水等功能之多目標開發，促成了許多城市的繁榮與經濟的發展。然而大型水庫對環境、社會及人文造成一定程度的衝擊，因此歐美等已開發國家已朝向對環境較為友善之非水庫式中小型發電發展；並不斷地改善技術，以減低對環境生態的影響。但開發中國家，如中國大陸及巴西等，為追求電力充足與經濟成長，仍不斷地開發大型水庫，如三峽大壩工程。

(一)發電原理

水力開拓的必要條件是「落差」與「流量」。而落差的形成是在河流上游適當的地方建築一座水壩，攔阻河水以抬高水位，或引水使其順著輸水管路送到下游的水力發電廠取得落差，利用落差改變所產生的動能推動廠內的水輪發電機，把天然的水力轉變為可用的電力。此一過程系將水的位能與動能，藉由水輪機轉變為機械能，推動發電機產生電能。

利用水的位能轉為水輪的機械能，再以機械能推動發電機而得到電力。如果要建置一座水壩來開發水力能以及進行水力發電，河川水量的供應及水位的高低將決定水壩的經濟價值。水力發電依照裝機容量的大小可分為小型、中型與大型水力發電，近年來為降低對於河川環境的影響，以開發小水力發電為主。水的輸出功率約為高度差乘上流速，再乘上重力加速度(Water Power (W) = Head (m) x Flow (m³/s) x Gravity (m/s²))。

(二)發電種類

川流式電廠（圖 58、臺灣大多屬於此類型）：一年的大部分時間依河川的自然流量運轉，流量大時，輸出電力可達設計時全廠總容量。流量小時，可能只輸出全廠容量不到三分之一的電力。當河川流量大於全廠總發電所需的水量時，多餘的水量無法利用，只好直接排放到下游去，此部分時間應該是一年的一小部分時間。簡言之，川流式發電廠依河川自然流量運轉，流量太多時無法儲存，故其無法依據電力系統負載之需求來調節發電機組輸出，一般均作為「基載電廠」（可提供長時間穩定運轉且變動成本低的發電廠）。川流發電廠所利用的落差範圍甚廣，高可達數百公尺，低可為 20 公尺以下。臺灣大多數的水力發電廠屬於此型式。

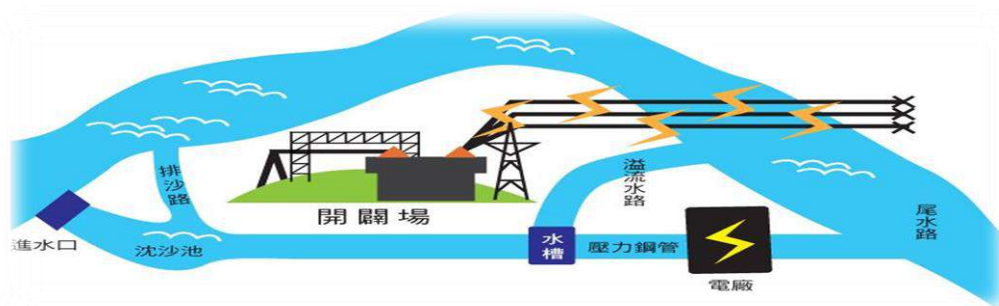


圖 58 川流式電廠

調整池式電廠（圖 59）：水量運用的主要情況和川流發電廠相同，只是它的蓄水池較川流式水壩蓄水量大，蓄水量與自然流量充分配合時，可使全廠各機滿載運轉若干小時。河川的自然流量如果超過蓄水池容量，過多水量只好任其溢去。取水口設於水壩側旁，不受水流直接衝擊的地方。取水口與廠房間，有一段相當長的距離，以便取得足夠的落差。台電公司為要應付負載的尖峰，蓄水量甚為重要。調整池可以調整發電廠用水量與河川自然流量之差值以配合電力系統負載需求。

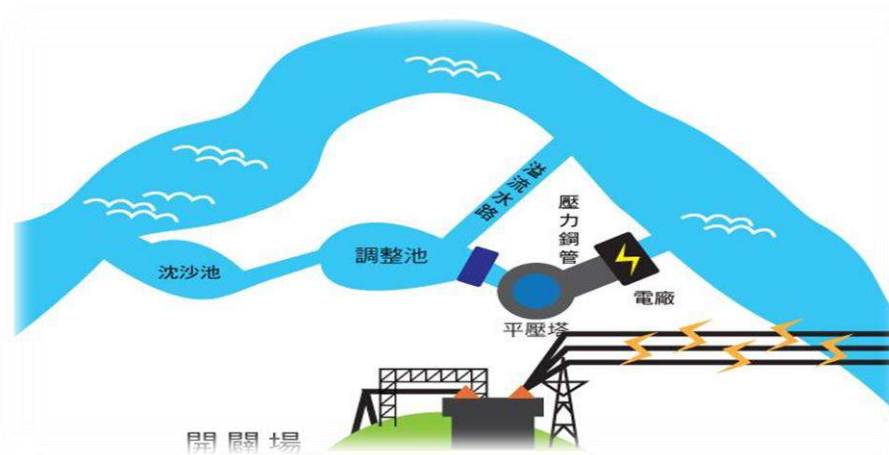


圖 59 調整池式電廠

水庫式電廠（圖 60）：運轉情況視電力系統負載的需要而定，可作為尖載電廠（擔任尖載電廠通常必須具備快速的升降負載能力）。水庫的型式不外乎下列兩種，由攔河壩之壩後迴水所造成者，以及利用天然湖泊加以整理後而成者。壩本身即設有進水口或取水塔，通入廠房即為水壓鋼管直至水輪機，而再無其他水路。

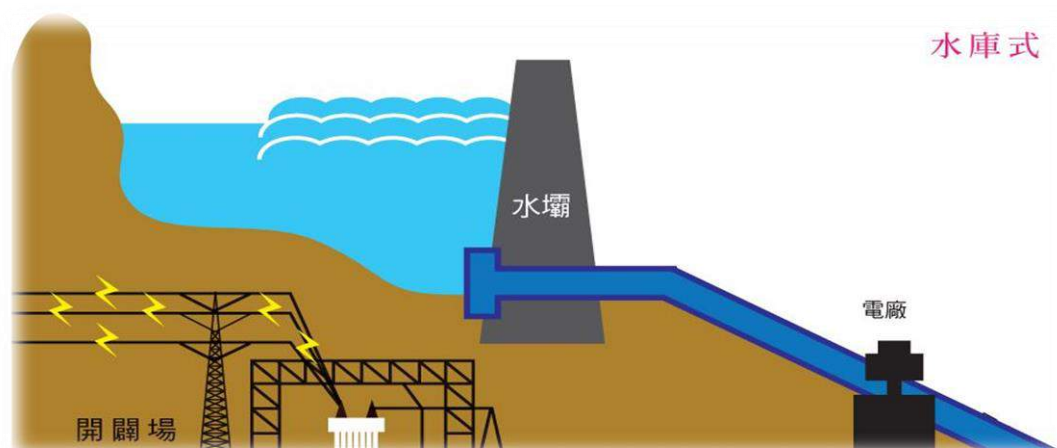


圖 60 水庫式電廠

抽蓄式電廠（圖 61）：在工業社會裡，一天的用電量有很大的變化，深夜用電約僅白天的六成。由於近年來國內經濟起飛，用電量急遽增加，為提高機組效率以降低發電成本，發電機組逐漸大型化，而擔任基載的核能及大型火力機組為了運轉效率不能大量減載，故於深夜用電量少時必有剩餘，但白天尖峰時段之發電量又常不足，抽蓄機組恰可利用離峰時剩餘之電能，抽取下池之水貯存於上池，於尖峰時再利用上池放水發電，以補充系統尖峰發電量之不足，也就是把深夜多餘的電能，轉變為水的位能儲存起來，供第二天白天使用。

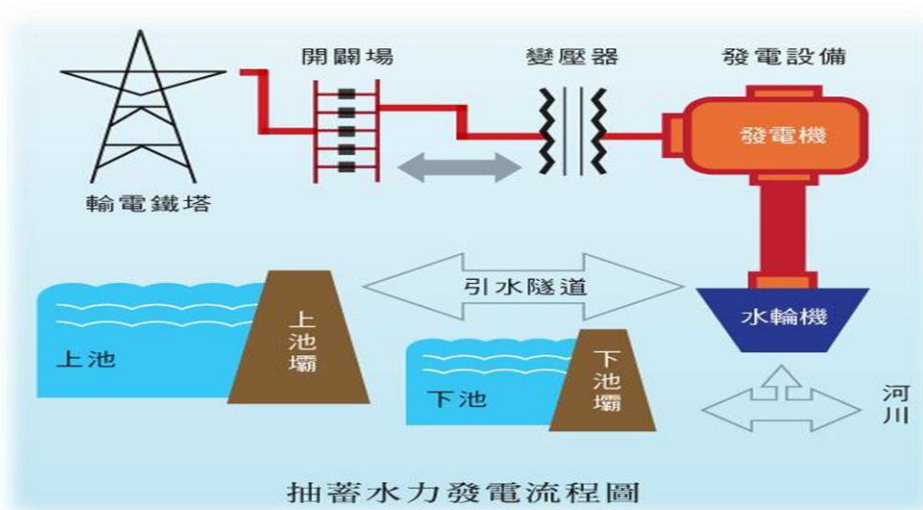


圖 61 抽蓄式電廠

抽蓄發電除可增加尖峰時之發電量，提高大容量火力及核能發電機組之效率及降低系統成本外，並可隨時調整系統之電壓與頻率，必要時更可緊急發電或停止抽水，以補充因大容量機組故障而不足之電力以免限電，確保供電品質，故抽蓄發電實為目前實施負載管理調節系統尖峰與離峰用電量最佳方式。

(三)水力能發展趨勢

按照水源性質，一般為慣常水電站，即利用天然河流、湖泊等水源發電，其次為抽水蓄能電站，與慣常水力電站不同，水流是雙方向，設有上池及下池，白天發電流程與慣常水力電站相同，於夜間電力系統離峰時段，利用原有的發電機當作馬達運轉，帶動水輪機將下池的水抽到上池，如此循環利用，原則上發電後的水並不會排掉，而最後是潮汐電站，即利用海潮漲落所形成的潮汐能發電。

按水電站的開發水頭，可分為壩式水電站、引水式水電站和混合式水電站三種基本類型。按水電站利用水頭的大小，可分為高水頭（75 米以上）、中水頭（40-3 米）和低水頭（低於 3 米）水電站。按水電站裝機容量的大小，可分為大型、中型和小型水電站。一般裝機容量 5 MW 以下的為小水電站，5 至 100 MW 為中型水電站，100 MW 或以上為大型水電站，或巨型水電站。

1882 年，美國威斯康辛州最先使用水力發電，使得世界上第一家水力發電站建成，利用水壩攔住的水來推動渦輪機發電，在十九世末和二十世紀初，各工業國家的水電站數量和裝機容量迅速增加（圖 62），水力發電已差不多提供世界耗電量的五分之一，發電量僅次於火力發電。世界各國著名的水電站：中國大陸-三峽水電站（全球最大水電廠）、葛洲壩水電廠、小浪底水電廠；美國-胡佛水壩、巴西-伊泰普水電廠（全球第二大）等。

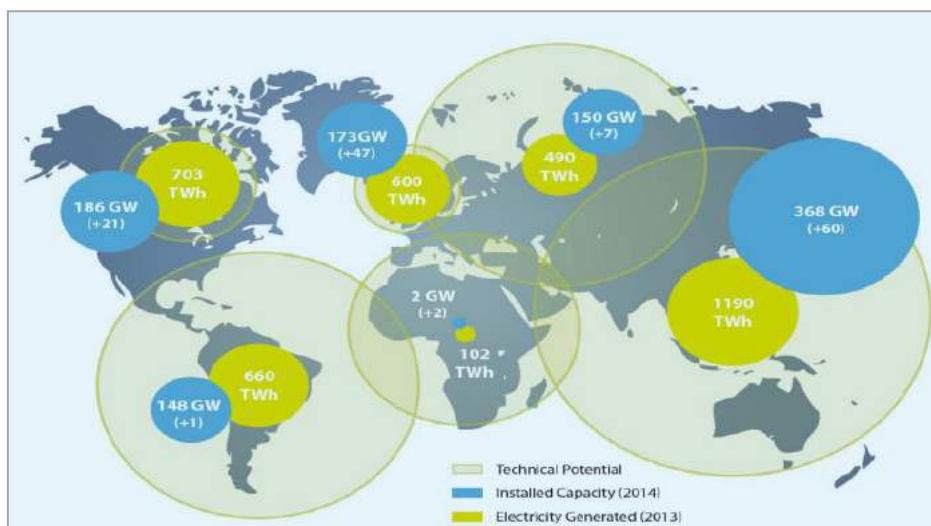


圖 62 全球水力能安裝容量、發電量

世界水能資源總量以中國大陸位居首位（表 7），根據中國大陸水力資源調查結果，中國大陸水力資源理論蘊藏量約為 6.9 億 kW，技術可開發裝機容量約為 5.4 億 kW，其中經濟可開發水電站裝機容量約 4.0 億 kW。中國大陸水能資源主要集中在西南雲、貴、川、渝、藏等五省區，佔全國 75% 以上，僅雲南、四川兩省就佔全國一半以上。西南水力資源主要富集在長江上游、金沙江、雅礱江、大渡河、烏江、瀾滄江等大型河流上，是水電「富礦」。中國大陸規劃 13 個水電基地 2.7 億千瓦裝機容量中有 8 個水電基地約 2 億千瓦裝機容量在西南地區，因此，有「世界水電在中國，中國水電在西南」的說法。

表 7 2013 年中國水力發電量

Country	Installed capacity		Generation (TWh, 2013)
	Pure hydropower (GW)	Pumped storage (PSP, GW)	
China	260	21.5	905
Brazil	85.70	0	415
USA	79.02	22.4	269
Canada	76.1	0.12	388
Russia	47.3	1.6	175
India	39.6	4.8	143
Japan	22.22	26.70	80.23
South Korea	1.72	4.70	4.10
Indonesia	5.08	0	13.01
Taiwan	2.04	2.60	4.06
Philippines	3.52	0.30	9.25
Thailand	2.44	1.40	7.39
Myanmar	2.90	0	5.08

1. 水力發電優點：

- 發電時無污染物排放：與其他可再生能源一樣，水力發電在運作時幾乎全無污染物排放。
- 發電成本低及穩定：水力發電無需燃料，發電成本不會受燃料價格影響，加上運

作高度自動化，運作時所需人手少，故發電成本低（圖 63）。以三峽水電站為例，若連續以最大發電量發電計，出售 5 至 8 年電力就可以收回建造成本。

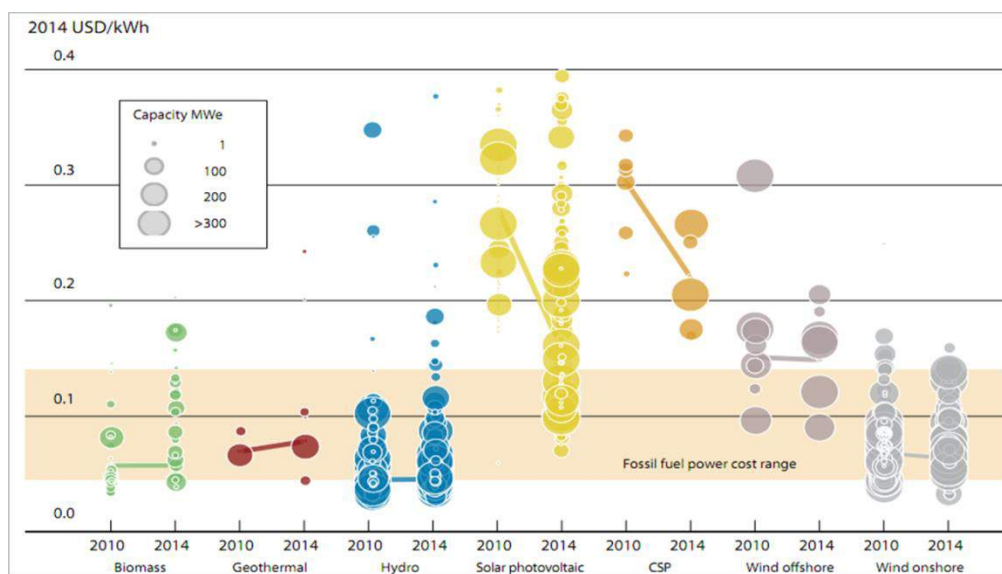


圖 63 發電成本比較

➤ 可按負載供電：水力發電可以按用電量需要而快速調整發電量。水力發電啟動時間僅為數分鐘，只需 60 至 90 秒就能達至全功率輸出，天然氣發電所需時間更短。因此，小型水力發電站可以用作調節供電量的緩衝。

➤ 發電以外的其他用途：水庫有儲水功能，可以控制水流量，有一定程度的上下游水量分布調節能力，故可以降低洪水泛濫造成的損失及蓄備灌溉用水。在某些地理環境下，水庫能降低河水流速，改善航運。

2. 水力發電缺點：

➤ 壽命有限：大部份其他發電方式只要更換新裝置就可以延長發電壽命，但水力發電由於水庫內淤泥堆積，壽命有限，由 50 至 200 年不等，一般約為 100 年。

➤ 投資額度高：潰堤會導至大量人命傷亡及經濟損失，因此水壩品質必需極高，大型水壩承受巨大水壓，地質堪察、設計、計劃、測試及建造等成本相當高。

➤ 破壞生態環境：大形水庫會導至上游大面積土地被水淹沒，導至棲息地細碎化，破壞生物多樣性，失去生產力較高的低地、草原，破壞生態價值高的濕地、河谷及森林。而下游同樣會受影響，原本會流至下游的沉積物在有水力發電站後會大幅減少，這是因為發電機組所排出的水中含有的沉澱物非常少，使下游河床被沖刷，又先去沉澱物的補充，導至水土流失，最終下游的原有地貌會逐漸被侵蝕，河堤，三角洲會受影響，肥沃的沖積土減少。阻礙水中生物遷徙，阻外其繁殖，部份物種可能因而絕種，減少了物種多樣性。水庫會使水溫上升，因而導致魚群數量及種類減少。而且這些破壞是永久性、不能逆轉的。

➤ 能源依賴水流：水力發電雖然不需燃料，但需要水源，當一個地區重度依賴水力發電供電後，若發生天旱而水流減小時，該地區就會發生供電不足的情況。若發電與生活用水都依賴同一水源，情況就更嚴重。全球氣候變化也導至發生水流短缺可能性增加，有研究指出，每當全球氣溫上升 2 度，就會減少 10% 降雨量，有可能導至河流水量下跌 40%，巴西的水力發電量也預計在本世紀末會因此而減少 7%。

➤ 人口遷移：上游居住在被淹蓋的土地上的人口需被遷移。

➤ 位置受限：並不是任何地點都適合建水庫，除需在適合的水源及地形外，還需考慮一系列因素，包括地質結構、對自然環境影響、對當地居民影響等。

第二節 能源科技

工業部門的全球市場規模是 10 兆美元，若含建築與能源，其規模更擴大到 13 兆美元。在歐盟工業部門的製造業提供 3200 萬個直接工作，2000 萬個間接工作。由此顯見，工業部門牽絆國家經濟發展。工業部門是國家最大能源消費部門，占國內能源消費的一半以上，因此掌握工業部門能源消費特性，進而改變其能源消費結構，提高能源效率，將是施政重點，係 2036 年節能目標達成的關鍵。

表 8 2011 年全球最終能源消費結構

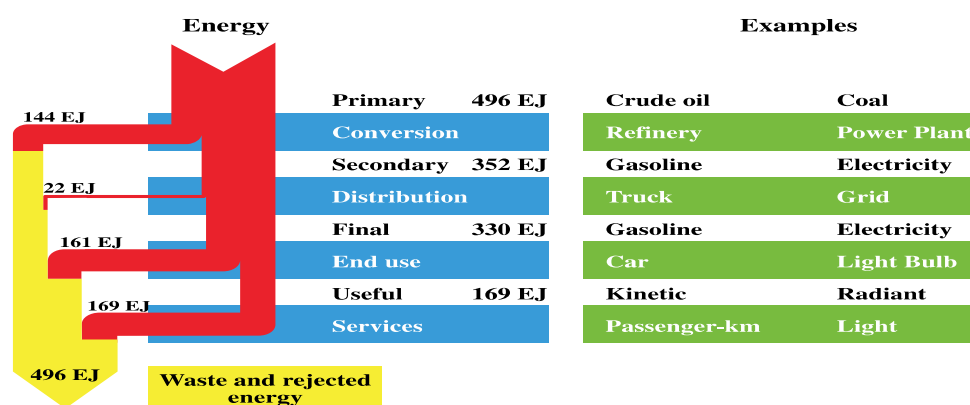
能源消費部門	能源消費 (Quad Btu)	總能源消費（含電力損失） (Quad Btu)
商業	29	62
工業	200	266
住戶	52	92
交通	101	103
總計	382	524

壹、能源服務與能源消費型態

一、能源服務：能源存在於自然界中，尚未經過轉換處理的能源，稱為「初級能源」(Primary Energy)，例如煤炭、原油等，經過轉換處理者稱之為「次級能源」(Secondary Energy)，例如汽油、電能等。而初級能源變成次級能源是透過轉換，例如蒸氣機，可以將煤炭轉換成電力；提煉加工則可以將原油轉換成汽油、柴油、LPG 等，這些次級能源還要經過交通、輸配電網、及加油站等運輸與配銷活動，才能到達最終消費者。

二、能源消費型態：目前依賴最重，使用最多的是化石燃料 (Fossil fuel)，如煤、石油和天然氣等，佔有 90% 以上的今日能源供應市場，但相對於這類燃料的蘊藏量有限且日益枯竭，太陽能目前消費量雖然少，但擁有幾乎無止境的資源藏量。目前的能源消費新趨勢如下所述。

三、全球初級能源消費：根據 Global Energy Assessment 2013 年報告，全球初級能源總量為 496 EJ (exajoules)，其中約 144 EJ 未經轉換便使用，352 EJ 轉換成次級能源，22 EJ 經過配銷時損失，最終能源消費量達 161 EJ。



資料來源:GEA 2013

圖 64 全球能源消費與損失流程圖

四、泰國初級能源消費：泰國 2013 年初級能源消費結構 (如圖 65) 為：原油 354,948 Ktoe，電力 14,626 Ktoe，煤與炭製品 5,947 Ktoe，天然氣 5,339 Ktoe，傳統再生能源 8,076 Ktoe、再生能源 5,278 Ktoe，占 24%；電力當中 80% 是化石能源、占比最大，再生能源 9.2%、進口水力 7.7%、自產水力 3.1%。五年初級能源消費成長 13%。

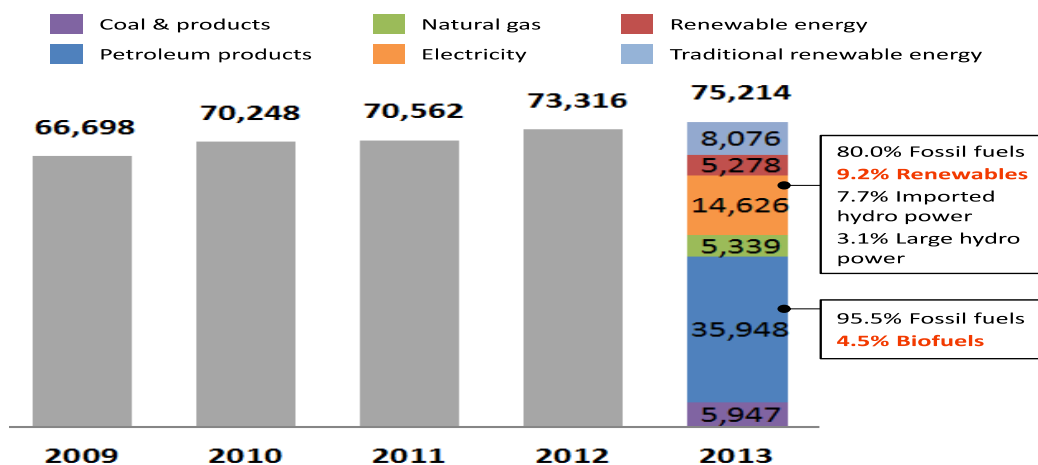


圖 65 泰國初級能源消費結構圖

五、未來最終能源消費預測：能源是發展工業的主要動力，對國家經濟的重要性不可言喻。

因此，推估未來能源需求變化趨勢，研擬相關措施，實為當務之急。首先，影響能源需求高低的原因主要有二，其一是經濟成長，另一是人口成長，假設泰國的年均人口成長率是 0.03%，年均經濟成長率是 3.8%，模擬 2036 年 BAU 之最終能源消費，將達到 187,142 Ktoe；若期間對能源實施 Energy Efficiency 計畫，對象不僅包括工業部門，所有的其它部門均抑制 30%的能源消費，則 2036 年最終能源消費可抑制到 131,000 Ktoe，有效減少 56,142 Ktoe 的能源消費，其中規劃透過發電效率的提升，達到 15%的節約量，另 85%的節約量則來自熱利用（如圖 66）。

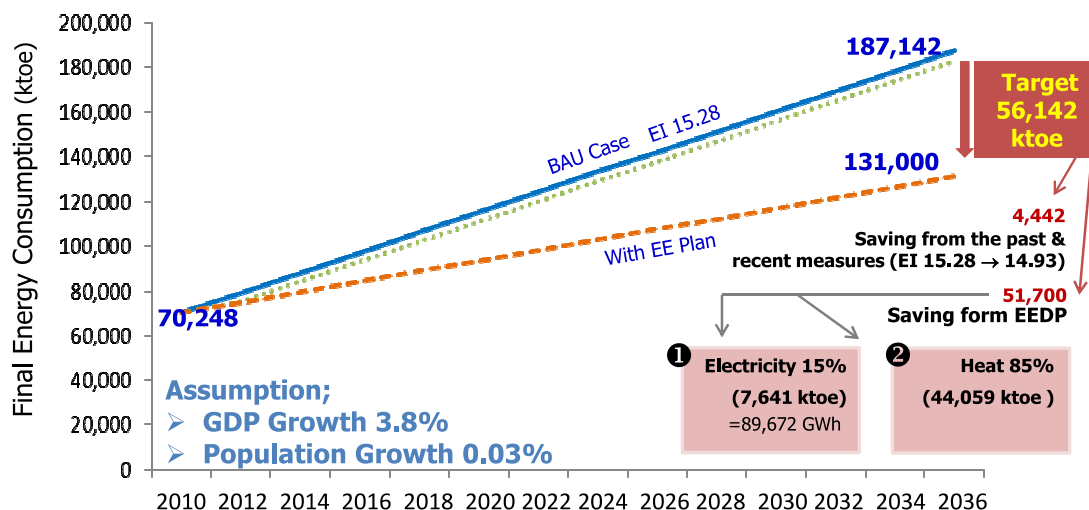


圖 66 泰國初級能源消費結構圖

貳、初級能源資源及其特徵

能源以其質量區別其蘊藏量、資源量等，例如在某個地點存在的量，或以某特定技術或成本可開發的量等。

一、化石能源的形成

煤炭是碳、氫、氧等易燃的化學元素。地球上的低窪地方出現了大片的沼澤森林，死去的樹木倒在泥淖中，一層一層積累起來，在細菌的作用下變成泥炭。在以後的地質年代中，由於地殼的下沉與上升，它們被深深埋藏在地下，而且與空氣隔絕。它們在地下長期受到地熱和地壓的作用，再加上不起眼的細菌分解侵蝕，其他成分去掉，只有炭留下來，這就是煤炭。

石油與天然氣是由古代有機物變來的。在數百萬漫長的地質年代裡，海洋裡繁殖了大量的海洋生物，它們死亡後的遺體隨著泥沙一起沉到海底，長年累月地一層層堆積起來，跟外界空氣隔絕著，經過細菌的分解，以及地層內的高溫、高壓作用，生物

遺體逐漸分解、轉化成石油和天然氣。

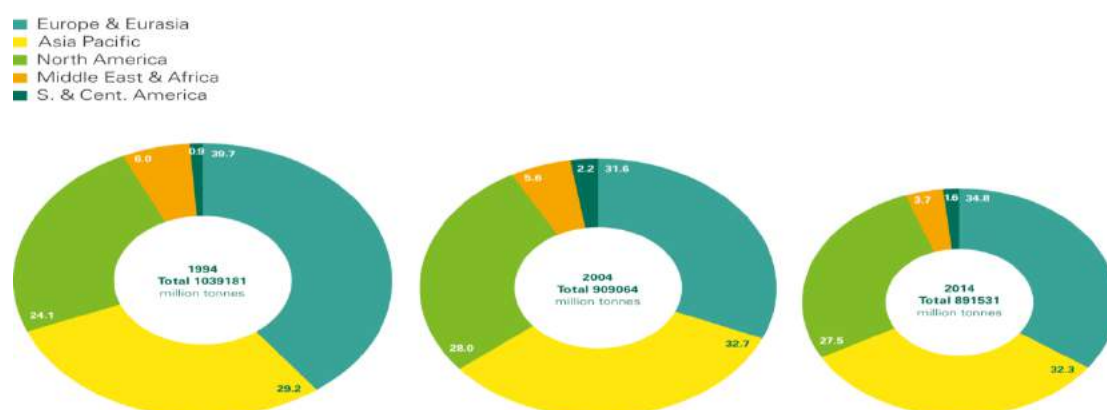
二、化石能源資源及其特徵

泥炭含水很多、呈黑褐色。這是成煤的第一階段—泥炭化階段。經過漫長的地質年代，泥炭在地熱和泥沙覆蓋層不斷增厚或地殼下沉而受壓增大的作用下，泥炭層被壓實、失水，其化學性質和成分發生變化。泥炭的密度和碳含量相對增加，腐殖酸、水分、氧、氫和甲烷等揮發物逐漸減少。隨著泥炭的質變由淺到深，依次形成不同種類的褐煤、煙煤、無煙煤等。這是成煤的第二階段—煤化階段。泥炭到無煙煤的質變如表 9。

表 9 煤炭的種類

種類	藏地深度	最高溫度(藏地)	濕度成分	固定碳含量	煤的發熱量
泥炭	0 - 0.2 km	0 - 25°C	50 - 80%	10 - 20%	5.5 - 14.3 MJ/kg
褐煤	0.2 - 1.5 km	25 - 40°C	30 - 50%	20 - 35%	
SUB-瀝青	1.5 - 2.5 km	45 - 75°C	10 - 30%	35 - 45%	8.3 - 25 MJ/kg
瀝青	2.5 - 6 km	75 - 180°C	5 - 10%	45 - 80%	18.8 - 29.3MJ/kg
無煙煤	> 6 km	>180°C	< 5%	80 - 96%	30 MJ/kg

煤炭方面，根據 BP2015 年報告，2014 年煤炭在全球的總藏量是 8915.31 億公噸，資源量占比最大的是歐洲與歐亞地區，1994 年到 2014 年的二十年期間的資源量變化是減少。尤其歐亞大陸的資源相對性減少，請參考圖 67。



資料來源:BP 2015

圖 67 煤炭資源分布與藏量變化

石油方面，根據 BP 的 2011-2015 年度報告，發現石油藏量因技術進度等原因逐年增加，從 2010 年底的 13830 億桶，2012 年增加到 16690 億桶，2014 年再次增加到 17000 億桶。

天然氣方面，根據 BP 的 2015 年報告，藏量從 1994 年的 119.1 兆立方公尺，增加到 2014 年的 187.1 兆立方公尺，其中占比最大的是中東地區。

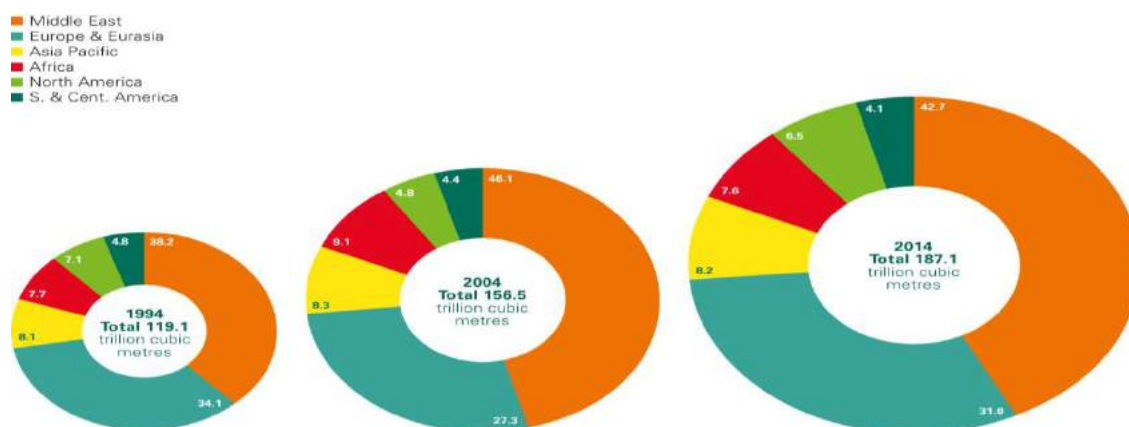


圖 68 天然氣資源分布與藏量變化

三、再生能源方面，生質能廢棄物是當前開發使用最多的再生能源，2005 年使用量約 46.3 EJ，最少的是太陽能 0.5 EJ。以當前的技術開發可行量則是太陽能最大，海洋能次之，水力最少。詳情請參考表 10。

表 10 再生能源資源量及其開發情形

	Utilization 2005	Technical potential	Annual flows
	[EJ]	[EJ/a]	[EJ/a]
Biomass, MSW, etc.	46.3	160-270	2200
Geothermal	2.3	810-1545	1500
Hydro	11.7	50-60	200
Solar	0.5	62,000-280,000	3,900,000
Wind	1.3	1250-2250	110,000
Ocean	-	3240-10,500	1,000,000

^a The data are energy-input data, not output. Considering technology-specific conversion factors greatly reduces the output potentials. For example, the technical 3150 EJ/yr of ocean energy in ocean thermal energy conversion (OTEC) would result in an electricity output of about 100 EJ/yr.

太陽能與工業應用：由表可知，太陽能資源是目前地球上技術開發可行總量最大的資源。地球的大氣，海洋和陸地吸收的太陽能每年大約是 3900,000 EJ。太陽的能量到達這個地球表面的數量是如此巨大，以至於在一年中的太陽能是自從人類取得和

開採的所有在地球上不可再生資源的煤、石油、天然氣和鈾都相結合的總能源的兩倍。而太陽能在世界各地，主要根據緯度的不同來利用太陽能。

太陽輻射 (Solar radiation) 指太陽從核融合所產生的能量，經由電磁波傳遞到各地的輻射能 (Radiant energy)。太陽輻射的光學頻譜接近溫度 5800K 的黑體輻射。大約有一半的頻譜是電磁波譜中的可見光，而另一半有紅外線與紫外線等頻譜。測量上通常都用全天日射計 (Pyranometer) 與銀盤日射計 (Silver-disk pyrheliometer) 等儀器來測量太陽輻射 (如圖 69)。



圖 69 太陽輻射測量儀

太陽能是指來自太陽輻射出的光和熱被不斷發展的一系列技術所利用，例如，太陽熱能集熱器，太陽光電，太陽熱能發電，和人工光合作用。

參、能源使用與能源技術

化石能源多受所在地層影響，開採提煉的成本差異很大，且進行開採提煉時多半排放溫室氣體，對環境造成傷慄；多以熱值、化學成分來表示，相對能源密度大，例如 1 公斤煤炭含有 25MJ；再生能源則無須加工提煉，可直接使用，也無須配銷輸送（生質柴油、生質酒精例外），但受地點、時間影響很大，且能源效率多因使用的技術而有別。

一、淨煤技術

如何有效使用煤炭並減少溫室氣體 (GHG) 排放是技術開發的重點，近年來國外大力發展淨煤燃燒技術 (Clean Coal Combustion Technology)，以符合未來環保與經濟之雙重要求。在眾多的淨煤燃燒技術中，煤炭氣化複循環發電技術 (IGCC) 不論在技術成熟性、能源效率及環保性能等方面均較其他技術優越，因此煤炭氣化複循環發電技術 (integrated gasification combined cycle, IGCC) 是全球燃煤發電的主流。IGCC 利用成熟的煤氣化技術實現高效清潔發電，在燃燒前便可完成淨化，解決 SO₂ 和 NO_x 等排放問題，該

技術除了環保性佳，還能提升能源使用效率 38-40%，甚至達到 50%，但因系統相對複雜而造成投資偏高。

第二種是超（超）臨界+排煙脫硫 Supercritical and ultra-supercritical，透過裝設高效率之空氣污染防制設備，如靜電集塵器、排煙脫硫 (FGD, Flue Gas Desulfurization) 及觸媒除硝 (SCR, Selective Catalytic Reduction)，以有效的去除粉塵、SO₂ 及 NO_x 等污染物，其環保性能佳，同時提高效率 50%。

第三種 Fluidised bed combustion 流體化床燃燒，是固定床與粉煤燃燒之間的一種燃燒方式，兼具兩者的優點；

第四種是壓力式粉煤挾帶床氣化爐之燃燒 Pressurised pulverised coal combustion，並不是將煤炭直接燃燒，而是先經高壓將煤磨成粉狀後燃燒的方式。

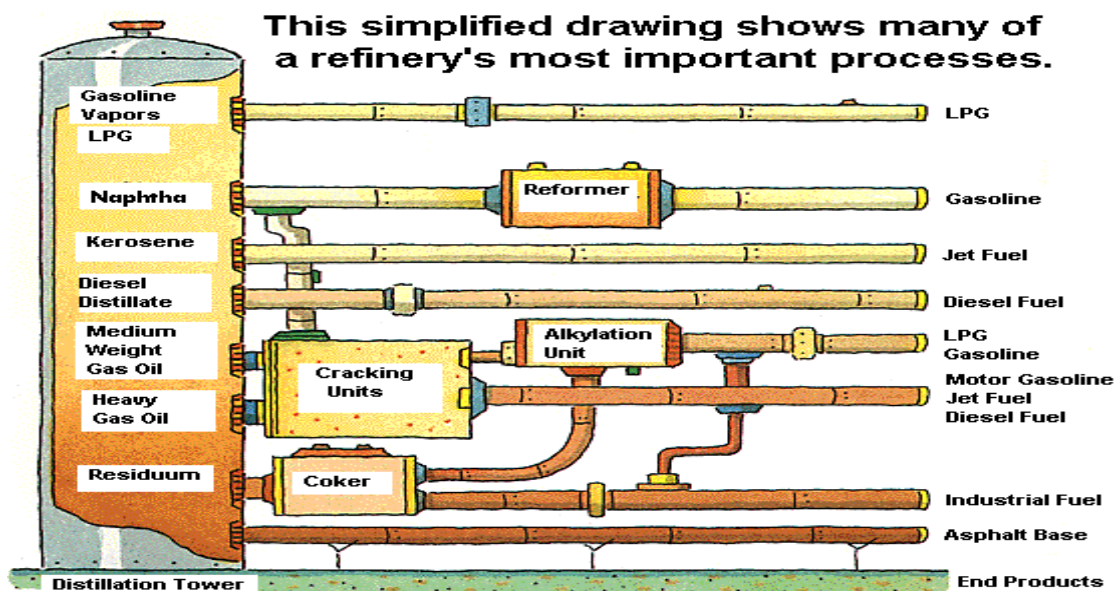


圖 70 各種淨煤燃燒技術的簡易圖

二、太陽熱能

太陽能系統依其動作，有固定型、以及單軸雙軸追日系統三種；另有聚光型與非聚光型兩種。聚光型太陽能 (CPV) 有單軸與雙軸兩種，是一個集熱式的太陽能發電廠的發電系統。它使用反射鏡或透鏡，利用光學原理將大面積的陽光匯聚到一個相對細小的集光區中，令太陽能集中，在發電機上的集光區受太陽光照射而溫度上升，由光熱轉換原理令太陽能換化為熱能，熱能通過熱機（通常是蒸汽渦輪發動機）做功驅動發電機，從而產生的電力。聚光型屬於真正環保節能的技術，其優點包括光電轉換效率高、系統佔地面積少及能量回收期短。非聚光型相對成本低，適合太陽資源好角度不受限的地方。根據 REN21，2014 年聚光型太陽能容量達 4.4 GW，集中分布在西班牙與美國(如圖 71)。

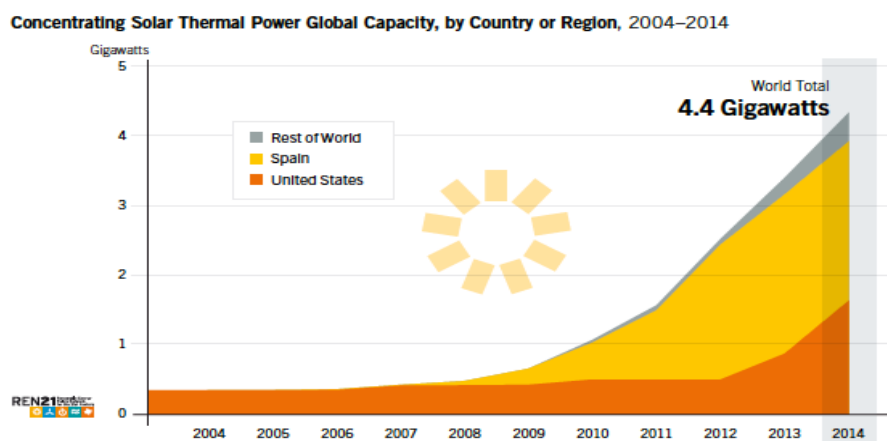


圖 71 全球聚光型太陽熱能裝置容量分布

肆、工業部門的能源角色

能源為工業生產或服務中相當重要的投入要素，故能源消費量的變遷及能源使用效率，向來是衡量一國經濟發展健全與否的依據。工業部門依規模與功能可分成大型工業，例如鋼鐵、紙業等、或供給這些大型工業物資貨源的中小型工業。而工業部門的能源使用模式有二，供給與需求，前者是指對工業部門的能源供給，後者是指工業產品的能源效率。

工業部門的能源需求主要有電能與熱能，例如驅動生產機械的蒸氣渦輪機、工廠的空氣循環、冷氣、照明、以及馬達、壓縮機等機械。可藉由能源的永續性、節能性、能源效率、及再生能源的使用，增進工業發展的機會與可能性。例如使用再生能源發電技術、使用高效率的動力機械等等。

- 永續性：如可持續的能源供應，不僅滿足目前的需求，又不損害未來需求。
- 節能性：如何選擇能源消耗低的替代產品、輪替工作時間、或者能源消費監視器等。
- 能源效率：如何轉換技術增進效率、使用高效率燃料、廢物利用等。
- 再生能源：使用各類再生能源，混合式再生能源儀器、生產優化等。

表 11 工業部門的能源需求

Industry	Energy from	Temperature (C)
Automobiles		
Heating solutions	Steam (water)	50 - 85
Food processing		
Washing	Water	50 - 70
Concentration	Steam (water)	40 - 90
Steel		
Pickling	Steam	60 - 105
Cleaning	Steam	80 - 105
Textiles		
Washing	Water	70 - 80
Preparation	Steam	50 - 110
Mercerizing	Steam	20 - 100
Drying	Steam	60 - 140
Finishing	Steam	60 - 150

※泰國的能源效率措施

泰國的能源效率措施有強制性與非強制性兩類，細目如下圖 72 所示。

Compulsory Measures

1.1 Enforcement of energy conservation standards in designated factories and buildings

1.2 Building Energy Code (BEC) on the new buildings

1.3 Energy labeling on equipment/appliances (HEPS & MEPS)

1.4 Enforcing of Energy Efficiency Resource Standard (EERS)

Voluntary Measures

2.1 Supporting financial tools to hasten the equipment changing

2.2 Promoting greater use of LED by price mechanism

2.3 Energy saving measures in transport sector

Complementary Measures

3.1 Supporting the human resource development on energy conservation

3.2 Supporting the creation of public awareness and behavioral change

3.3 Supporting the energy efficiency technology research and development

圖 72 泰國的能源效率措施

上述措施包括強制類與非強制類，前者如集中監控建築或工廠的能源使用，並強制罰款；訂定高效率與中效率能源標準 (HEP/MEP)，後者如鼓勵替換 LED 燈、使用高效率交通工具等。藉前述各種效率措施，泰國預期於 2035 年能源消費在電力方面節約 89,672GWh，其中政府部門節約 7,144GWh，8%、住商部分節約 37,052GWh，41%，工業部門節約 31,843GWh，36%（如圖 73）。預估熱能方面可減少 44,059ktoe，其中交通部門節約 30,213ktoe，69%、住商部分節約 2,044ktoe，4%，工業部門節約 11,802ktoe，27%。工業部門的最終能源消費 2035 年可減少 22%（如圖 74）。

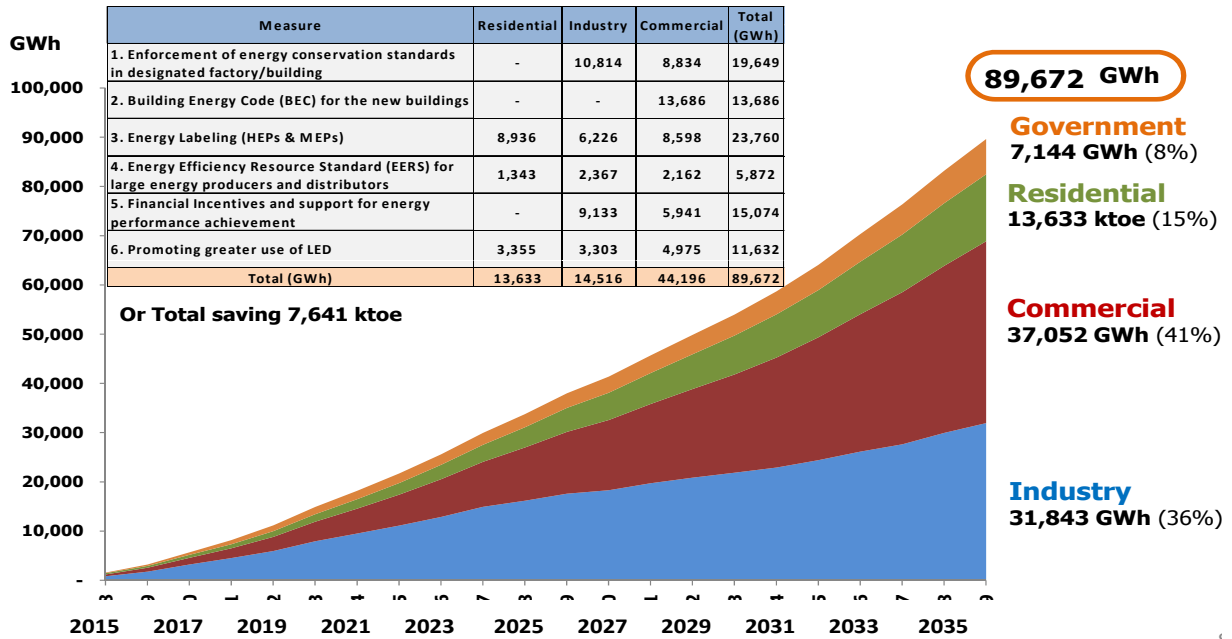


圖 73 泰國 2015-2035 年能源消費電力節能預測

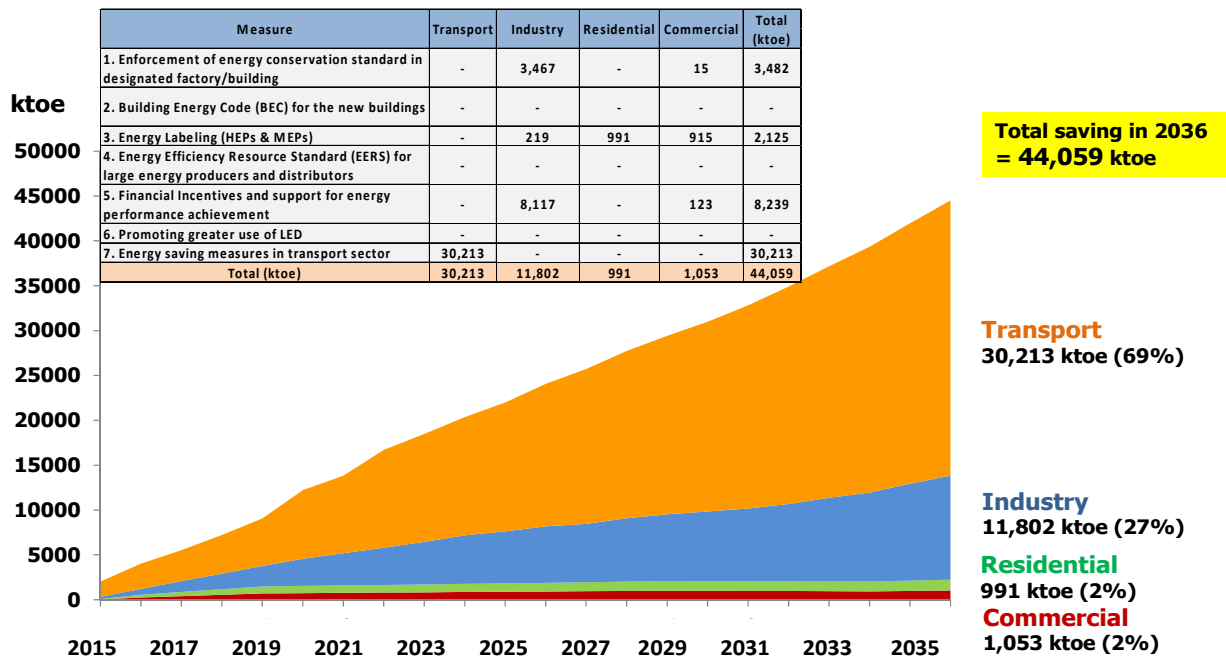


圖 74 泰國 2015-2035 年能源消費熱能節能預測

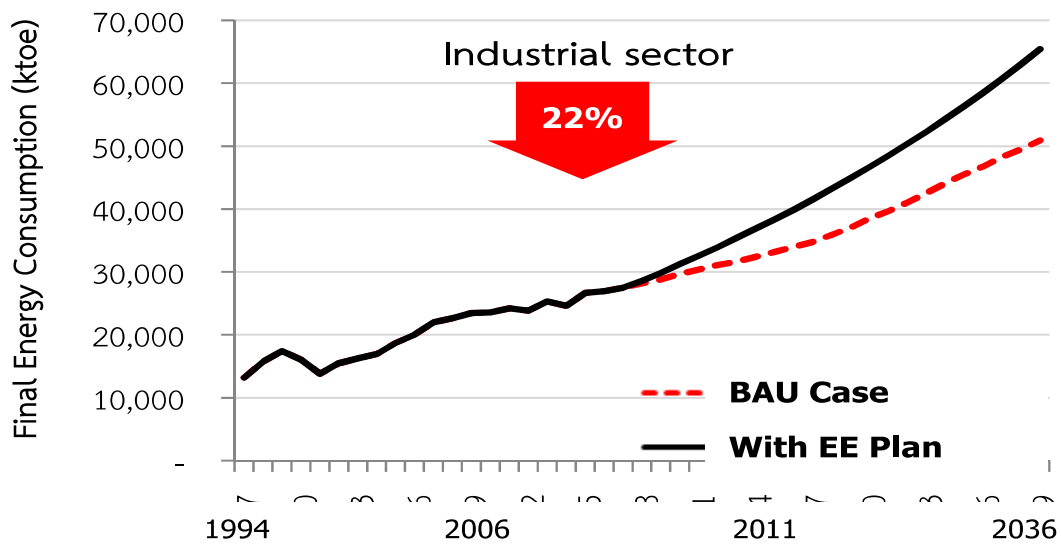


圖 75 泰國 1994-2035 年最終能源消費預測

減碳方面，目前電業占比 40%、交通 26%、工業 25%，以燃料區分，其中油氣的使用排碳比最大。泰國政府藉著補助、稅率優惠、ESCO 基金、軟貸款等方法鼓勵工業部門設置再生能源電力裝置

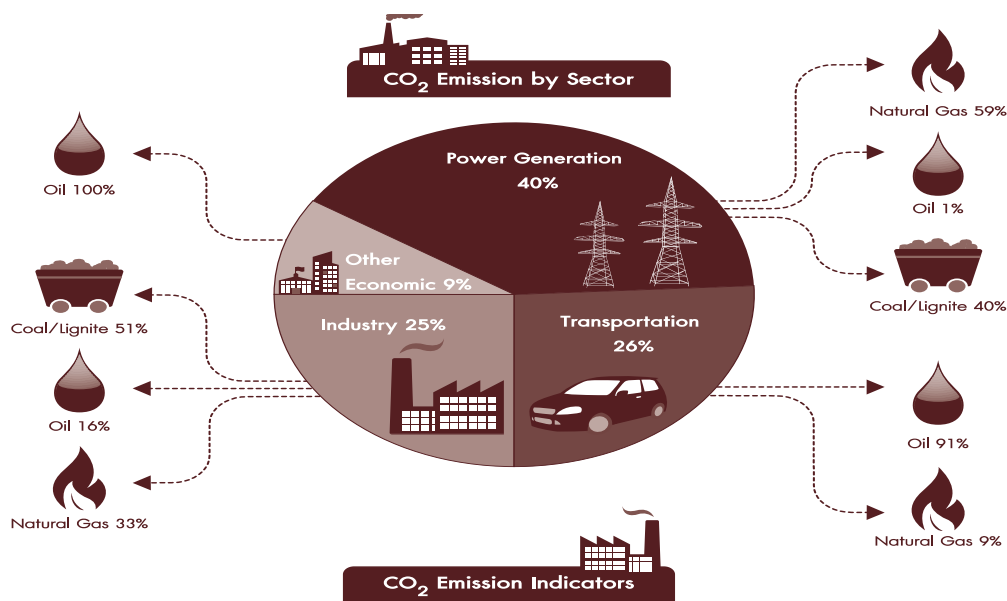


圖 76 泰國各部門排放二氧化碳占比

第二節 智慧電網

壹、全球能源發展現況

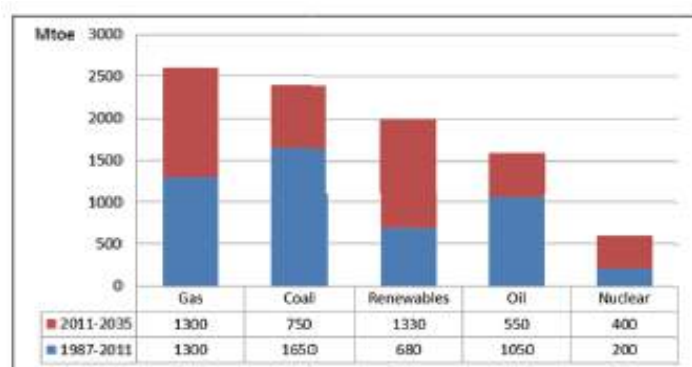
一、全球能源現況與挑戰

進入工業時代後，人類開始大量使用化石燃料，統計西元 1987 年到 2011 年全球能源需求情形，分析後發現全球主要能源需求依賴石油、煤與天然氣，對再生能源與核能的依賴相對較低。但進入西元 2011 年以後，預估未來能源需求則將以天然氣與再生能源為主。這樣的轉變主因為人為活動如工廠與汽機車排放廢氣，所產生的溫室氣體濃度明顯增加。根據聯合國氣候變化政府間專家委員會（IPCC）的第 3 次評估報告指出，20 世紀全球平均地表溫度已增加 0.6°C，海平面已上升 0.1 至 0.2 公尺，若再不採取任何防制措施，到了 2100 年，全球平均地面氣溫將比 1990 年增加 1.4—5.8°C，海平面將上升 0.09—0.88 公尺，對於地勢不高的沿海低窪地區及島嶼國家，將造成嚴重威脅。另外，溫室效應對於整個生態環境及全球氣候，也將造成深遠而不可知的影響。

於是聯合國在 1992 年通過「氣候變化綱要公約」（Framework Convention On Climate Change, FCCC），期望全世界共同努力抑制溫室氣體的排放，目標為「將大氣中溫室氣體的濃度，穩定在防止氣候系統受到危險的人為干擾水準上」。1997 年氣候變化綱要公約第 3 次締約國大會中通過的「京都議定書」，明訂針對 6 種溫室氣體進行削減，包括二氧化碳、甲烷、氧化亞氮、氫氟碳化物、全氟碳化物及六氟化硫，其中以氫氟碳化物、全氟碳化物及六氟化硫造成溫室效應的能力最強，但二氧化碳由於含量較多，對全球升溫的貢獻百分比約為 55%。

全球溫暖化造成的影響包括：極地冰原融化，海平面上升，淹沒較低窪的沿海陸地，衝擊低地國及多數國家沿海精華區，並造成全球氣候變遷，導致不正常暴雨、乾旱現象以及沙漠化現象擴大，對於生態體系、水土資源、人類社經活動與生命安全等都會造成很大的傷害。

今年刻正於巴黎召開的聯合國氣候綱要公約 UNFCCC 締約國大會（COP21），國際上視此為自 1997 年京都議定書之後最重要的會議，也將透過此次會議制訂新的氣候公約。臺灣為接軌國際，也嘗試在氣候變遷議題上做出貢獻，為宣揚臺灣減碳決心，公布臺灣「國家自主減排貢獻」（INDC），亦即 2030 年溫室氣體排放量為現況發展趨勢（BAU）減量 50%；也相當於比 2005 年排放水準再減 20%。



資料來源：IEA, 2013

圖 77 全球主要能源需求

國際能源署（IEA）也統計了 2007 年再生能源發展情況，可發現當年全球再生能源發展皆以水力為主，太陽光電幾乎為零，即便至 2009 年，太陽光電的占比仍然微乎其微。在化石能源的價格未充分反映外部環境成本的情況下，再生能源之單位能量產出成本較化石能源及核能高，以致在自由市場上難與化石能源及核能競爭，其經濟障礙造成再生能源技術應用的困難。因此，再生能源發展政策的軌跡，其共通最終目的是協助再生能源導入市場競爭，建構穩定的產業供應體系。國際上發展再生能源最初所採取的步驟是提供研發補助（research subsidies），以開發技術應用範疇，降低再生能源應用成本。其次提供設備補助（investment subsidies）、賦稅抵減（tax credits）與融資優惠（finance preference），以減輕投資額外負擔，並藉由示範推廣強化民眾認知再生能源進而支持政府政策。最後以收購價格機制（feed-in tariffs, FIT）提供具經濟誘因的再生能源電能收購費率，強制課予輸配電業併聯躉購之義務，以提升再生能源的市場競爭力；或是制訂義務配比機制（renewable portfolio standard, RPS），課予電業自產或收購再生能源電能達一定比例之義務，以維持穩定的再生能源市場需求，並充分導入市場機制以決定再生能源電價。綜觀世界能源發展趨勢，根據 IRENA REmap 2030 樂觀評估，2030 年全球再生能源將占最終能源消耗（Total Final Energy Consumption, TFEC）達 21%。

二、我國能源現況與挑戰

我國早期的電力供應以水力發電為主，民國 40 年代初期水力與火力占比約為 80% 比 20%。之後人口逐年增加，經濟成長迅速，用電需求增加，水力發電已無法滿足用電需求，便開始擴大火力電廠之開發，形成能源組合中以火力發電為主之局面。67 年核能一廠發電機組商轉後，發電組合結構更趨多元。79 年大林五號機及氣渦輪機改燃氣後，燃氣發電容量逐年增加。根據臺電 103 年發電資訊顯示，火力發電量占比達 76%，其中燃

煤 37.6%、燃油 2.9%、燃氣 32.3%、汽電共生 3.2%，再生能源(2%)加上水力(2%)占比為 4.0%，抽蓄水力 1.4%，核能為 18.6%。

若以歷年發電占比分析，在民國 70 年以前，火力發電則大多以燃油為主，70 年後則以燃煤與燃氣為主，可看出雖然天然氣擁有最高的裝置容量，但燃料價格較高，故發電量占比少於燃煤。

臺灣自然資源有限，98%能源仰賴國外進口，鑑於能源供應穩定為國家安全之重要指標，故發展自主能源實刻不容緩。此外，在全球管制溫室氣體排放之環保趨勢下，再生能源因具低度環境污染及可循環再利用之特性，且民眾多能認同其發展之必要性，使再生能源成為世界各國推動替代化石能源之主要選擇。

依據「再生能源發展條例」第 6 條規定，再生能源發電設備獎勵總裝置容量為 6,500 MW 至 10,000 MW，並授權中央主管機關（即經濟部）得考量國內再生能源開發潛力、對國內經濟及電力供應穩定之影響，自條例施行之日起 20 年內，每 2 年訂定再生能源推廣目標及各類別所占比率。因此，自 99 年起，經濟部已三度調整 119 年再生能源目標量，由原先 10,858 MW 提高至 17,250 MW（有關各類再生能源目標如下表），成長逾 1.5 倍，展現政府積極推動再生能源之決心與努力。

經濟部以技術成熟可行、成本效益導向、分期均衡發展、帶動產業發展及電價影響可接受為規劃原則，並考量臺灣地理環境與資源特性，擴大裝置目標優先推動技術成熟、發電成本低之再生能源，期以有限資源設置最多再生能源，其中以風力發電及太陽光電為最能符合條件，因此 119 年以達成「千架海陸風力機」及「陽光屋頂百萬座」之願景，作為政府與各界共同努力的主要目標；另採行再生能源電能躉購（Feed-in Tariff, FIT）機制，以合理之費率及長期保障收購期間之獎勵誘因，有效提升設置量，期順利達成再生能源之推廣目標（如表）。

表 12 再生能源推廣目標

類別	太陽 光電	風力 發電	地熱 發電	生質能 發電	水力 發電	合計
119 年累計裝置容量 目標（單位：MW）	8,700	5,200	200	950	2,200	17,250

資料來源：經濟部能源局

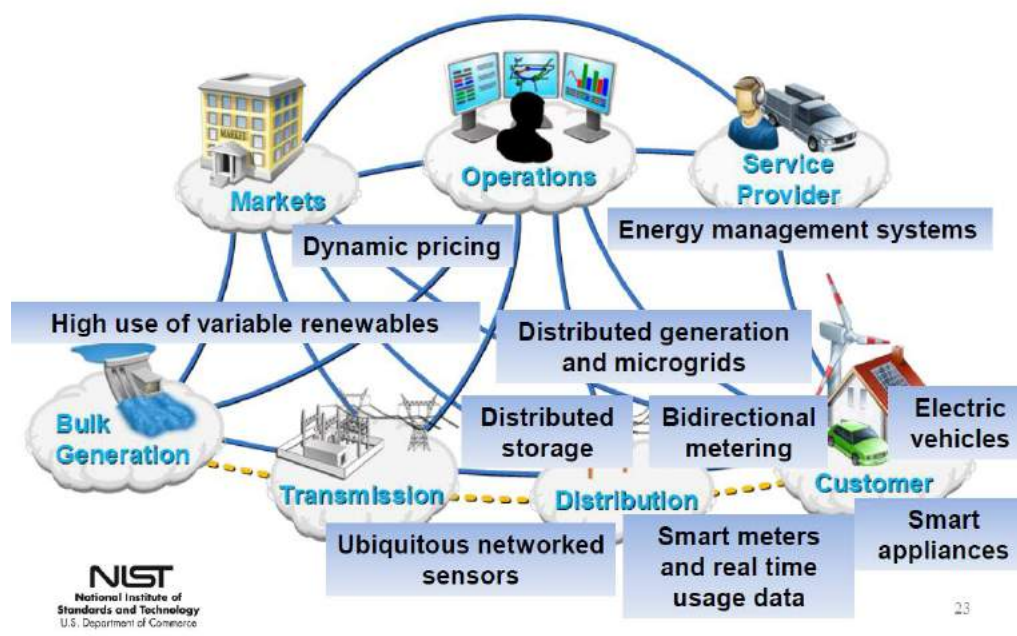
面對全球暖化之挑戰，發展潔淨能源以降低對化石能源依賴及減少溫室氣體排放已成為我國重要能源政策選項之一。目前政府除依據「再生能源發展條例」及其相關子法

積極推廣國內再生能源發電設備之設置外，更借鏡日本福島核災經驗，重新檢視國內能源安全，並藉由「千架海陸風力機」、「陽光屋頂百萬座」等各項具體措施之推展，進一步擴大國內再生能源之使用，以提升我國能源自主化及多元化。期透過政府各項政策之推動，有助於我國再生能源之穩健發展，同時開創國內再生能源產業之榮景。

貳、智慧電網

一、智慧電網定義

以再生能源發電替代化石能源發電，已成為各國進行電力建設的重要課題。但再生能源發電具不穩定的特性，而傳統電力網路顯然難以滿足這些發展需求，於是各先進國家紛紛進行現行電網之升級計畫，而推動「智慧電網」的技術開發與建置。智慧電網之具體定義為透過資訊、通信與自動化科技，建置具智慧化之發電、輸電、配電及用戶的整合性電力網路，強調自動化、安全及用戶端與供應端密切配合，以提升電力系統運轉效率、供電品質及電網可靠度，並促進再生能源擴大應用與節能減碳之政策目標。其具體樣貌如圖 78 所示。



參考資料：Sustainable Consumption and Delivery Systems of Power and Energy 課程

圖 78 智慧電網架構

二、全球智慧電網市場發展現況

智慧電網全球開展迅速，推升動力分別來自於歐美先進國家為擴大再生能源利用、

降低再生能源先天無法穩定供應性質、提升供電品質；以及亞洲國家中以中國、東南亞等開發中國家因經濟快速發展、急需完善電力基礎建設之需求。智慧電網建置已在全世界積極展開，並進行大規模投資。綜觀未來發展，不論是已開發國家的電網更新，抑或是開發中國家的電網基礎建設設置，都將持續 20 年以上，可預期未來全球的智慧電網產值將持續穩定成長。根據國際 GTM 研究機構分析北美洲、拉丁美洲、歐洲、中國、亞洲與大洋洲市場智慧電表 (AMI)、智慧電網資訊分析 (Smart Grid Data Analysis)、電網運作軟體 (Network Operations Software)、輸電系統升級與自動化 (Transmission Upgrades and Automation)、智慧配電 (Smart Distribution)、資通安全 (Cyber security)、服務與顧問 (Services and Consulting) 等範疇市場推測，至 2020 年智慧電網整體市場累計將超過 4,000 億美元，複合平均成長率達 8%，可預期未來全球的智慧電網產值將持續穩定成長若進一步觀察整體市場不同領域規模比例與市場成長率，輸電線路系統的現代化與饋線自動化占整體市場規模比例最高，其次是智慧電表、電網運作軟體、資訊分析、服務與顧問及資通安全。若從市場的成長率分析，複合成長率最高領域為資訊分析、智慧電表、饋線自動化，此結果顯示整體電力系統投資智慧化趨勢。不同國家地區智慧電網技術發展重點不同，發展階段與程度不一。歐美智慧電網發展重視提高現有設備使用效率、電網再生能源與電動車等分散式系統滲透率、整體電網安全等達成延緩，或減少在電網更新與現代化的投資。開發中國家智慧電網發展則重視伴隨經濟發展能源需求快速成長下的需量管理，以及電網提升普及率改善生活水準。

三、臺灣智慧電網市場發展現況

臺灣智慧電網產業在第一期能源國家型計畫智慧電網主軸計畫推動下，根據臺灣智慧型電網產業協會統計顯示，2009~2012 年相關產品總銷售金額年平均成長率約 80.62%。在智慧電網整體規劃中，產業構面縱貫電力系統發、輸、配、用各構面，配合整體智慧電網推動目標「引領低碳產業」之達成，協助業者進行國際布局並參與國外示範計畫，以獲取大規模之應用實績，朝向推動臺灣成為全球智慧電網產業整體解決方案輸出國之產業願景，現今智慧電網產值約新臺幣 256 億元，預計於 2030 年創造新臺幣 7,000 億元之產值目標。同時依臺灣電力產業特質，將發展「關鍵系統與設備產業」及創造「服務性智慧電網產業」2 大類，並研究及建構吸引業界參與之商業模式，優先推動產業為智慧電表系統、電動車智慧充電系統、先進配電自動化系統、廣域監測系統、智慧家電系統、微電網系統、儲能系統及電能管理系統服務產業計 8 項。

對臺灣而言，推動節能減碳及提高再生能源占比是我國能源政策之重要發展項目，

我國為推動節能減碳政策，將智慧電網列入「國家節能減碳總計畫」標竿計畫之一，並以推動智慧電表基礎建設、規劃智慧電網及智慧電力服務為重點。行政院已於 99 年 6 月 23 日核定「智慧型電表基礎建設推動方案」，進行智慧電表的測試與示範計畫，作為推動智慧電網之基礎與開端。為建構我國智慧電網建設，經濟部能源局於 100 年 8 月 3 日成立「智慧電網總體規劃小組」，成員包括行政院國家科學委員會、行政院原子能委員會（核能研究所）、經濟部能源局、工業局、標準檢驗局、技術處、台電公司、財團法人工業技術研究院、財團法人資訊工業策進會等相關單位及學者專家，已召開 40 餘次會議討論我國智慧電網總體規劃架構及內容，行政院國家資訊通信發展推動小組及經濟部並於 100 年 12 月 19-20 日邀集國內產、官、學、研及國外專家學者召開「智慧電網發展策略論壇」，共同檢討我國智慧電網發展策略，完成「智慧電網總體規劃方案」。

智慧電網依據電網之能量傳遞及供需關係特性，分成發電與調度、輸電、配電、用戶等層面討論，目前已完成智慧電網 1 個發展願景、4 項目標、3 段推動期程及 6 個發展構面。

透過資訊、通信與自動化科技，建置具智慧化之發電、輸電、配電及用戶的整合性電力網路，強調自動化、安全及用戶端與供應端密切配合，以提升電力系統運轉效率、供電品質及電網可靠度，並促進再生能源擴大應用與節能減碳之政策目標。

考量智慧電網範圍廣泛，規劃 20 年推動期程，分為「前期布建（5 年：2011-2015）」、「推廣擴散（5 年：2016-2020 年）」、「廣泛應用（10 年：2021-2030 年）」3 個階段。依電網特性分成發電與調度、輸電、配電、用戶 4 種類型之供需關係，配合產業推動及環境建構，形成 6 個構面具體推動，分別為「智慧發電與調度」、「智慧輸電」、「智慧配電」、「智慧用戶」、「智慧電網產業發展」、「智慧電網環境建構」。

茲將上述智慧電網願景、目標、時程及推動策略（6 個構面）整理如圖 79，以闡明我國規劃方向及追求目標。



參考資料：「智慧電網總體規劃小組」工作會議結論

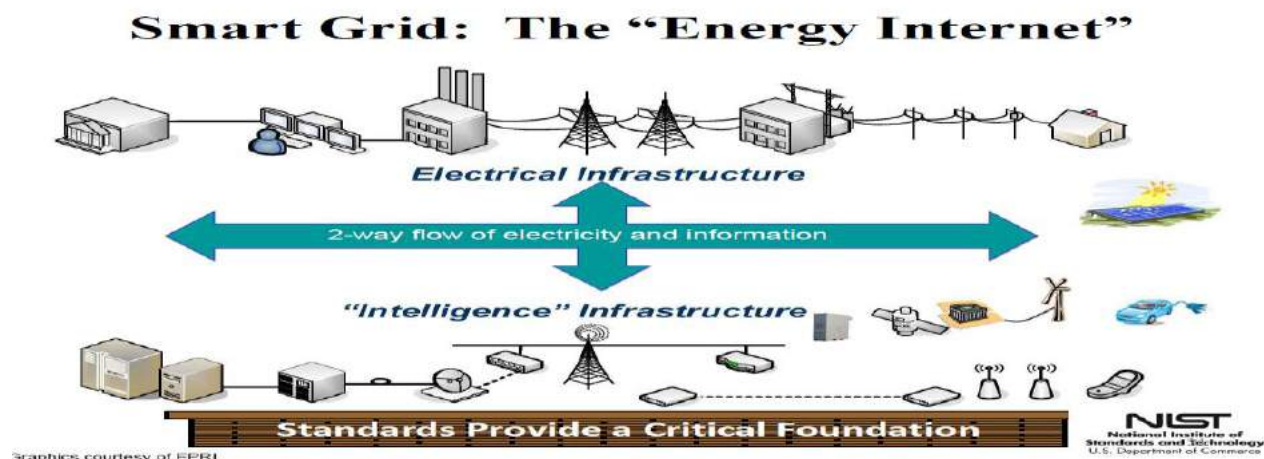
圖 79 智慧電網總體架構分層規劃示意圖

參、智慧能源與生活

一、智慧電網與再生能源

再生能源的快速發展，改變原本電力傳輸的模式，用戶可將電能賣回電力公司，因此電力潮流從原本單方向由電力公司到用戶端，轉變為雙向的電力交流，如圖 80 所示，再生能源具有間歇性之特性，隨氣候與地理條件不同，再生能源發電量可能有瞬間較大變化，在不易準確預測再生能源發電量時，常有再生能源發電量與負載需求量不一致的問題，如離峰負載時段，再生能源發電量卻供給過剩。此種不一致性將會增加電力調度的難度。倘若再生能源發電量與負載需求有一致性，則可減少線路損失，支撐電壓等問題。近年由於再生能源發電裝置發展迅速，當有更多的再生能源電力併網之時，將對電業之管理及運轉造成衝擊；從併網、運轉、供電品質、供電可靠度及安全等，政策法規必須要有明確的要求與規範。在既有電網架構下，電力公司不易掌控由用戶端逆送的電力，在智慧電網建置後，透過蒐集大量的數據資料及應用管理程式，例如：即時且準確的氣象預測，可使運轉人員掌握再生能源出力，並且對轉備機組的調度、備轉容量、再生能源和儲能裝置進行監控、管理，如此可降低再生能源對輸配系統運維造成的衝擊，且亦能協助用戶進行再生能源的管理，確保再生能源可有效利用，而不有棄光棄風之情形發生。智慧電網能即時管理再生能源，末端的再生能源有了更適當的管控，得以做更有效的利用。另外藉由老舊設施的汰換及新一代傳輸線路（如：高壓直流輸電線、耐熱導線）的建置，將可大幅提升傳輸線路的傳輸容量及降低線路上的能量損失，使再生能

源能夠更有效被利用。



參考資料：Sustainable Consumption and Delivery Systems of Power and Energy 課程

圖 80 智慧電網為雙向電力與資訊交流

二、智慧電網與能源管理

(一)智慧微電網（Microgrid）

微電網是指由分散式發電機組（再生能源、傳統小型發電機組）、儲能系統和負載組合而成的小型獨立電網。正常情況下，微電網與主電網互聯，而當主電網系統故障時，可與主電網脫離。藉由智慧電網新技術的引入，各個微電網能自行管控區域內的電力傳送，不會受到事影響，進而使受影響停電範圍縮小，提高供電可靠度。除了增加供電可靠度外，智慧微電網亦須確保用戶可有較好的用電品質。例如：在輻射型配電系統中，由於主饋線距離可能相當長，使饋線末端之電壓會因過大的線路壓降而低於容許額定電壓。而透過先進讀表基礎建設和電壓/虛功控制 (Volt/ Var Control, VVC) 技術的結合，可使運維人員能根據用戶的電壓狀況，利用相關設備(如：變壓器、電容器)來調整饋線上的電壓，使用戶可有較好的電力品質。

(二)智慧型電表基礎建設 (Advanced Metering Infrastructure, AMI)

建構「智慧型電表」基礎建設是智慧電網建置的首要步驟，用來量測、記錄用電量資料，再透過資訊收集器或集中器將資料傳送到電力公司的電表資訊管理系統，除了供應電力公司資料蒐集與分析之外，亦可透過智慧電視、手機及電腦等裝置傳遞即時用電資訊給用戶，使用戶更了解該如何調整電力使用時間或改用省電裝置，可達到最大節電效果，如圖 81 所示。

Smart Life

In-Home Display

- Energy consumption information, tariff
- Energy management
- Communicate with grid through smart meter



圖 81 智慧型電錶

(三)分散式電源

隨著電力需求成長，能源短缺及環保議題愈受重視，新能源及分散式低碳電源之導入漸受青睞；同時仰賴集中式發電之供電結構易因區域性故障引發連鎖事故，造成電力系統全黑，一旦集中式電廠或電網關鍵性匯流排遭受破壞，亦影響電源供應安全。以國家總體考量，電力供應結構由集中式逐漸轉為分散式為未來的發展趨勢。許多國家開始積極推動分散式能源，除補助能源業者裝設再生能源，亦鼓勵一般民眾架設太陽光電或風力發電等再生能源，並將再生能源躉售回電力公司，因此小範圍的能源管理需求增加，透過智慧電網，用戶及電力公司能夠即時得知買賣電的資訊以及現場發電狀況。

(四)需量反應

藉由智慧電網雙向通訊機制，電力公司透過需量反應，和用戶訂定同意書，使電力公司能在供電吃緊時，能從系統削減契約用戶之用電量並給予此類用戶某些優惠，將可以抑制尖峰負載，提升供電可靠度和電力品質。電力公司也可以直接和消費者做聯繫，並將時間電價的機制引入市場，用戶可以利用公開的電價資訊，決定用電時機，若用戶選擇在電價較高的尖峰時期減少用電，將有助於減少用戶電費，同時降低尖峰時期電力公司的供電壓力。根據統計，電力系統中有 20%裝置容量為應付尖峰負載，若利用智慧電表雙向通訊功能搭配時間電價與需量反應 (Demand Response, DR) 的市場機制，使電力公司能執行更有效的負載管理及降低尖峰時的用電量，電力公司將不需為應付短時間的尖峰負載而增設新的發電機組，除可使供電可靠度維持穩定，並可降低投資成本，如圖 82 所示。

Smart Life

Real Time Monitoring Dashboard for Demand Response



圖 82 即時需量反應監測系統

(五) 虛擬電廠

電力企業需要在營運上可以降低負載與減少電力取得所造成衝擊影響的解決方案。需量反應如何影響電力公司的配電系統，電力公司如何合理的整合可利用之用戶，虛擬電廠概念便在這樣的需求下孕育而生。配合智慧電表、再生能源、電動車、電能需求管理推廣、台電輸配電建置及行政院建置澎湖低碳島計畫，延續第一期成果進行關鍵技術之技轉與商品化，於澎湖建置臺灣第一個智慧電網展示區 (Smart Grid Demo Site)，並以需量反應及分散式電源與儲能之整合應用計畫為平台，建立虛擬電廠示範場域 (VPP Demo Site)，將智慧電網主軸計畫成果推廣於台電系統、家庭用戶端，全面推動智慧電網產業。

(六) 智慧家庭

智慧家庭（建築）系統方面短期應將標準制定與認證標章連結，以資訊產品、空調、照明、家庭能源管理系統為優先，配合智慧電表建設工程、智慧電網整體示範場域與時間電價制度推動，促使形成智慧家庭（建築）市場帶動產業發展。中長期則以完善商業與住宅節能誘因機制，強化消費者需求，未來朝向爭取國際標案，擴展外銷為目標。

(七) 智慧儲能

國內應加速建立直流系統的標準及規範，研究世界各國相關直流電之法規，訂定國內直流系統之標準及規範，以促進國內儲能系統產業發展。此外，目前儲能系統在國際上多以系統整合的形式推出新產品，各廠商雖分工細，但彼此必須聯繫、整合。因此建議政府可輔導國內從規劃設計到設備製造廠商共同合作，帶動整個產業鏈，以提供系統化服務，打入國際市場。

(八) 電動車推廣

電動車近年來亦為各國發展智慧電網重要項目，傳統內燃機汽車使用時所排放之廢氣，會造成環境的污染。韓國在電動車發展藍圖中，即發現智慧電網技術在其中扮演相當重要的角色，面對再生能源發電不穩定性，以及電動車充電的隨機性與波動性等問題，就需要依賴智慧電網來預測電力的供給量與需求量，並透過大型儲能裝置來實現電力最佳調度。希望可藉由電動車電池在用電離峰時吸納再生能源過多發電，並在用電尖峰時將電力輸回電網，以緩解電力供給壓力。讓電動車與智慧電網產生連結，構築智慧家庭。

三、面臨之挑戰

智慧電網的建置能改善電力傳輸效率、提高電力品質與供電可靠度、改善電力公司的經營績效並且能夠容納更多再生能源，然而將新的技術與機制引入舊有電力系統與市場時，雖然預期能改善原有問題、創造出新價值外，但在發展的過程中亦會帶來其他困難和挑戰。為了使智慧電網能產生最大的效益，必須審慎思量智慧電網發展所需面對的問題，以下就管理面、經濟面、技術面，以及未來再生能源高占比時管理等面向，討論智慧電網發展所會面臨的挑戰。

(一)系統管理面

智慧電網管理傳輸管道可應用許多通訊系統，如：藍芽、WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access)，以及電力線通信 (Power Line Communication, PLC)、光纖通信……等，因此智慧電網運轉較以往傳統電力系統更為複雜，需要思考如何設計規劃使所有新的系統、技術與應用程式能夠相容並且順暢運作。電力公司無法在短時間將目前所使用的輸配電系統，這類不相容智慧電網之舊設備淘汰更新，因此未來勢必面臨到新舊設備、應用程式、技術、裝置整合的問題，在設計規劃時需思考智慧電網如何整合原有的部份，例如：配電系統在規劃新的通訊線路時，原有的建築物、設備是否會影響其通訊功能。

此外，將傳統電網升級成智慧電網後，勢必增設許多新的設備儀器，因此電網的維護將需要耗費更高的成本。然而輸配電網路的分布範圍相當廣泛，包含許多交通不便的偏遠地區，若高價的感測設備遭到竊取或破壞，亦會使電力公司的負擔增加，為了降低電力公司成本及風險，設計規劃時需思考如何降低設備維護費用以及如何保護昂貴的儀器設備。未來電力系統隨著通訊網路鋪設趨於完善，假若在維修故障設備過程有干擾原有通訊管道之可能，電力公司原有的修護、運轉人員，必須具備資通訊產業相關知識或執照，方能正確處理事故狀況，並維持系統穩定。

(二)經濟面

智慧電網是一個創新的構想，其運作、建置方式將有別於以往傳統的電力系統，並

無往例可依循參考，預期目標和所需要投資金額的精確評估，將影響到智慧網計畫能否成功實現。政府透過智慧電網及再生能源來改善環境品質、帶動相關產業、減少碳排放的同時，亦需考慮相關獎勵措施，如智慧電網投入之成本需能回收，有誘因使電力公司願意投入人力及資本，而除了制定相關獎勵政策來提升業者的投資意願之外，政府在制定獎勵政策時須做更長遠、全面的考量，避免錯誤政策導致產業發展陷入困境，正確的補助政策才能確保獎勵制度能永續實施，使智慧電網能穩健發展。

(三)技術面

建置智慧電網後，電力公司需要處理大量來自智慧電表、系統上感測器及再生能源出力狀況的數據資料，許多設備會以較短週期將數據傳遞至電力公司。數據的傳送、存放、處理皆需要大量的投資，必須對應相關軟體才能有效管理與處理這龐大的數據量，例如：修正異常數據、回傳資訊保存與否及決定數據傳遞方式；電力公司於設計規劃時需視不同電網的需求功能做不同的安排規劃，並與設備供應商討論設計一套合適的資料處理流程，使將來運作效能達到預期。

隨著傳統電網逐步升級成智慧電網後，整個電網運作對資通訊系統的依賴程度漸增，許多重要的資訊、指令都在網路中傳送，若遭駭客、木馬程式惡意攻擊，將造成難以預估的傷害和損失，因此網路、資訊方面的安全絕不能被忽視。使用先進讀表擁有強大的雙向通訊功能，電力公司和用戶間的資訊傳遞更為方便，然而可能會有不肖用戶為了減少電費，利用違法應用程式篡改電表數據，達到減少電費支出之目的。因此，如何防範網路上的惡意攻擊並避免資料遭到更改，是智慧電網資通訊技術能否為電力領域帶來更安全便捷的重要關鍵。

(四)再生能源高占比時管理面向

政府鼓勵再生能源發展一直不遺餘力，然而，再生能源具有間歇性及不易預測的特性，且散布在電網的各個區域中而不易管理調度，因此隨著再生能源裝置併網容量漸增，再生能源的供電品質及可靠度，將影響整個電網供電穩定。電力業的輸配電需要新的概念與技術來預測和控制，並有能力整合這些電源。

電力業可經由調整運轉操作方式與流程，管理與運維再生能源，該結構應用大數據解析再生能源資賦開發規劃和運維所有層面。以目前臺灣再生能源裝置容量較大的風力發電為例，涵蓋範圍由風力預測到提供所需之輔助服務、電力系統的視覺圖像化、系統運轉的透明度、電力系統自動化和控制與相關軟硬體的应用……等。再生能源併入電網所用之自動化技術的應用，可由軟體與硬體兩方面探討。在硬體方面，監測單元所提供的系統資料和電力系統內關鍵位置的量測元件，可使運轉人員能監控系統的即時狀態，

而若搭配彈性交流輸電設備的高速切換控制開關功能，則可使運轉人員對微型電網的運作做出及時的決策與控制。在軟體方面，藉由將來自各地區的訊號呈現在圖像化的監控螢幕上，運轉人員可更清楚了解目前系統狀態（如發電機之升降載率限制）和預期間歇性再生能源對系統產生造成的衝擊（如：輸電壅塞、電壓狀態……等），使其可決定所需之轉備容量大小。當再生能源出力變動時，除了提供輔助服務之傳統水、火力機組外，亦可透過需量反應與儲能系統提升系統可靠度及提供輔助服務，如：升降載、增加備用與轉備容量。而儲能系統結合再生能源可提供相對平穩的電力輸出，其建置規模與反應時間可根據功能需求或電池特性而有所不同。儲能技術目前仍在研究發展階段，以美國 Southern California Edison 電力公司管轄範圍內 Tehachapi 風場為例，美國能源部 (D.O.E.) 補助 Southern California Edison 電力公司在該風場進行鋰電池儲能技術的運轉測試專案計畫，該計畫預計執行至 2015 年底，評估儲能技術對提升電網效能及再生能源併網所帶來的效益。而將適切容量的儲能系統安裝在適當位置，並配合相關的通訊及控制技術，使用電戶可視電價的高低，來決定其充、放電運轉的模式，使其可用以調節再生能源因天候環境造成的出力變化並滿足電網之尖峰負載管理、頻率及電壓之調整以及虛功支援等需求。若了解飛輪與相關電池儲能方式的特性，可設計出更具彈性及經濟的功能性儲能系統。

四、智慧電網之未來

智慧電網為我國未來節能減碳策略的重要措施，政府亦於 101 年發布的「智慧電網總體規劃方案」中，規劃 20 年推動期程，預計共將投入新臺幣 1,399 億元於整體計畫佈建，其中超過三分之二的資金將投注於智慧電表基礎建設，促進發電端、用戶端間訊息資料充份整合，短期內仍在小規模試行實證分析階段，未來依實證成效進行後續推動工作。目前各國對智慧電表佈建規劃亦持續評估與改進中，包括智慧電表技術標準制定、資訊安全、以及其搭配時間電價措施的節電效益等，其中因應電力用戶質疑的資訊安全問題，如美國加州與其他數州允許用戶自主選擇保留傳統電表，不參與智慧電表佈建，且其時間電價措施的實際節電效益亦尚待評估。

五、在智慧電網次系統推動策略方面：

- (一)先進讀表基礎建設的核心為電表資訊管理系統 (MDMS)，短期將利用台電智慧電網整體示範場域，進行系統功能驗證與用戶端設備建置，發展專業系統整合商，爭取參與國外電表布建示範計畫，並協助廠商跳脫代工生產模式。中期應完善電價機制，制定相關標準，配合需量反應，深化系統功能驗證，以強健我國專業系統整合商之技術能量，擴展外銷。長期目標為切入先進國家智慧電表供應鏈，提供產品支援或系統方案的技術支

援。

- (二)先進配電自動化系統方面應利用智慧電網整體示範場域，進行系統功能驗證與設備建置，配合台電在國內配電自動化推廣經驗與成效，尋求先進配電自動化設備推廣至開發中國家機會，協助降低停電時間與再生能源滲透率之提升。
- (三)微電網系統方面則可藉由產學合作，由產業界提供產品實作機會及市場切入可行性，學術界提供技術及理論基礎，並依產品的市場價值，加強需要產學合作的領域，以協助廠商開發微電網系統與相關設備。初期試驗場域以離島、非聯大電網地區、緊急用電設施為主。例如：在澎湖等離島地區找尋小型獨立電網的小島，結合產、學、研開發符合世界潮流之微電網系統。在制度面應將現有躉購電價制度、需量反應制度整合並納入儲能設施，完善虛擬電廠整體商業運作制度。另外透過參與國外示範計畫，或協助開發中國家架設微電網，試驗穩定性，逐步滲透該國電網市場，布局未來臺灣在國際上的電網市場。在對象上優先考量已將需量與儲能納入容量交易市場或躉購制度的國家，整合分散式發電設備發展成為虛擬電廠的供電服務。
- (四)智慧家庭（建築）系統方面短期應將國內標準制定與認證標章連結，以資訊產品、空調、照明、家庭能源管理系統為優先，配合智慧電表建設工程、智慧電網整體示範場域與時間電價制度推動，促使國內形成智慧家庭（建築）市場帶動產業發展。中長期則以完善國內商業與住宅節能誘因機制，強化國內消費者需求，並爭取國際標案，擴展外銷為目標。
- (五)智慧輸電系統方面，在技術開發部分，同步相量量測器（PMU）、中央監控站與網路之系統整合為未來發展之重點。在市場開拓的部分，由於輸電相關設備國內僅台電有需求，因此拓展海外市場為企業追求永續經營之必要手段，國內廠商目前採取之經營策略為將工廠及技術留守臺灣，透過設立代理商的方式提供產品及服務至海外。另由於電網系統之獨占特性，造成開拓海外市場不易，因此市場標的群體逐漸由大型電力企業轉為小型工廠。
- (六)在智慧電網儲能系統的部分，國內應加速建立直流系統的標準及規範，研究世界各國相關直流電之法規，訂定國內直流系統之標準及規範，以促進國內儲能系統產業發展。此外，目前儲能系統在國際上多以系統整合的形式推出新產品，各廠商雖分工細，但彼此必須聯繫、整合。因此建議政府可輔導國內從規劃設計到設備製造廠商共同合作，帶動整個產業鏈，以提供系統化服務，打入國際市場。

六、小結

智慧電網的建置，從最初的規劃、評估、影響分析到因應對策，每一個環節都需要

謹慎的去執行，找到屬於臺灣智慧電網發展的方向。智慧電網的運作與建置方式有別於以往傳統的電力系統，明確具體的預期目標、面臨的障礙及所需因應對策、需要投資金額的準確評估和適當的相關產業政策及法規配套，將影響到智慧電網計畫能否成功，除了傳統電力領域的專業外，電力公司必須具備資通訊領域的知識，學習與汲取廠商系統整合的成功經驗，降低建置智慧電網的風險。

傳統電網升級成智慧電網後，增設許多新的設備儀器，電力公司無法在短時間將淘汰更新舊設備，未來勢必面臨新舊設備、應用程式、技術、裝置等整合問題，在設計規劃時需思考智慧電網如何整合原有系統與設備，如：配電系統在規劃新的通訊線路時，原有的建築物、設備是否會影響其通訊功能。以及思考如何降低設備維護費用。展望未來，再生能源之裝置容量將迅速成長，其間歇性與不易準確預測的特性對既有電力系統衝擊，將促使現行的電力系統須進行結構與運轉方式的調整，若能與智慧電網整合，可藉此協助電力公司將再生能源整合到電力系統的運轉與調度，藉以容納更多的再生能源，帶動相關產業發展，增加就業機會，同時減少碳排放，邁向永續發展。

第四章 能源管理效率與提升

相對於投入再生能源所需資源及經費，提升能源效率實為有更經濟有效之作法。本次課程在能源效率提升議題，計有「建築能源管理」、「工業能源管理」、「電力系統自由化」及「電力系統重組模型與交易安排」4 項課程；另第 2 週的參訪行程，計有：泰國能源部替代能源發展與效率處之節能大樓、新加坡建築及營建局以及國家圖書館大樓，共 3 處。

第一節 建築能源管理

快速的都市化發展，使得全球人口急速往都市集中，全球都會地區人口，已自 1950 年 2.3 億成長至 2000 年 12.2 億，在新興發展中國家或地區中，中國大陸估計於 2020 年以前，每年將增加 20 億平方公尺的樓板面積；印度亦估計將於 2030 年前，合計再增加 7 千萬棟都市建築，突顯了建築能源管理的重要性。

壹、為何建築能源與碳排減量很重要

以印度為例，其都市人口占全國三分之一，使用了全國 87% 的電力消費量，如果建築設計不良，加上都市地區充斥道路和水泥地並缺乏綠化，將加速熱島效應產生，導致空調用電需求增加，形成惡性循環。印度近十年的空調需求，每年以 20% 的幅度成長，估計於 2030 年前，每年將再增加用電 2,390 億度，相當於新建 300 座 500MW 燃煤火力發電廠的發電量；但如果導入節能空調機組，將可降低其中 40% 用電量，相當於減少新

建 100 座 500MW 燃煤火力發電廠。因此，空調將是建築能源管理的重要關鍵。

建築的使用能源型態，以照明及空調為主。從圖 83 可知，建築節能減排措施，包括室內照明(如白熾燈泡換裝為緊密型螢光燈管(CFL,即俗稱之「省電燈泡」)或 LED)、空調設備以及節能家電的汰舊換新，其減排成本為負值，表示相關投資極具效益，應優先實施。

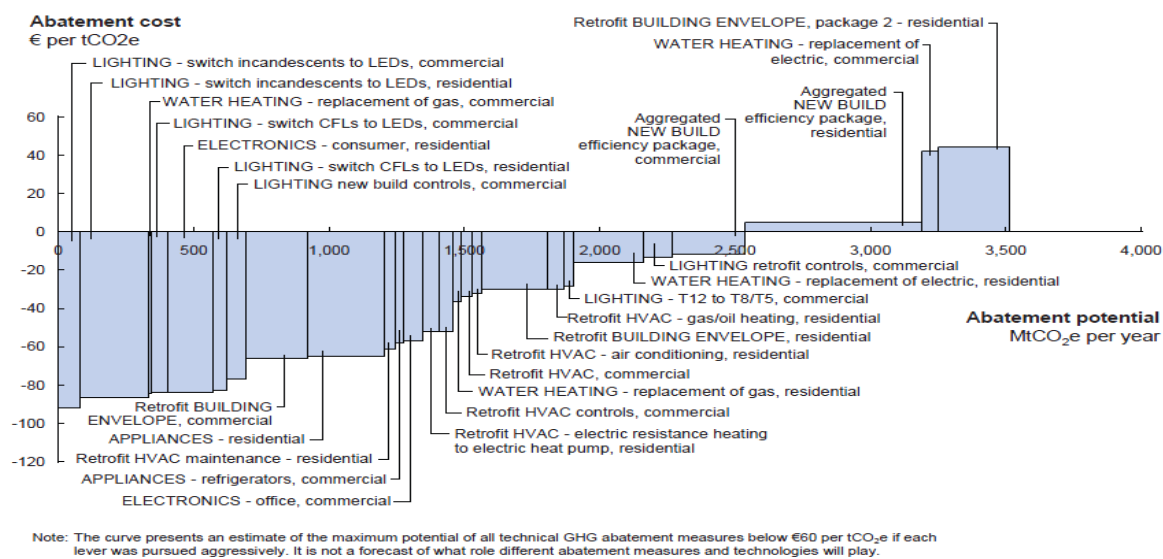


圖 83 各項建築節能減碳措施所需投入成本

貳、建築如何貢獻於能源使用與碳排放

「內含耗能」(embodied energy)，係指建築歷經設計、建材生產及運輸、營建工程等階段之能源消費總量，分析如下：

- 當設計階段完成時：生命週期 80-90%經濟成本及生態成本即已決定。
- 當計畫前期成本花費 1%時：相當於付出約 70%的生命週期成本支出。
- 當計畫花費 7%時：相當於付出約 85%的生命週期成本支出。

採用良好的設計，對於降低建築生命週期能源使用至關重大。包括：

- 城市：高層建築採用模組化設計，有興建迅速的優勢，並可節省投入資金、節省建材及減少營建廢棄物。
- 郊區及鄉村：低層建築使用低內含耗能的材料（如：磚造建築），搭配活化人力資源，創造在地就業機會。

但考量地理條件之差異，尤其我國位處地震帶，建築仍應以防震設計為優先，並

與永續能源策略一併納入設計考量。

完善的建築永續能源策略，應以生物氣候建築 (bioclimatic architecture) 為基礎，兼顧能源效率與節約能源 (亦包括熱回收)，其次為導入再生能源，最後才是使用化石能源發電補足。

1. 生物氣候建築：計有被動式太陽能設計 (passive solar design，包括：座向方位、日曬保護、自然採光、自然通風等)，以及建築外殼 (包括：開窗面積比、外層隔熱、節能 (多層) 玻璃等) 共 2 個面向。
2. 能源效率：計有照明 (包括：高效率燈具、高效率反射板、感應式照明控制、自然採光補償等)、HVAC 中央空調系統 (包括：高效率 HVAC 主機、輻射加熱/冷卻、需量控制的通風系統、氣候響應控制等) 以及其他設備 (包括：高效率電梯、高效率設備，高效率辦公室電器)、熱回收 (包括：冰水機、煙氣、冷凝器及發電機的熱回收) 共 4 個面向。
3. 再生能源：計有太陽熱能、太陽光電、風力機，以及地熱共 4 個面向。
4. 有效率地使用化石能源發電：計有微渦輪、燃料電池、汽電共生/冷熱電聯產，以及分散式能源共 4 個面向。

導入上述設計雖會增加設計經費，但於興建階段的能資源消費可達最佳化，且於落成後的使用階段亦可降低能源使用成本，以數十年生命週期觀之，方為最具經濟效益的作法。

為協助各國推動綠建築設計，隸屬於世界銀行的國際金融公司 (International Financial Corporation, IFC) 所發展的 EDGE (Excellence in Design for Greater Efficiency) 免費工具軟體，已協助近 100 個國家設計綠建築，相關資訊可進入 EDGE 專屬網頁參考，網址為：http://www.ifc.org/wps/wcm/connect/topics_ext_content/ifc_external_corporate_site/edge。

第二節 工業能源管理

全球的能源消費趨勢並非永續，我們正在使用相當於 1.5 個地球以支持人類的活動。如持續目前的使用狀態不作任何改變 (business as usual)，在 2030 年前，我們需要開發相當 2 個地球的資源。為滿足終端使用者需求，所有溫室氣體排放都可歸因於工業產品運送與其服務之上。

壹、工業創新的波勢

- (一) 第一波為 1780 年代 (早期的機械化)。

- (二) 第二波為 1840 年代（導入蒸汽動力）。
- (三) 第三波為 1900 年代（電力與重工業的工程技術）。
- (四) 第四波為 1950 年代（機動車輛與大量製造技術）。
- (五) 第五波為 1990 年代（軟體、資訊工程、生物科技與數位網路）。
- (六) 第六波預計將於 2020 年代發生（資源生產力，即如何將運用資源、減少污染於提升生產力的行為）：包括 8 個主要面向：永續性、仿生性、根本的資源生產力、再生能源、工業生態學、綠色奈米技術、全面向的系統設計，預計將帶來下一波工業革命。

貳、能源管理策略

典型工業在能源需求上，是以加熱及冷卻為基礎，其次為馬達動力、製程設備，而以空氣壓縮系統最高（註：我國的工業型態，則是製程設備第一、其次是馬達動力），而使用能源型態以電力為主，則與我國相同。

在從初級能源到終端能源服務的途徑上，因為能源轉換過程以及輸配電途中的能量損失，所以從最終端進行管控，將是最佳的策略。舉例如下：

以點亮 600 流明白熾燈泡為例，實際用於發光的部分為 4W，加上白熾燈泡本身的熱損失 36W、輸配電過程損失 5.5W，以及發電廠的熱損失 84.4W，需透過火力電廠（煤炭）產生 129.9W 熱能，如圖 84。

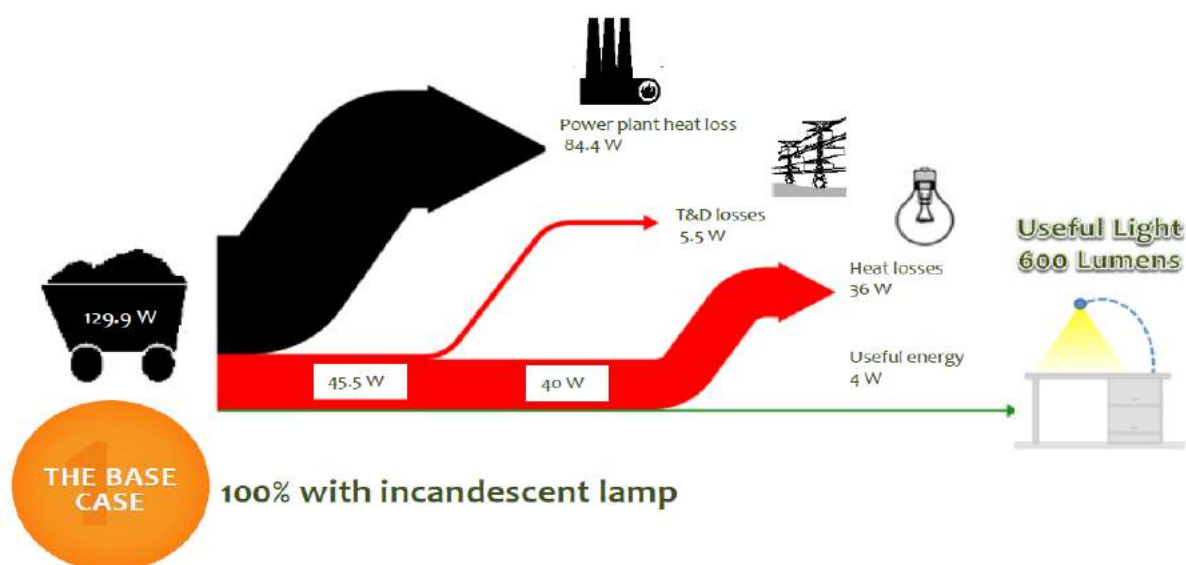


圖 84 白熾燈泡用電量相對於火力電廠發電量

以點亮 600 流明緊密型螢光燈管(CFL)為例，實際用於發光的部分為 4W，加上 CFL 燈泡本身的熱損失 6W、輸配電過程損失 1.4W，以及發電廠的熱損失 21.1W，需透過火

力電廠（煤炭）產生 32.5W 熱能，如圖 85。此外，一顆 CFL 燈泡約 5 美元，可創造 30W 的節電效益，所以欲達到 1000W 的節電效益，相當於投入 165 美元；相較於發電廠需投入 1000 美元改善機組效率，才能達到相同效果（增加 1000W 發電量）。而這種透過節約能源手段，產生抑低電廠所需發電量的效益，稱為 Negawatt。

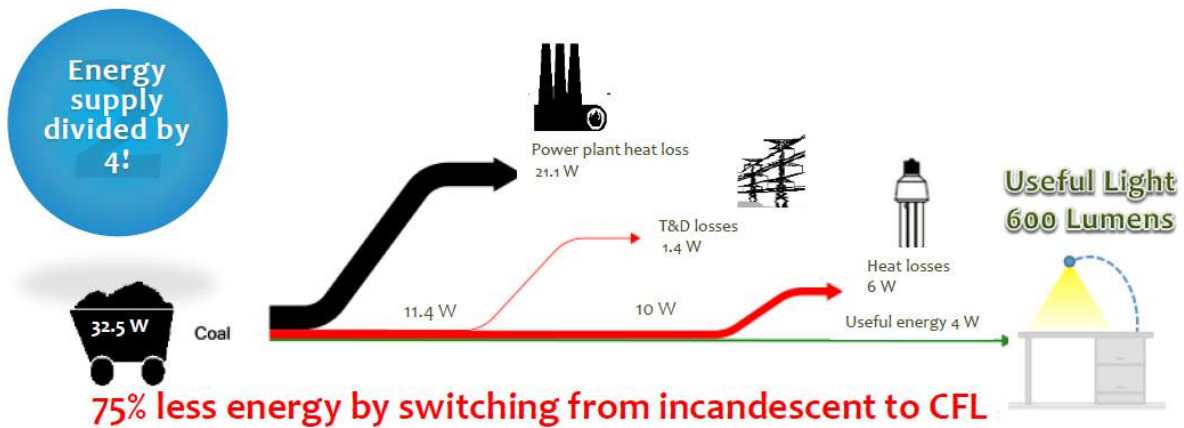


圖 85 緊密型螢光燈管相對於火力電發電量

以點亮 600 流明 LED 燈泡為例，實際用於發光的部分為 4W，加上 LED 燈泡本身的熱損失 1W、輸配電過程損失 0.7W，以及發電廠的熱損失 10.6W，只需透過火力電廠（煤炭）產生 16.2W 熱能，如圖 86。

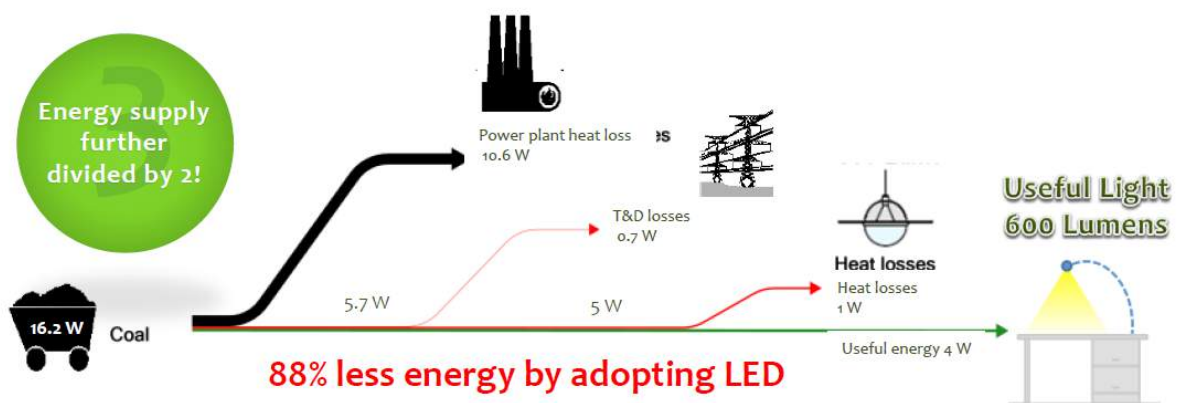


圖 86 LED 燈泡相對於火力電廠發電量

參、製造業的永續能源

透過節能科技的發展，搭配實廠（on-site）導入太陽能發電等再生能源，不僅可再節省電力於輸配過程的損失，亦可達到「零排碳」的功效。再以上述 600 流明 LED 燈泡為例，如果使用 5W 的小型太陽能板作為電力來源，「理論上」就可完全取代煤炭發電（如

圖 87)，惟在實務上，建議應將經濟因素（亦即建置成本）納入考量，在有限的經費需求上，與節能永續取得平衡。

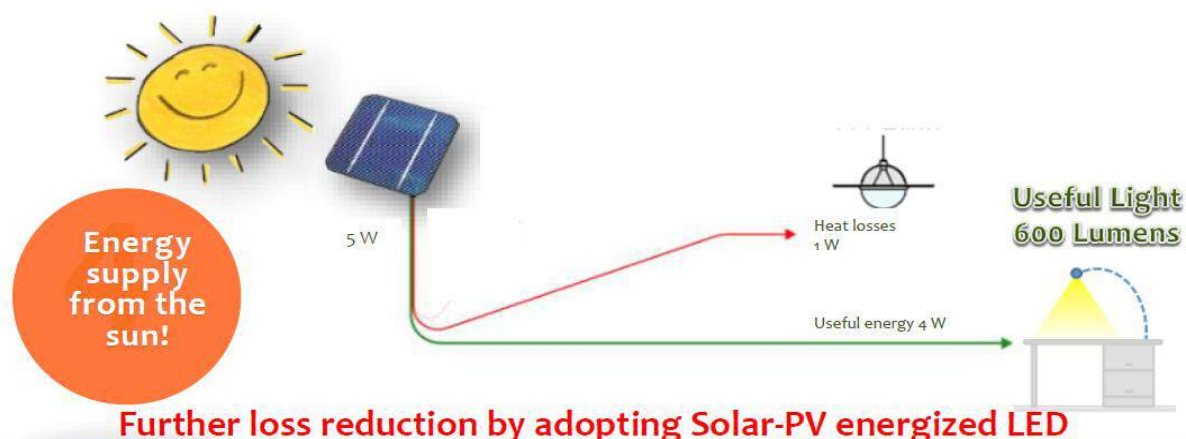


圖 87 導入再生能源取代火力電廠發電

綜上所述，製造業走向永續能源的途徑，應從「降低需求」及「製程改善」作為出發點，設備改善次之，最後再輔以再生能源及汽電共生或冷熱電聯產，達成最有效使用化石能源的終極目標。

第三節 電力系統自由化

電力系統自由化，就是透過法規鬆綁，讓民間公司有加入電力供應市場的機制，在彼此競爭下，刺激並提升電力系統整體效率，以提供更佳服務的手段。其層面包括：電力系統之發/輸/配/售分離。

電力系統自由化可帶動的創新契機，如：提升電力系統效率（發/輸/配）、推動智慧電網、電業民營化，且具有帶動電價合理反映成本的附加效益。

我國目前「電業法修正草案」現已送立法院審議中。規劃中之方案，重點包括：

1. 採廠網分工（會計分離）及廠網分離分 2 階段務實漸進推動。
2. 將電業劃分為發電業、電力網業及售電業，電力網業為國營獨占公用事業，發電業及售電業則開放競爭以提升經營效率，其中發電業可採躉售、電力網轉供及直供方式售電。
3. 成立電業監理單位，負責電業管理及電力市場電價及交易秩序之監督管控。
4. 成立電力調度中心，專責電力調度業務，以確保電力網之公平與公開使用，建構公平競爭環境。
5. 由高用量用戶逐步開放至低用量用戶可自由選擇購電對象，提升消費者權益，尚未開放之用戶仍由電力網業供電，用戶權益不受影響。

有關發電業、電力網業、售電業、電業監理單位及電力調度中心之業務功能架構，說明

如圖 88。

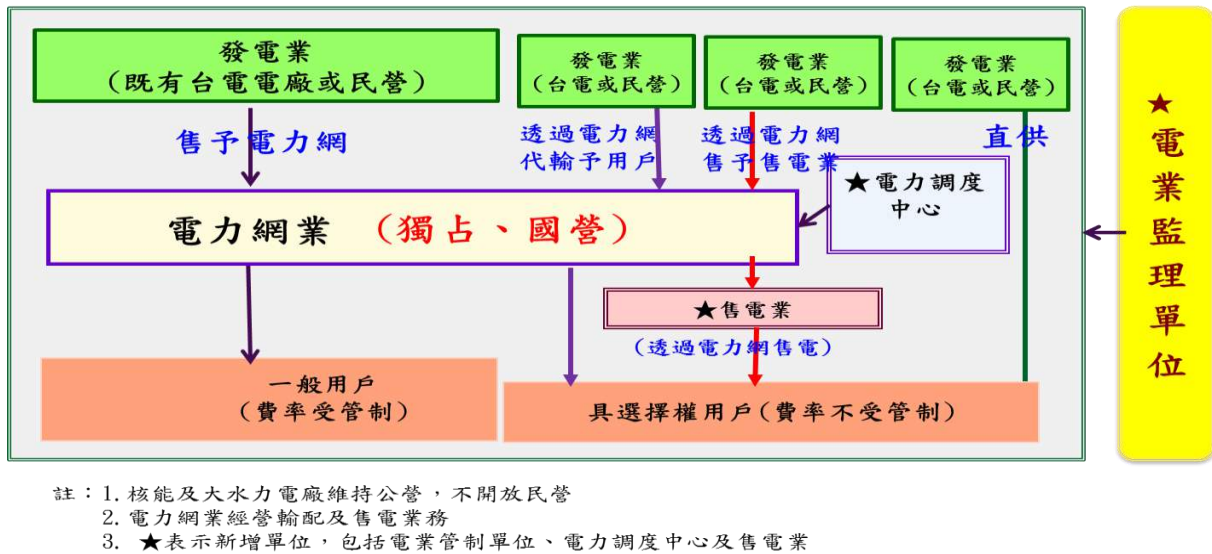


圖 88 我國「電業法修正草案」架構

在課程討論的過程中，講座 Dr. Weerakorn Ongsakul 教授亦特別強調，電業在自由化過程中，必須注意下列潛在問題：

1. 輸電系統若無法解決系統壅塞的問題，消費者就無法以低價從供應商取得能源，而任由供應商控制市場價格，無法達到真正競爭。
2. 人煙稀少或偏遠山區之用戶處於弱勢，地區型電廠因設備汰換不易、投資回收期長，在電業自由化後，可能造成該區域電價大幅上漲而失去公平性，建議主管機關應納入政策考量。
3. 價格是由供需所決定，而不是由規範者或政府所決定。

第四節 電力系統重組模型與交易安排

壹、電力系統重組模式

綜觀世界各國之電力系統營運結構，可歸類為下列 4 類模式：

壟斷型 (monopoly)：電力系統之發/輸/配/送各單元皆為壟斷事業；我國現行「電業法」規定屬於此類。

購電代理型 (purchasing agency)：亦稱為「單一買家模式」，由一家公司作為買賣電力的代理商（常為輸配電業者），將電力售予批發商以及連接至輸電系統的大用戶。此代理商可向各家發電業購買電力（可鼓勵發電業的自由競爭），且對於電網及售電予終端用戶具有壟斷權。我國「電業法修正草案」近似此種模式。

批發競爭型 (wholesale competition)：發電業可將電力直接售予批發商及大用戶；配

電業向發電業購買電力並傳送至電網，且仍保有售電予終端用戶的壟斷權。

零售競爭型 (retail competition)：電力系統之發/輸/配/送各單元皆自由化，發電業可將電力以批發或零售方式，直接售予任何客戶（含終端消費者）；而消費者也可自由選擇電業。缺點是交易成本高，但可透過資通訊技術來降低交易成本。上述 4 種模式，整理如表 13：

表 13 電力系統營運結構的模式分類

模式	壟斷型	購電代理型	批發競爭型	零售競爭型
定義	電力系統之發/輸/配/售皆為壟斷事業	發電業競爭，單一買家	發電業競爭，並提供配電業者之選擇性	發電業競爭，並提供終端用戶之選擇性
發電業競爭	否	是	是	是
提供售電業之選擇性	否	否	是	是
提供終端用戶之選擇性	否	否	否	是

貳、電力系統的交易安排

現行電力系統的交易安排模式，計有電力池模式 (pool model)、雙邊/多邊模式 (bilateral/multilateral model)，以及電力池雙邊混合模式 3 種，說明如下：

電力池模式：輸電系統由獨立系統運作者 (Independent System Operator) 與電力交易市場 (Power Exchange) 緊密結合，形成決定配送電力與決定其交易價格的「電力池」；發配電雙方簽訂差價契約，相互買賣電力。其優點為市場價格、數量透明，缺點其價格不穩定，由大供應商控制。智利、阿根廷、東澳大利亞及英國東西部，均採用此模式交易。

雙邊/多邊模式：電力交易的地點及數量是由買賣雙方議定，獨立系統運作者不介入交易；當交易成立後，再將交易資訊提供予獨立系統運作者，俾供調撥電力。我國「電業法修正草案」規範的電力交易機制，近似此種模式（示意如圖 89）。

電力池雙邊混合模式：電力交易的買賣雙方除於電力池進行交易外，亦可相互簽訂雙邊契約。此模式與電力池模式相異之處，在於輸電業未與交易市場及電力安全業務連

結，其優點為價格穩定，但亦有價格彈性較少的缺點。目前美國加州及紐約、北歐、紐西蘭，係採用此模式。

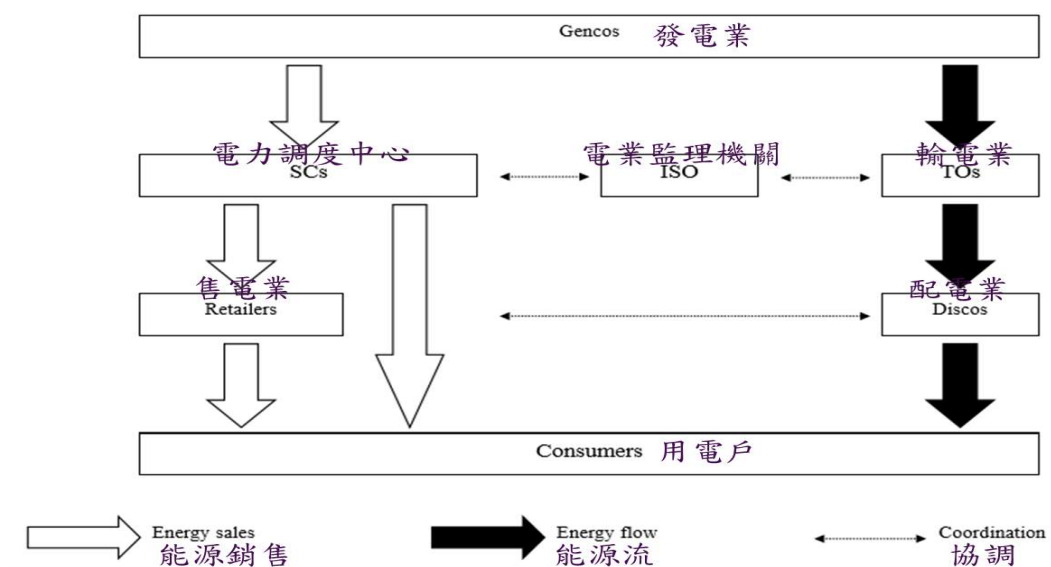


圖 89 雙邊/多邊模式之電力交易安排

第五章 低碳施政與法制配套

低碳施政包含溫室氣體減緩與其配套政策法令。相關課程計有「東南亞國家協會能源政策」、「低碳政策」、「聯合國國際氣候變化綱要公約第 21 屆締約國大會及減緩溫室氣體排放之預期」及「能源政策評估」4 項課程；另相關參訪行程計有：泰國溫室氣體管理組織、新加坡南洋理工大學藝術設計媒體學院，共 2 處。

第一節 東南亞國家協會能源政策

本課程係由泰國亞洲理工學院環境資源與發展系副教授 Shobhakar Dhakal 博士就東南亞國家協會能源政策進行說明，並針對東協各成員國(汶萊、柬埔寨、印尼、寮國、馬來西亞、緬甸、菲律賓、新加坡、泰國、越南等 10 個國家)之能源政策相作比較。

壹、東協成員國能源政策之過去與未來

東協想要效法歐盟，成為東南亞經濟共同體，現在並慢慢朝向這個目標前進。這個區域的市場劃分，透過這些政策，將朝向單一能源市場邁進。在東協中有二個合作計畫相當重要，即「東協電網(ASEAN Power Grid)」及「跨東協天然氣管線網路(Trans-ASEAN Gas Pipeline)」，其分別也面對相當的挑戰及機會。

一、東協關鍵能源指標

過去幾十年東協 GDP 成長快速，人口數已達 6 億，淨油交易已成為負值，即進口大於出口；然而天然氣和煤則仍為正值，即出口大於進口。從 1990 年開始，因化石燃料的使用增加，溫室氣體二氧化碳排放較過去已成長了 3 倍。

表 14 東協相關指標數據表

	Unit	1990	2000	2011	2000-2011*
GDP (MER)	\$ billion	788	1 261	2 185	5.1%
GDP (PPP)	\$ billion	1 225	1 966	3 413	5.1%
Population	million	444	522	597	1.2%
Primary energy demand	Mtoe	223	373	549	3.6%
Primary energy demand per capita	toe	0.5	0.7	0.9	2.3%
Primary demand/GDP (MER)	toe/\$1 000	0.28	0.30	0.25	-1.5%
Net oil trade**	mb/d	0.7	-0.3	-1.9	18.7%
Net gas trade	bcm	46.8	68.7	62.1	-0.9%
Net coal trade	Mtce	0.4	37.8	219.6	17.4%
Energy-related CO ₂ emissions	Mt	368	715	1 166	4.5%

* Compound average annual growth rate. ** Negative values indicate imports. Notes: MER = market exchange rate; PPP = purchasing power parity. Sources: IEA databases and analysis.

以 2011 年東協各國能獲得現代能源的各項數據來看，柬埔寨 66% 人口、緬甸 51% 人口無法獲得現代的電力；另外，柬埔寨 88% 人口、緬甸 92% 人口仍依使用傳統的固態燃料烹煮食物，即便如此，相較於南亞及非洲，情況已好很多。

表 15 東協電力及傳統能源使用人口數據表

	Population without access to electricity		Population relying on traditional use of biomass for cooking*	
	Million	Share (%)	Million	Share (%)
Brunei Darussalam	0	0%	0	0%
Cambodia	9	66%	13	88%
Indonesia	66	27%	103	42%
Lao PDR	1	22%	4	65%
Malaysia	0	1%	1	3%
Myanmar	25	51%	44	92%
Philippines	28	30%	47	50%
Singapore	0	0%	0	0%
Thailand	1	1%	18	26%
Vietnam	3	4%	49	56%
Total ASEAN	134	22%	279	47%

東協目前仍為淨能源出口國，尤其是在煤及天然氣，然而在石油已為進口國，而全球各項能源存量，石油僅夠使用 14 年，天然氣尚有 7.5 兆平方公尺存量，煤則較多，尚稱足夠。

以石油、天然氣及煤三項化石燃料分別分析統計，以石油而言，由 2012 年轉為淨進口，並預期於 2035 年將大幅擴大石油進口的依存度;而天然氣因產量較為豐富，預計至 2035 年僅供需差距縮小;至於煤則因產量大，預期將維持淨出口無虞。

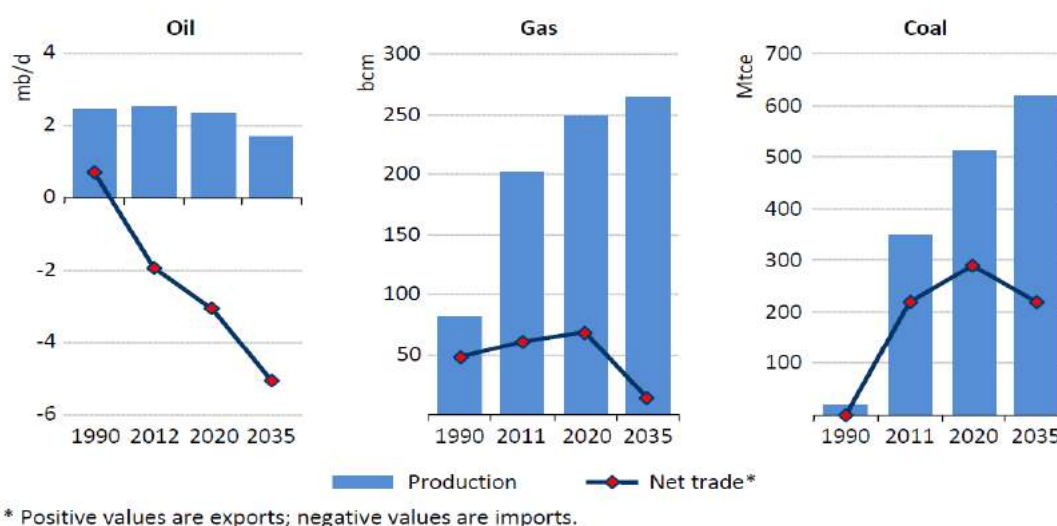


圖 90 東協化石燃料生產及淨交易圖

二、東協各成員國能源概況

以個別國家情況進行分析，緬甸水力及天然氣充足，近年能源需求增加，天然資源豐富;寮國水資源豐沛，號稱東南亞電池，可賣多餘電力至附近國家(如泰國);汶來富產石油出口;印尼為能源最大消耗國，雖然有產油，惟因需求大，仍為淨進口國;泰國為能源第二大消耗國，各項能源均仰賴進口;越南近年能源需求日益增加，朝向發展核能解決能

源問題;馬來西亞為能源第三大消耗國，雖有出口液態天然氣，但產量日益減少;新加坡無天然資源，能源均仰賴進口，以前僅為鍊油，現已成為區域石油交易樞紐，並將成為天然氣交易樞紐。柬埔寨在東協中相較於他國則顯的經濟發展緩慢，電力普及仍為難題。

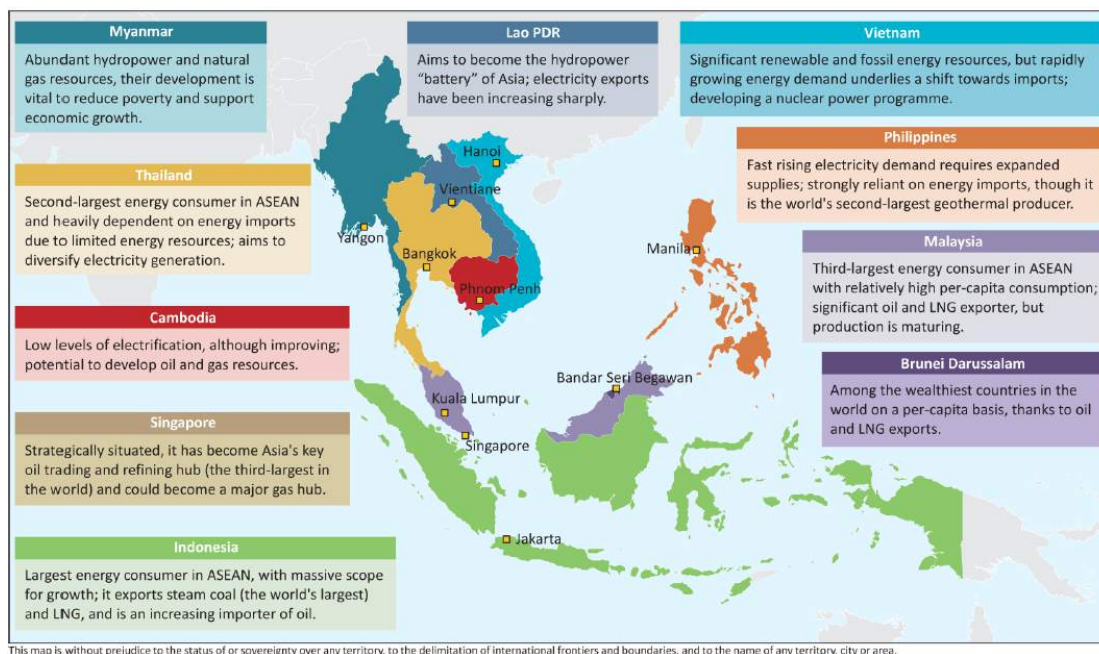


圖 91 東協各成員國能源發展概況圖

除了新加坡、汶萊，東協各國之平均每人能源消耗與需求，相較 OECD 及日本均為低，但成長快速，在 1990~2011 年間成長 5 倍，尤其對化石燃料(石油、天然氣及煤)需求大幅提升。此區域因小島眾多造成運輸不便、電網、管線架設困難，使用石油則成為重要的發電來源。

貳、東協成員國主要能源政策

隨著此區域能源需求增加，石油及天然氣已呈現淨進口，未來預期將更仰賴煤碳，如此一來，若無法快速發展再生能源，仰賴煤將增加溫室氣體排放。所以，必需增加能源產業投資，預計至 2035 年累積達 9900 億美金，其中一半用來建電廠，另一半用來做輸配電。尤其印尼、泰國及馬來西亞，對於能源產業投資為大幅提升，能源政策於每個國家各有不同，反應其擁有資源及經濟活動，不過都有幾個共同點，即為可負擔性、提升能源效率、能源安全、減量排放的永續性。因為東協對於煤的需求很高，對於空氣污染及溫室氣體排放極為不利，故各國討論應加倍使用再生能源，除此之外越南正致力於發展核電，泰國及其他國家則在討論是否跟進。以下簡述各國主要能源政策及目標。

- 一、汶萊:增加石油天然氣產量，於 2030 年達 800kboe/d;藉由將單循環天然氣發電廠系統改良為複循環系統，提升能源效率，並於 2030 年使太陽能發電達 10MW;減少能源密集

- 度於 2030 年 25%；建構電價分層定價系統，並提高用電大戶之電費。
- 二、柬埔寨:發展水力發電並降低發電成本;於 2015 年再生能源達總發電量 15%;管理並展石油資源，以確保能源安全並善用收益發展經濟及減少貧窮。2030 年達到家戶用電可及率至 70%。減戶終端能源需求密集度於 2030 年至 10%。
- 三、印尼:於 2025 年達到減低石油及天然氣佔能源比例分別至 25%及 22%，並增加再生能源及煤比例分別至 23%及 30%;至 2020 年家戶電力普及率達 99%;建立不同樣式再生能源之電力收購制度;每年達成 1%節約能源目標;減少溫室氣體排放量於 2020 年減少 26%，若國際協助則提高至 41%;於 2014 年建造 10GW 裝置容量電力，其中煤佔 40%、地熱 34%、水力 11%、天然氣 15%，不過目前已修正延長期程、調整各項比例，並增加為 18GW。
- 四、寮國:發展水力發電及其他再生能源用於國內及出口;建造 5GW 水力發電廠及 1.9GW 燃煤發電廠於 2015 年;改善北中南地區電力輸送線路及與泰國、越南電網的連結;於 2025 年達到再生能源(含傳統生質能源)佔總能源供應 30%;於 2025 年減少終端能源消耗 10%;增加家戶電力普及率於 2015 年至 80%、於 2020 年至 90%。
- 五、馬來西亞:於 2020 年增加 3.1GW 新發電容量及更新 7.7GW 舊的發電容量設備;於 2015 年達到 285MW 再生能源裝置容量，其中對發電量的貢獻於 2030 年由 6%提升至 13%;核能發電為長期未來的選項之一;在已開發國家技術轉移及財務支援的前提下，於 2020 年減少二氧化碳 40%排放強度，相較於 2005 年。
- 六、緬甸:於 2020 年以減少 5%之能源消耗為目標，以及於 2030 年以減少 8%之能源消耗為目標;增加再生能源發電容量比例於 2020 年達 15~18%。
- 七、菲律賓:增加發電容量從 2011 年 16GW 至 2030 年 29GW，並擴張電網至全部的主要島嶼;於 2030 年達到三倍的再生能源發電容量至 15GW，以地熱及水力發電為主;於 2030 年達到節約能源 10%;增加家庭電氣化由 70%至 2017 年為 90%;公共運輸車輛使用瓦斯燃料從 10%提升至 2030 年 30%;酒精汽油於 2020 年達到 20%;生質柴油由 2015 年 5%、2020 年 20%至 2025 年 20%。
- 八、新加坡:5 項主要策略，能源供應多樣化、加強基礎設施及系統、增加能源效率、加強綠色經濟、確保能源價格優勢;於 2020 年有 5%尖峰電力需求，由再生能源供電;相較於 2005 年，於 2020 年減少能源密集度 20%，於 2030 年減少 35%。運用減量排放及增加能源效率方法，於 2020 年減少二氧化碳 7~11%排放量。
- 九、泰國:發電裝置容量於 2030 年增加至 71GW;於 2026 年大幅降低天然氣發電及發展核能發電;於 2021 年增加再生能源於終端使用之比例之 25%，其中消耗酒精為每日 900 萬公升及生質柴油 597 萬公升;於 2030 年相較於 2005 年減少能源密集度 25%;長期考量安

全儲油由 45 天提升為 90 天。

十、越南:2020 年發電容量達 75GW、2030 年達 150GW，其中於 2020 年有 5%發電量來自於再生能源、於 2030 年有 12GW 來自核能發電;鼓勵私人投資電力設施;進一步發展當地天然氣資源，增加公共設施之投資與進口;於 2025 年建立 90 天之安全儲油量。於 2020 年達到 100%鄉村家庭電氣化;相較於 2010 年，於 2020 年減少二氧化碳排放 8~10%。

參、東協能源整合

東協成員國想要效法歐盟做能源整合，而從 2016 年開始東協將成為經濟共同體，這種整合的連結包含實體連結、制度連結以及人與人之間的連結，而能源、交通、資訊通信為重要的實體連結。所以東協也與許多國際性捐助方探討，如何善用資源達到連結，例如亞洲開發銀行或其他雙邊捐贈部門，希望能達成目標。

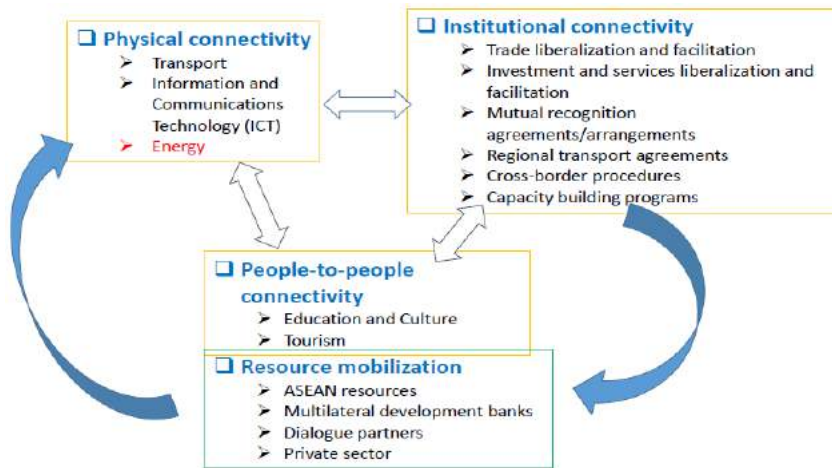


圖 92 東協整合連結圖

為什麼東協成員國要做能源整合?其原因可從效率、安全、環境三方面探討，從效率而言，整合市場可改善電力供給效率、減少基礎建設的成本、因有競爭而提高服務品質。從能源安全而言，東協各成員國緊密連結，可減少各單一地區能源中斷，以寮國為例，有豐沛的水力發電，若無區域連結，無法將電力賣到其他國家如馬來西亞或新加坡。從環境整合面向而言，生物燃料，泰國、馬來西亞及印尼相當充足，而菲律賓則不足，需在此區域整合，達到供需平衡，並可導入更潔淨的能源。

東協有許多能源合作論壇，為了 2016 年達到經濟共同體目標，已通過許多倡議。AMEM: ASEAN Ministers on Energy Meeting、SOME: Senior Officials Meeting on Energy、ACE: ASEAN Centre for Energy、AFOC:ASEAN Forum on Coal、EE&C-SSN:Energy Efficiency and Conservation Subsector Network、NRSE-SSN: New and Renewable Sources of Energy Subsector Network、ASCOPE:ASEAN Council on Petroleum、HAPUA:Heads of ASEAN Power Utilities/Authorities、AERN:ASEAN Energy Regulatory Network、SCNER: Sub-Committee on

第二節 低碳政策

壹、再生能源

使用能源選項及組合中再生能源為達到低碳世界的重要一環，但根據 REN21 在 2014 年的報告顯示再生能源僅佔 19%，而其中現代再生能源只佔 10%，雖然再生能源年度成長率仍持續上升中，但比例仍低。在同一份報告可看到太陽能光電及熱發電的比例是成長的，裝置容量不斷增加從 2004 年到 2013 年已將近 140GW，而風力發電也是直線上升，在 2013 年底裝置容量已達到 318GW，中國、美國、德國、西班牙、印度、英國等國家過去幾年在風力發電有長足進步。

在價格方面，再生能源整體價格雖高但已下降尤其是太陽能及風力發電，生物燃料價格也已下降，如在巴西利用甘蔗生產乙醇的價格過去幾年也大幅下滑。從 IEA2015 的報告可看到再生能源的裝置容量已新增加 50%，

但即便看到再生能源比率增加但再生能源佔整體能源比例仍少。

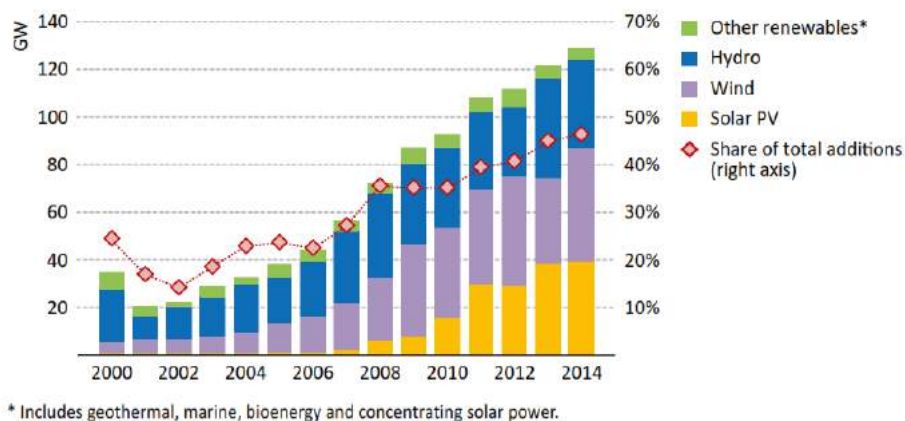


圖 93 再生能源的裝置容量

IPCC 在 2012 年根據每單位容量能源價格做了比較，也因為每個國家價格未必相同，所以調查結果如生質能源價格就有很大的範圍，這是因為有些技術上已符合成本效益，有些還沒所以價格範圍廣。可看到再生能源中有的技術已成熟所以其價格已有競爭力甚至可更一般能源相比，但太陽能價格仍高，而地熱具競爭力，海洋發電價格高昂，離岸風力較昂貴，岸上發電價格較具競爭力。但各種不同再生能源科技也會因政策推動關係會有不同差別，有些已非常具有競爭力但政策沒有大力推動，有些是政策大力推動但實行上仍有困難。

而碳捕獲及儲存成本是重要議題，根據 IPCC 報告如果全球溫度不要增加攝氏 2°C 的話需進行碳捕獲與儲存。但大規模進行此技術仍有待爭論，一為成本高昂另一則是要安全儲存碳而不回到大氣仍為關鍵。至於燃料替代也是重要一環，如果能把發電能源從煤炭改成天然氣或蒸氣渦輪或兩者相結合就可把能源效率從 35% 提升到 50%，且二氧化碳排放更可大大減少。

貳、能源效率提升與溫室氣體減排

低碳政策如從供應面來檢討或許可減少更多二氧化碳排放，如燈泡要產生 1 單位有效照明在製造端就要 320 倍能源，使用白熾燈能源效率只有 2% 但如使用 CFL 燈具效率可達到 10%。所以在需求面如能夠能省下一單位消耗就可在供應面省下更多能源。

談到氣候變遷有很多技術面都可達到負減排成本，透過善用技術不只可省錢還可減少二氧化碳排放，但要實際執行還遇到許多障礙。根據麥肯錫全球溫室氣體減排成本曲線，左邊端可看到有非常多技術可達到減少

減排成本，但減排目標如更高則需要更多技術及更多經費，根據報告減少每噸二氧化碳排放需 80 歐元。

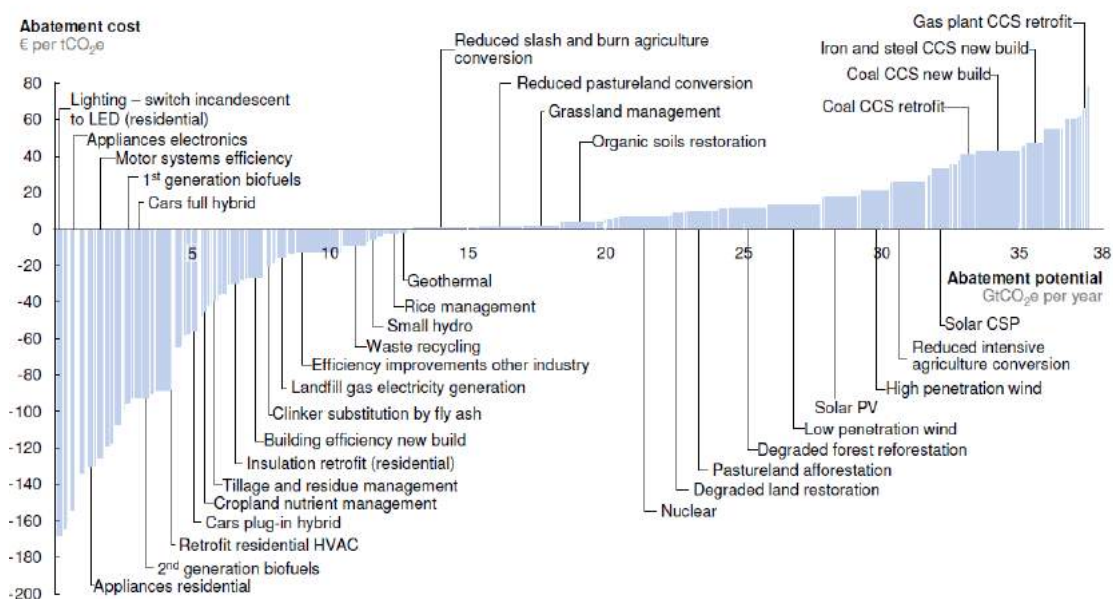


圖 94 麥肯錫全球溫室氣體減排成本曲線

能源效率在需求面提升上可使用節能電器用品、節能車、燃料轉換、工業用馬達及提升儲水效率。推展低碳組合政策非常多樣也可從供給面及需求面提供多面向組合政策。

研究顯示改變人類行為是達到減排目標更重要選項，而要改變行為價格是重要一環，透過教育提升意識並且透過社會制度可達到此目標。

但我們知道制度中仍有許多障礙讓我們無法完全使用減排最佳範例，這些障礙包括人類缺乏知識，或是錯誤的補助及稅賦系統，所以低碳政策一個重點為移除障礙如移除高前期成本及投資，所以財務面、法規面、技術面還有社會文化等障礙讓我們無法更有效使用能源。

此外重要一環為法規與標準，一為制定技術面標準另一為解決問題，比如說在績效面歐盟訂定汽車碳排放標準，技術面就需由政府制定，又如限制發電廠不能排放二氧化硫，低碳政策有各種不同層面來促進能源效率，例如產業燃料使用或品管標準以及汽車二氧化碳排放也都訂有標準，來做為革新的改變。

參、碳稅及碳交易

另一重點為財務面包括稅及費用，如碳稅是根據你排的碳量來所稅，也有以市場為基準的碳交易，碳總量交易制度或稱碳排放交易，各國透過碳稅及總量管制的訂價系統是非常重要的，至 2015 年 9 月許多國家都已為碳訂價，全世界 12% 排放量已進入碳訂價領域。

至於碳經濟的做法，有些國家碳排放總量管制及碳交易兩者都有，有些只有一項有些仍剛開始。中國在這方面已進行有關碳稅研究，日本則有碳稅，韓國有碳排放交易系統，加州及魁北克都已進行總量管理系統。而美東已進行區域溫室氣體倡議，巴西及中國也希望進行全國溫室氣體總量管制，可看到愈來愈多國家希望為碳訂價。日本東京、京都都已進行碳總量管制

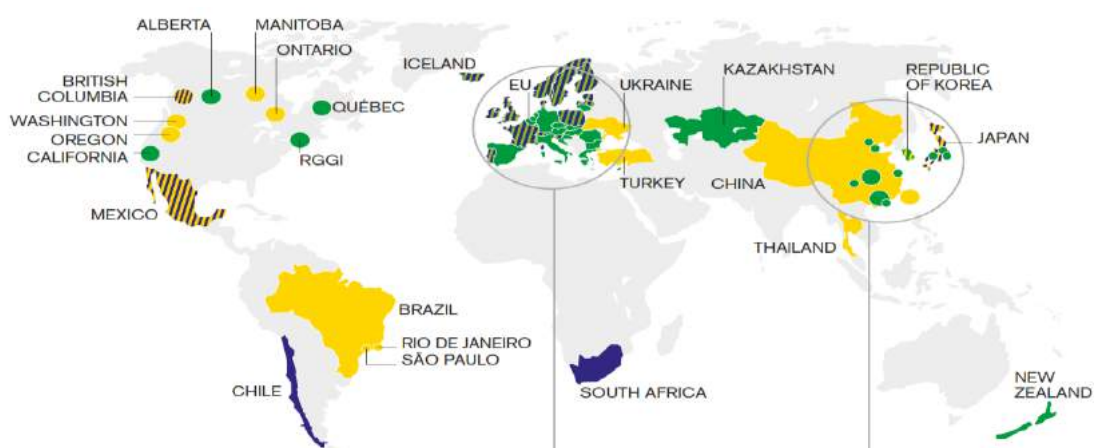


圖 95 全球碳訂價狀況(至 2015 年 9 月)

而深圳為中國第一個進行總量管制地區，但不同於其他國作法，2017 年中國將實行全國總量管理制度。圖中 2005 年某些國家已有碳訂價，2012 年大幅增長則是因日本實行碳稅。而國際上碳訂價從 1-130 美元都有，北歐國家較高如瑞典 130 元最高，東京排放 1 噸二氧化碳 36 美金，中國大陸 7 塊。在全球趨勢上大都尚未底定，因此都期待在 COP21 可訂出一準則。

累積二氧化碳訂價中間為歐盟碳排放交易訂價相對北歐低、不管碳排放或總量管制系統都要先訂 cap 上限，當然也可提供配額或拍賣可產生收入，免費發送就無收入，像是每公司或碳排放實體都要有許可證，範圍內可排放超出要碳交易，個體總量有限制但彼此可交易。應用價格找出更有效率作法，例如投資更有效科技或投資更低價格能源或向其他單位購買，次級團體潔淨能源做法了解並符合規範，定總量上限但個別可交易較符合成本效益作法。

至於碳交易要在股市或期貨市場如歐盟有其特有交易市場，其中監控回報確認很重要，發給許可證及配額要特別注意，保持彈性今年超過是否可借明年額度，今年用不完可否留明年，應該有抵銷或彈性，價格會波動飆高或狂跌這樣不利狀況應有價格抑制措施。價格抑制制度會有市場機制有些存量讓市場平穩，並要訂出罰則或新加入成員規則。

從 2005 年開始運作的歐盟碳排放交易系統(EU-ETS)是全世界最大碳交易網，共有 31 個國家超過 11,000 個工業體，涵蓋範圍大約佔整個歐洲一半的二氧化碳排放量，設定減排目標為 2020 減少 21%，2030 減少 43%基準年為 2005。

歐盟執委會會規定每個國家碳排放量，每年發許可證給各單位並於期限前提出申請，2 月 28 日可拿到配額 4 月 30 日前提出申請。如排放超過就罰款或向其他單位購買配額。2005-2007 年已減少 23 億噸二氧化碳排放。

中國大陸於 2011 年批准北京、天津、上海、重慶、湖北、廣東、深圳共七省市展開碳排放權交易試點工作，原本乃是先讓各個省市試驗實施不同的碳市場制度，來找到最好方式於三年內推出全國性碳交易制度，目前最主要問題是這七個試點計畫之碳額度計算方式與交易實施規則都是針對各地區情勢而有所不同，使得這些允許排放額度在不同碳市場並不相容。因此要整合、連結與擴大這些不同地方碳市場具有困難度。

荷蘭日本等自願履行減碳承諾，歐盟汽車協議 2008-2009 每公里排放量，重要為獎勵措施費賦款減稅等，資訊也可作為重要措施資訊揭露作為媒介，標籤認證等計畫，研發科技也可作為政府重要措施，東協十國低碳政策深度廣度都相當大。

氣候融資也是重要工具複雜度相當高，一為錢從哪來?主要為澳洲加拿大美國等為主要捐贈國，海外投資或其他政府指定資金，給國家或多邊組織，有些在綱要基金中有些不是，綠色基金等相關聯合國氣候變遷綱要基金，70 億美元花在氣候融資，世界銀行、亞洲開發銀行，透過不同開發國家進入執行低碳政策，357 億公部門融資，但只有一小部分真正執行，總融資 3,900 億美金，而私部門也很高，該進行由下往上作法才能真正進行，綠色氣候基金 100 億美金，國際能源基金 50 億美金。

第三節 聯合國國際氣候變化綱要公約第 21 屆締約國大會及減緩溫室氣體排放之預期

壹、組織沿革與任務

氣候變化問題成為聯合國大會討論議題開始於 1988 年，之後就越引發國際社會的關注。聯合國氣候變化綱要公約(United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC)，為 1992 年 5 月在紐約聯合國總部通過的一個國際公約，1992 年 6 月在巴西里約熱內盧召開聯合國環境與發展會議期間開放簽署，伴隨著生物多樣化公約(UNCBD)及聯合國抗荒漠化公約(UNCCD)等姊妹公約。1994 年 3 月 21 日，該公約生效，並有 195 個國家簽署。1996 年成立負責支持該公約實施的聯合國秘書處，其辦公室位於德國波恩 Haus Carstanjen，自 2006 年起，在政府間氣候變化專門委員會(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)的襄助下，旨在通過會議和有關各項戰略的討論取得共識。

該公約的目標，依第二條規定：「本公約以及締約方會議可能通過的任何相關法律文書的最終目標是：根據本公約的各項有關規定，將大氣中溫室氣體的濃度穩定在防止氣候系統受到危險的人為干擾的水平上。這一水平應當在足以使生態系統能夠自然地適應氣候變化、確保糧食生產免受威脅並使經濟發展能夠可持續地進行。」

該公約第三條明示原理原則，包括：

- 一、各締約國應為人類當代和後代利益保護氣候系統，也就是世代間公平。
- 二、在公平的基礎上，根據各自的能力，已發展及發展中國家存在共同但有差異性的責任，已發展國家應當率先對付氣候變化所造成的不利影響。
- 三、應當充分考慮發展中國家等締約國的具體需要和特殊情勢。

該公約內容規定締約國名單分二類：

- 一、附件一為已開發國家締約國和其他締約國，主要是指工業化國家締約國和正在朝市場經濟過渡的締約國，這些締約國「應制定國家政策和採取相對應的措施，通過限制其人為的溫室氣體排放以及保護和增強其溫室氣體庫和匯，減緩氣候變化。」，其中簽署《京都議定書》的締約國答應以 1990 年的排放量基礎進行減排，承擔削減排放溫室氣體的義務，如果不能完成削減任務，可以從其他國家購買排碳量。
- 二、附件二主要是經濟合作與發展組織成員的締約國，這些締約國應承擔為開發中國家提供資金、技術援助等義務，還應幫助特別易受氣候變化不利影響的開發中國家締約國支付適應這些不利影響的費用。

由於該公約實際上並沒有對個別締約國規定具體需承擔的義務，也未規定實施機制，換言之，該公約缺少法律上的約束力。但是，該公約規定可在後續從屬的議定書中設定強制排放限制。到目前為止，主要的議定書為《京都議定書》，甚至已經比該公約更加

有名。

該公約締約國家自 1995 年起每年召開締約國會議(Conferences of the Parties, COP)，該會議為各個締約國提供了一個進行談判磋商的平臺，以評估對應氣候變化的進展，自 1995 年在德國柏林召開第一次締約國會議後，至今已召開過 20 屆會議。其中，1997 年《京都議定書》達成，使溫室氣體減排成為已開發國家的法律義務。按照 2007 年通過的《峇里島路線圖》的規定，2009 年在哥本哈根召開的締約國會議第 15 屆會議擬誕生一份新的《哥本哈根議定書》，以取代 2015 年到期的《京都議定書》，但許多開發中國家不願簽署而失敗收場。

未來人類面對的將是一個高溫且失控的地球，包括冰川消融、乾旱、洪澇、生態失衡、糧食短缺，甚至大批物種滅絕等威脅。而氣候變化究竟到什麼程度，是人類及生態系統可忍受的範圍？科學上認定必須達到 21 世紀前上升溫度不超過工業革命前 2°C 為目標（少數島國則要求須在 1.5°C 以下）。

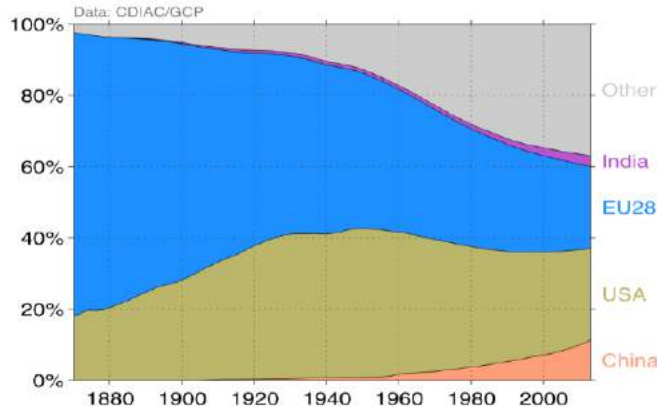
貳、碳排放趨勢與新減排措施

但事實上，1997 年簽訂京都議定書後，全世界碳排依舊，並沒有減緩趨勢。過去大氣中二氧化碳濃度在 300ppm 以下，工業革命後不斷攀升。1990 年代以來大氣中二氧化碳濃度每年增加 1.53ppm，21 世紀以來每年則平均增加 2ppm，2015 年濃度已達 400.47ppm。其中使用化石燃料及水泥為羣羣大者，二氧化碳排放量在 2014 年就約計 370 億噸，統計過去 1870~2013 年使用期間累計排放量，前四國：美國(26%)、歐盟 28 國(23%)、中國(11%)、印度(3%)佔全世界排放總量 63%，顯見現在的已開發國家在過去 143 年的累積排放量非常可觀，同時也意謂著現在的開發中國家如果進步到已開發國家，預期這過程中的累積排放量。

若以各大洲來分析碳排放趨勢，雖然北美洲跟歐洲在過去是最大的碳排放場域，近半世紀來在環保意識抬頭後，對如何避免造成環境損害投入可觀研發與技術能量，在政策引導與新興技術成熟下，已大幅減低該區域的二氧化碳排放量，反觀亞洲等新興開發中國家，近幾十年則急起直追，碳排成長卻最為快速。

Historical Cumulative Emissions by Country

Cumulative emissions from fossil-fuel and cement were distributed (1870–2013): USA (26%), EU28 (23%), China (11%), and India (3%) covering 63% of the total share

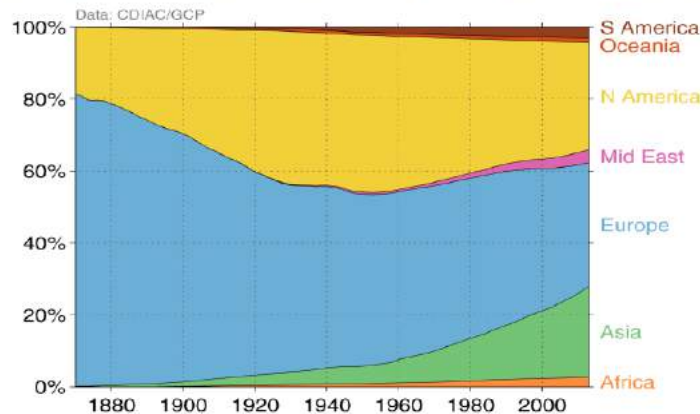


Cumulative emissions (1990–2013) were distributed USA (20%), China (20%), EU28 (14%), India (5%) 'Other' includes all other countries along with bunker fuels and statistical differences
Source: [CDIAC](#); [Le Quéré et al 2014](#); [Global Carbon Budget 2014](#)

圖 96 各國家或區域歷史(1870~2013)累計碳排放量圖

Historical Cumulative Emissions by Region

Cumulative emissions from fossil-fuel and cement (1870–2013)
North America and Europe responsible for most cumulative emissions, but Asia growing fast



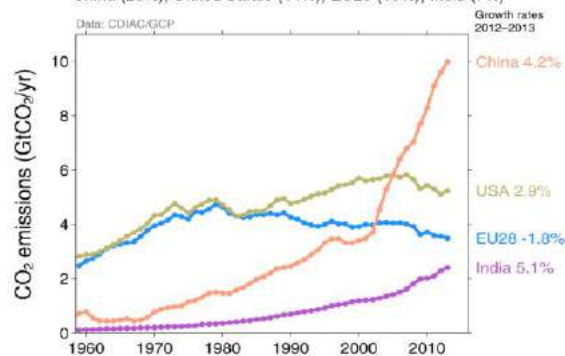
The figure excludes bunker fuels and statistical differences
Source: [CDIAC](#); [Le Quéré et al 2014](#); [Global Carbon Budget 2014](#)

圖 97 各大洲歷史(1870~2013)累計碳排放量圖

直至 2013 年，若以國家區分統計二氧化碳排放量，前四國：中國(28%)、美國(14%)、

Top Fossil Fuel Emitters (Absolute)

The top four emitters in 2013 covered 58% of global emissions
China (28%), United States (14%), EU28 (10%), India (7%)



Bunkers fuel used for international transport is 3% of global emissions
Statistical differences between the global estimates and sum of national totals is 3% of global emissions
Source: [CDIAC](#); [Le Quéré et al 2014](#); [Global Carbon Budget 2014](#)

歐盟 28 國(10%)、印度(7%)佔全世界碳排放量已逾 58% (目前應已逾 60%)，中國則是在 2006 年首度超越美國成為第一排碳大國，每年以近 4.2%的噸數增長中；但以人均排放量來計算的話，每人每年二氧化碳排放 7.2 噸則少於美國 16.4 噸（全世界平均 5.0 噸），但目前卻是以驚人曲線增長中，在其它開發中國家亦普遍存在這種現象，其實也是自由市場經濟主義作用下必然的結果，如果沒有適當的引導和管制，這種作用勢必持續醞釀。

圖 98 四個主要排碳大國排碳量趨勢圖

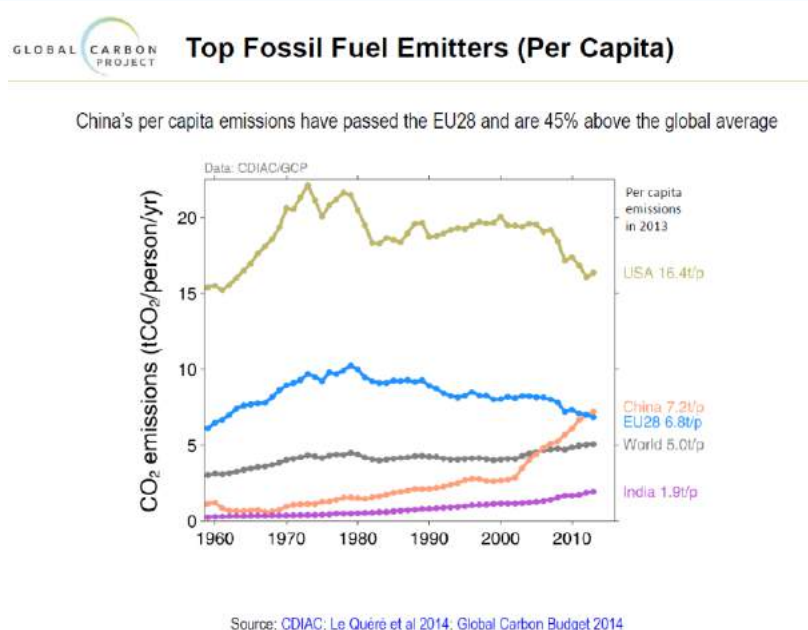


圖 99 四個主要排碳大國人均排碳量趨勢圖

無論是締約國或非締約國，已開發國家或開發中國家，身為地球村一員都勢必要承擔氣候變化帶來的不良後果。未來如何將氣溫控制在 2°C 增長範圍內，歐盟訂定 2017 年為溫室氣體排放最高峰，而後排放量每年須以穩定曲線減緩下降直到零排放，延遲年限可到 2050 年後。而若設定以 2020 年為溫室氣體排放最高峰，零排放延遲年限只到 2040 年，每年減排比率勢必更高（最高約 9.0%），屆時無論住宅、工商服務業、交通運輸等部門減排成本遽增，實施起來則更為困難。

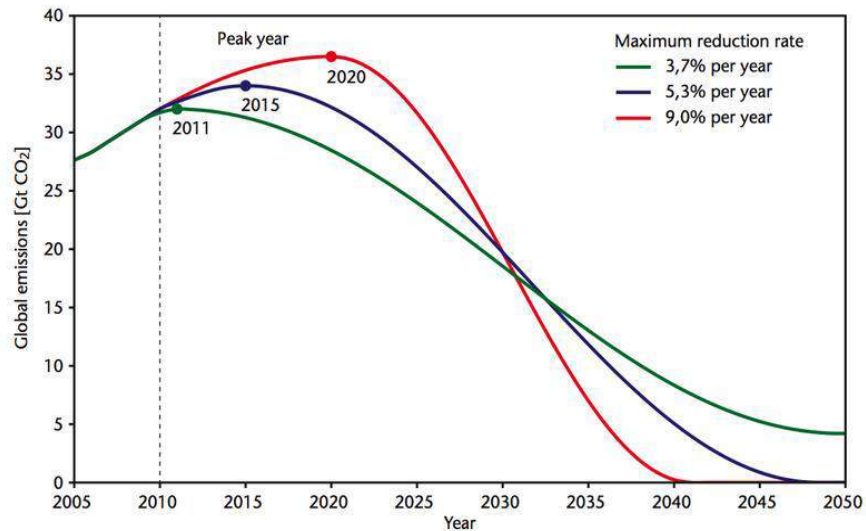


圖 100 增溫不超過攝氏 2 度下每年平均二氧化碳減排比率趨勢圖

參、複雜的政治談判過程

其實，各國間對碳排放的政治談判極度敏感而複雜。對已開發國家而言，如美國、歐洲在過去碳排放累積總量超過全世界一半，必須負擔更大的歷史責任，而減排比例過高對其經濟損失太大，對開發中國家落實減排措施則應該要有金融支援的義務；對開發中國家而言，主張應由已開發國家賠償氣候變化釀災所造成的損失，同時主張有發展權利，多不願簽署具法律約束力的協議，經濟成長致使排碳量不斷攀升，如承諾減排行動限制化石燃料使用，將嚴重影響經濟發展，甚者更期待從已開發國家中獲取融資及技術上支援。但是，全球減碳行動若沒有開發中國家的參與，氣候增溫不超過工業革命前 2°C 的目標不可能達成。

從歷史上美國的退出和俄羅斯遲遲不肯簽署《京都議定書》的過程來看碳排放政治談判的複雜性，因為溫室氣體（主要為二氧化碳）排放與各國的能源結構和能源使用方式有關，牽動國家經濟命脈，成為微妙的國際間政治問題。《京都議定書》規定，工業化國家要減少溫室氣體的排放，以降低全球氣候變暖和海平面上升的危險，美國是當時世界上溫室氣體排放量最大的國家，其排放量占全世界總量的四分之一，根據規定，美國應在 2008~2012 年的五年時間裡，將溫室氣體排放量減少 7%。此前，柯林頓政府於 1998 年 11 月簽署了《京都議定書》，但沒有提交參議院批准，2001 年布希就任總統後不久，隨即在 3 月宣佈退出《京都議定書》，認為實現該議定書規定的減量目標成本太大，會給美國造成 4,000 億美元的經濟損失，並減少 490 萬個工作機會，同時指責中國和印度等發展中大國沒有以有效方式參與減量，對美國來說不公平。隨後自 2002 年起布希

政府提出以經濟手段鼓勵企業自願減量的計畫，實施效果並不理想。

根據《京都議定書》第 25 條規定，議定書必須獲得 55 個以上國家批准和其合計二氧化碳排放量至少占附件一締約國家 1990 年二氧化碳排放總量的 55%，議定書才能正式生效。歷經六年的談判，俄羅斯總統普丁於 2004 年 11 月簽署，《京都議定書》於 2005 年 2 月始正式生效。

肆、對 COP21 的期許

聯合國氣候變化綱要公約是世界上唯一一個關於抑制地球暖化的國際公約，其重要性不言可喻，過去並沒有就抑制溫室氣體排放制定可操作性方式，以及各國治理的標準，並落實在國際法上，以致於全世界碳排放始終一如往昔。

2013 年在波蘭華沙召開第 19 屆締約國會議後，國家溫室氣體適當減緩行動（Nationally Appropriate Mitigation Actions, NAMAs）由開發中國家自願提出承諾並向聯合國秘書處註冊後，將獲得已開發國家各項實質援助（如 1,000 億美元的氣候融資、執行技術轉移等）。2014 年在秘魯利馬召開第 20 屆締約國會議後，國家自主決定預期貢獻（Intended Nationally Determined Contributions, INDCs）則是在聯合國氣候變化綱要公約架構下，首次要求所有國家都需提出的溫室氣體減量宣示，其內容需包括時間框架、基準年（固定或彈性）、適用範圍、實施方法和計量原則，以及如減緩調適、金融和土地使用規劃等等政策措施。截至 2015 年 11 月 1 日，已有 156 個國家提交 128 份 INDCs，涵蓋九成的全球溫室氣體排放，但要達到 21 世紀前增溫不超過 2°C 的目標，學者估計全球每年溫室氣體排放還得再減 120 億公噸，否則屆時將增溫攝氏 2.7~3.0°C。

2015 年 11 月 30 日開始在法國巴黎召開第 21 屆締約國會議，將是歷史性的一次轉捩點。除應考量各國的歷史責任及減碳能力，以充份研判其所提出的減碳承諾，如何再鼓勵各國補足每年 120 億公噸的減碳缺口，亦是該次會議的重大課題；而國家自定預期貢獻納入協議後如何強制性管理，避免淪為鼓勵性的自定預期貢獻，並採取機動性的滾動檢討機制，以及後續如何進一步推動金額達 1,000 億美元之可操作性的氣候融資制度，這些都是因應現狀亟需大家共同面對並採取必要決策，以避免氣候失控後造成難以挽救與回復的地球。

各界於會前企盼在本次會議中可提出至設定的排放高峰年 2020 年前一套具體的作法，以及明確的減排方向。於 104 年 11 月 30 日起為期二周的第 21 屆締約國會議（巴黎氣候高峰會），104 年 12 月 12 日在巴黎氣候峰會主席、法國外交部長法畢斯於通過「巴黎氣候協定」後，各國代表起立鼓掌歡呼，總算圓滿落幕（會議重點詳附錄）。這個被稱作史上第一個阻止氣候變遷的全球協定，未來至少要有排碳量占全球 55% 的 55 國批

准，協定才能生效。

伍、第21次締約國會議重點摘要

一、在巴黎舉行的聯合國氣候變化綱要公約第21次締約方會議（COP21），與會的195國代表今天通過遏阻全球暖化的歷史性巴黎協定。

二、以下是巴黎協定的關鍵要點：

(一)長期目標：巴黎協定的長期目標是確保全球升溫抑制在「遠低於」攝氏2度，並「努力」讓升溫抑制於攝氏1.5度。全球均溫已較工業時代前升高約攝氏1度。為達成前述目標，各國政府承諾「儘早」致力遏止溫室效應氣體排放。協定表示，至2050年以後，人為排放應削減至森林和海洋能吸收的水準。

(二)排放目標：為達成長期目標，各國同意訂定每5年減排目標。超過180個國家已提出自2020年起的首個週期減排目標，僅已開發國家被期待必須嚴格減排，開發中國家則「鼓勵」它們辦到，因為它們的能力將隨時間演變，僅期待它們隨著經濟發展，致力抑制排放增長。

(三)檢討目標：初期目標不足以讓全球走上達成長期溫度目標的軌道，因此巴黎協定要求各國政府於未來4年檢討它們的目標，看看能否「升級」目標。那不是要強制各國政府加深減排，而是期望它們有能力如此做，如果可再生能源變成更負擔得起的話。

(四)透明度：未達成本身排放目標的國家不會受懲罰。但巴黎協定包括透明度規範，協助各國兌現它們的承諾。協定規定各國必須通報他它們的排放量以及減排努力，但對「有需要的」開發中國家，容許若干「彈性」。

(五)資金：富國必須繼續提供金援，協助窮國減排和適應氣候變遷。巴黎協定也鼓勵其他國家自願貢獻，這為諸如中國大陸等新興國家做出貢獻鋪路，即使它們無義務如此做。巴黎協定本身未明定金額，但富國先前已承諾，至2020年前每年提供1000億美元氣候金援。

(六)損失與損害：巴黎協定納入承認氣候相關災害的「損失和損害」條款，這是受海平面上升威脅小島國家贏得的勝利。美國長期以來一直反對巴黎協定處理此議題，擔心會導致極端氣候損害相關索賠。最終結果是，協定納入此議題，但特別註明損失與損害 不涉及責任或賠償。



圖 101 104年12月12日巴黎氣候峰會通過「巴黎氣候協定」

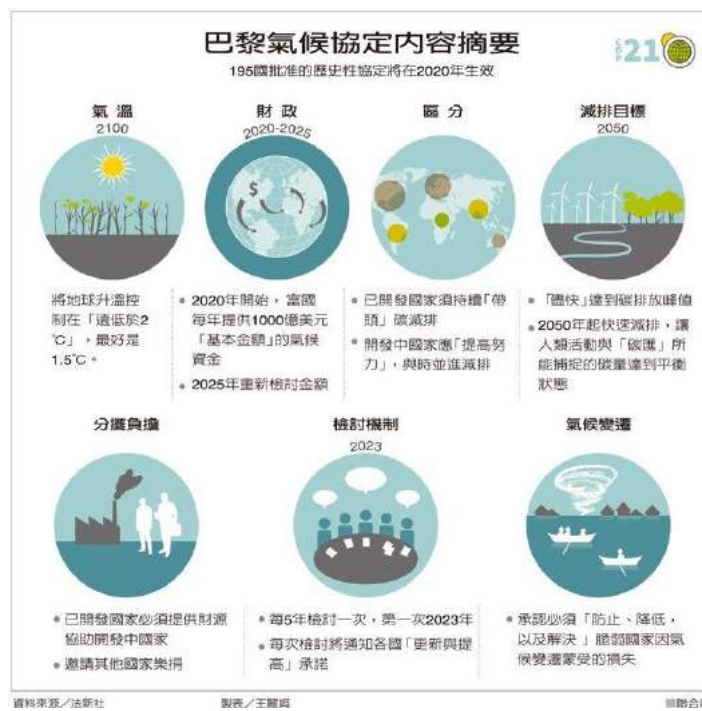


圖 102 巴黎氣候協定內容摘要

第六章 參訪行程

第一節 泰國 Bangchak 太陽能有限公司

11 月 23 日（星期一）上午參訪泰國 Bangchak 太陽能有限公司。泰國於太陽能發電上具有相當優勢，如日照條件及土地條件等，因此，該國現為東南亞太陽能的第一大國。



圖 103 太陽光電及養藻區

第二節 泰國 Kasetsart University 生質能工廠

11 月 23 日（星期一）下午參訪泰國 Kasetsart University 生質能(實驗)工廠。泰國政府亦重視生質能發電，主要以棕櫚樹做為生質能源之材料，本次係參訪沼氣發電、熱裂解油示範及稻稈氣化爐示範等計畫(如圖 104)。



圖 104 生質能工廠

第三節 泰國能源部替代能源發展與效率處之節能大樓

11月24日(星期二)上午參訪泰國能源部替代能源發展與效率處(Department of Alternative Energy Development and Efficiency, Ministry of Energy)的節能大樓(Energy Conservation Building)，並將所屬能源人力資源發展局(Bureau of Energy Human Resource Development)設址於此，為以節約能源相關技術應用為主題的國家級展覽場所館，亦兼具節能訓練課程的教育中心(如圖105)。



圖 105 節能大樓入口

泰皇拉瑪九世幼時在瑞士成長、求學，吸收歐洲科技，因此登基後非常支持並重視節約能源與再生能源科技的發展與推廣。鑑於一般民眾對於節能相關技術之引進仍有待加強宣導，泰國政府在日本資助下，整合能源技術及工程建造此節能大樓，並於2001年啟用，同時紀念泰皇登基50週年。此外能源人力資源發展局亦開辦能源管理人員(Personnel Responsible for Energy, PRE)的訓練課程，亦針對東協國家開辦其他訓練服務。

節能大樓建築總面積14,000平方公尺，其OTTV(Overall Thermal Transfer Value)僅 18 W/m^2 (傳統建築 65 W/m^2)，其每年電費約210萬泰銖，低於同級建築電費740萬之 $1/3$ 。其展示節能技術區分3大類：住宅類7項、商業類10項、工業類37項。受限於參訪行程，本次僅參觀其住宅類及商業類之展示區(即下圖106最右邊金字塔型的建築大樓)。



圖 106 泰國能源部替代能源發展與效率處建築模型

建築大樓的核心設計理念，包括：選用金字塔及圓頂式建築造型以利自然採光、搭配週圍種樹及植栽吸熱並導引氣流大幅減少空調負荷、利用 EIFS 多層面板隔熱技術及雙層隔熱玻璃、採用高效能空調系統及節能照明、透過建築能源監控系統 (BEMS) 自動控制溫溼度及自然採光、善用陽光發電及風力發電（再生能源占總能源使用 30~40%）等，均值得借鏡參採。（如圖 107 至圖 109）



圖 107 善用自然採光



圖 108 使用雙層隔熱玻璃，以及高效率的空調風口設計



圖 109 使用 BEMS 即時監控大樓用電情形

展品多為互動式，由參觀來賓自行操作，透過顯示器，可即時展現節能效果。(如圖 110 至圖 112)



圖 110 節能照明展示區一隅



圖 111 空調展示區的展示操作面板



圖 112 升降機與電扶梯展示區

良好的建築設計：亦需選用節能建材並搭配適當的管線配置，以降低建築的內含耗能。

(如圖 113 至圖 115)



圖 113 適當選用屋頂材料，可阻絕輻射熱，節省空調使用



圖 114 管線與地面之間保留空間，可保持室內涼爽



圖 115 地板選用隔熱材料

第四節 參訪泰國溫室氣體管理組織

泰國溫室氣體管理組織成立於2007年，隸屬天然資源環境部下，成立之初目的是在京都議定書規範之下，來實施泰國清潔發展機制（CDM）。在聯合國氣候變化綱要公約之下，進行減緩計畫，承諾在2020達成減碳目標。

泰國已提出「國家溫室氣體適當減緩行動（NAMAs）」，單方面承諾2020年前減緩溫室氣體排放範圍7%~20%基線之間，其中包括運輸產業及能源產業。符合國際支持，並且以科技發展的方式，希冀以融資方式，有系統的建構，共同達到（NAMAs）目標，做好萬全「國家溫室氣體適當減緩行動（NAMAs）」的準備及執行。基線7%是泰國的減排目標，基線20%目標，係指未來獲得國際上的支持，包括農地建構、融資及技術方面的援助，一同擴大目標，反制措施包括再生能源（包括生質能、沼氣、水力、太陽能、風力、廢棄物轉換成能源）、能源效率、生物燃料及讓環境永續的運輸系統。

在「國家溫室氣體適當減緩行動（NAMAs）」系統之後，泰國接著提出 MRV 監測報告及認證制度，由TGO負責監控提出（NAMAs）執行進度。因為把能源業包含在裡面，所以也需要跟能源業相關者進行諮商。有關（NAMAs）是一個國家行動計畫，不是以計畫及計畫之間來追蹤，而是要提出管制計畫及追蹤進度。過去一年裡，TGO開始進行再生能源的措施。至從在執行（NAMAs）追蹤計畫，在五大再生能源部門裏頭，可以減緩1400萬噸二氧化碳排放。泰國更進一步推展監測報告及認證制度，從再生能源發展、能源效率、生物燃料及運輸業等方面著手，努力達成國內減緩的發展目標。

泰國的減量目標是在2030年的能源強度相較2005年的水準降低25%，及提高2021年的替代能源佔比，使其佔最終能源消耗中的25%。由於泰國認為實施CDM機制以為的其他

自願性市場工具將會有效增加溫室氣體調適，因此泰國也選定國內自願減量額度和自願性排放交易做為國內市場工具。國內自願減量額度將會實施在泰國有意自願減量的城市及碳密集型的工廠；排放交易則在工業園區內的工廠實施。泰國目前的自願性碳市場架構有三種，分別為：自願性減量計畫(VER)、泰國自願性排放減量機制(T-VER)和泰國自願性排放交易機制(TVETS)。

表16 泰國自願性碳市場架構

	自願性減量計畫 (VER)	泰國自願性排放減量機制 (T-VER)	泰國自願性排放交易 機制(TVEST)
類型	減量計畫為主 (Project-based)	減量計畫為主 (Project-based)	排放交易機制 (Cap-and-Trade)
資格	減量計畫、已在 CDM 註冊	能源效率、替代能源、再生能 源、固態廢棄物管理、運輸管 理、林業與綠化地、農業和其它 類型	-
MRV	國際標準 (如 VCS 和 GS)	國內	ISO 14064-1、14064-3 和 14065
碳額度	VERs	TVERs	額配額(Allowance)
註冊處	標準的擁有人	T-VER	ETS
買家	國際買家	政府、有企業社會責任(CSR)的 公司和經紀商	企業體與交易者
現況	已存在	2013 年 10 月推出	2014 年 10 月推出

「聯合國氣候變化綱要公約 (UNFCCC)」聯合國COP21的目標，2020之後的目標為國家自定預期貢獻INDC，國家氣候委員會內閣會議104年10月通過INDC，泰國的減量目標是在2030年的能源強度相較2005年的水準降低至基線20%，降低國內的碳排放量，泰國的減排量比率也可以增加至25%，如果泰國能接受到其他地方，不管是技術方面的援助、轉移，財務的融資及建構等等，希望能達到均衡及遠大的目標，並且都能符合聯合國氣候變化綱要公約規範。接下的目標是希望所有會排放的產業都能包括在規範裡面，除了土地運用、轉移及森林業，要看到時候減排的狀況如何，再看這幾個產業要不要納入。

原因是需要了解產業在土地運用、使用改變及森林業，必須取得更多的資訊，確定這樣對未來對計畫是有利的，來決定是否繼續增加。泰國要減排的企圖心，包括在各種

狀況都看得到。另外在國際的市場機制，泰國會持續探索各種不同，包括雙邊區域及國際市場機制及各種不同方式。亦即是泰國會開放大門，對任何機構都不會排斥，不論是雙邊區域及國際市場機制，都希望可以探索泰國的潛力，因為2020很快就到了。

關鍵國家政策與計畫，泰國有第11次國家經濟與社會發展計畫，其是一個維持五年的計畫，讓另外從2015年至2050年期間有長期氣候變遷總計畫，這個計畫包括減緩、適應、技術轉移、融資及土地建構。另外環境品質促進計畫是一個五年期的國家計畫，接下來三個跟能源有關的計畫，包括替代能源發展、能源效率以及電力發展。透過這些重要的計畫，可以讓泰國進一步了解NAMAs之INDC。泰國提出整體減碳承諾計畫之前，檢視其其有哪些計畫是可行的，除此之外還包括泰國智慧電網總體發展計畫、環境永續交通運輸計畫、農業氣候變遷策略及行動計畫、國家工業發展總體計畫、曼谷都會行政氣候變遷總體計畫、及近期通過廢物管理路徑圖。這麼多計畫唯一能保證計畫成效做法，是執行監測報告跟驗證。因此，泰國國內與國際互動之總體計畫，TGO的角色是促進泰國溫室氣體減緩行動重要推手。

由於TGO是隸屬於天然資源及環境部底下，所以各項任務需要符合部的規定。2020之前溫室氣體減少基線的7-20%，因隸屬天然資源及環境部之下，要求TGO提出目標，要在2020前減少2400萬噸二氧化碳排放量。因此，包括國家命令、任務、及部到TGO層級，願景就是讓泰國準備好，打擊氣候變遷，即便TGO只有60人，也要幫助泰國準備好迎接打擊氣候變遷之目的。所以在2021年之前完成目標，因為TGO是核准單位，應該核准溫室氣體排放從中各種計畫及活動，且TGO授權之活動，其排放量不應少於40萬噸。機制當中，進一步促進加強各方減排能力及廣納各方，進一步發展相關計畫。在國內應該促進適當方法，進一步加強減排努力，並且符合這些機制。追蹤及評估溫室氣體減量，尤其是在能源及運輸產業，希望能於2021年，達成減少排放量2400萬噸。包括發展溫室氣體減排計畫及活動，遍及各種產業，同時需要核准經過許可之量化減排量。因此，從區域及泰國希望強化能力建構傳遞知識，與各種不同利害關係人加強合作。下一階段目標，需分析了解溫室氣體排放現況，包括產業別及城市別排放有多少。

為了解任務，從過去幾年數據，泰國執行CDM清潔發展機制，TGO以核准222個申請書，以減少溫室氣體為1200萬噸/年二氧化碳。泰國已建立國內自願碳交易市場，即泰國自願排放減量。交易制度與中國碳交易市場類似，但卻不盡相同，因為是自願市場。除此之外，TGO推動低排放支持方案(LESS)，發展低排放支援系統以非市場機制提升意識，是泰國獨一無二計畫，其結合企業至社區或學校推動低碳方案，除可建立良好環保企業形象外並使得社區及學校有更多資源推廣低碳作為。支援計畫，是希望企業進一步捐助

支援、協助社區、大學、村落進行減排努力，捐助方與受援方兩者配對，進一步強化減排行動及目標，配對成功後，TGO頒發證書給兩方，捐贈方會認可獎勵幫忙村落、森林及社區，減排多少比例的努力。因是採用監測報告及驗證系統，所以其制度非常簡單。

泰國與日本簽訂JCM協定(共同配合機制)，透過合作計畫，泰國可與日本企業配對，提供低碳技術轉移，同時也可獲得日本部會的資金。日本政府也希望透過JCM交易系統能獲得泰國碳權及碳額度。日本2013年開始該國所建置之新市場機制-聯合抵換額度機制(JCM)。希望藉此機制讓日本將低碳技術和產品引入合作國家，更可以讓日本有效的達到2012年以後所設定的新減量目標。因此，泰國與日本建立聯合委員會，其角色為審查所有提案，同時TGO能當作JCM執行單位之秘書處。目前執行中計畫，包括沼氣計畫、生質能計畫、能源效率計畫。



圖 116 JCM 架構

進一步說明碳事業及能力建構，泰國為東協第一個提倡碳標示制度，日本早在兩個月實行。泰國溫室氣體管理組織(TGO)於2008年8月成立一個專家審議委員會，來對於產品碳標籤之使用申請進行審查。泰國溫室氣體管理機構正與泰國環境研究所(TED)合作，以建立“碳減量標籤”計畫。這些產品被認證，在其生產過程中具有較低之二氧化碳排放量。且隨著碳減量標籤，TGO預見未來，將可激勵生產者減少溫室氣體排放量之機會，並使用更有效率之流程生產、製造產品。

廠商申請碳標籤時需要由專家計算該項產品之生命週期碳排放量，並與傳統產品比較碳排放減少之程度，從減少10%至50%排放量，給予不同減量程度之碳標籤。預期碳標籤除了方便消費者做出選擇，也對於產品出口到歐洲有更大的幫助。且透過購買碳標籤產品，可以讓消費者採取行動，以預防全球暖化。並而鼓勵製造商傾向生產碳標籤之產品。獲得10%減量標籤的產品，代表比較傳統產品減少溫室氣體排放量達10%。碳標籤依該產品與傳統產品削減二氧化碳之比例，分為10%、20%、30%、40%、50%等不同顏色標示。



圖 117 碳標籤

碳標示系統，藉由商品了解碳足跡，目前已有380個企業，共1600多個商品。已有非常多出口商對於碳足跡非常有興趣，會看商品碳足跡標示，是否會造成氣候變遷。泰國已有許多單位，包括46個城市，94個民間組織，工業、產業加入碳足跡，及碳減排標示。碳標籤，已有15個企業，具有碳減少之標籤。涼感模式，透過先進科技，改進衣服纖維材質，透過研發，穿上涼感衣讓體感溫度感到舒適涼爽，目前已有6個企業，有25個類似涼感產品，這些碳標示都可以是碳事業。所述三種產品，可提升減碳意識，讓消費者達到減碳目標，而產品的碳足跡則對出口商有利。

泰國成立氣候變遷國際技術及訓練中心，從2007年開始，能力建構課程提供3000名泰國本地人士參與。TGO訓練課程相當成功。今年底將加入東協共同體，2013起提供課程給東協及各國利害關係人，希望能成為東協氣候變遷訓練龍頭。此課程分為三種，為訓練，網站(絡)連結及知識傳播。課程包含溫室氣體儲存量、低碳與彈性社會發展，低碳為減緩，有韌性的社會發展與適應有關、氣候變遷經濟學，可學到碳市場、碳稅、市場價值及獎勵動機等經濟學做法、減緩機制，可學到減緩機制、監測報告及驗證系統，並透過舉辦工作坊。課程只是訓練第一環，計畫成功需要網絡連結及好的講者，師資包括東協及柬埔寨教授。傳播知識是很重要，包括透過出書、出版刊物，及建立電子遠距教學。溫室氣體資訊中心，從2008年開始記錄溫室氣體排放庫存、城市碳足跡，了解各種不同城市排碳量，另外，利用地理資訊系統展示溫室氣體來源、儲存量及減少量及使用網路伺服器。透過進一步努力，加強減排，104年初開始建立MRD監測系統，進一步了解並達到目標。政府跨部會合作，推展五大能源措施，並獲得泰國內閣會議同意。2015年9月，5大能源措施已減少碳排放量已1400萬噸二氧化碳，佔計畫目標50%。

第五節 參訪新加坡南洋理工大學藝術設計媒體學院

這棟五層樓高的學校建築座落在充滿綠意校園的一角，以曲線的形式為設計，將植物景觀，結構，自然和高科技融為一體，外型像港式小籠包。玻璃帷幕提供了一個高性能的建築包覆，減少了太陽照射和太陽能熱負荷，並將日光導引到室內空間。屋頂空間為非正式聚集場所的想法有很多的好處，一方面建立開放空間，另一方面作為建築的隔熱材，也可以冷卻周圍的空氣和收取雨水供景觀植被灌溉之用。



圖 118 南洋理工大學藝術設計媒體學院

而該建築分別於2001及2014獲得新加坡白金級綠建築認證,其節能特色為:

一、結構設計:

- (一)綠色屋頂，具自然隔熱。
- (二)座北朝南量體的配置可以接受最多來自南北側的光線。
- (三)採用高性能透明隔熱玻璃。
- (四)粗混凝土牆、柱、地板和未裝潢開放式天花板。

二、節水規劃：

- (一)高效能節水設備，如省水水龍頭。
- (二) 雨水收集系統。
- (三)自動灌溉系統，雨量傳感器。
- (四)冷凝機集水系統。

三、節能規劃：

- (一) 冰水機最佳化 (Chiller)。
- (二) 設置室內 CO2 警示器，以有效掌握室內空氣品質並作空調調整。
- (三) 採用 LED 高效率照明燈。
- (四) 動態傳感器和光傳感器。
- (五) 水和電監測顯示系統。

四、其他：

- (一) 落實資源回收。
- (二) 架設綠色網站宣揚願景，凝聚共識。
- (三) 邀相關專業人士 (CEM / GMM / GMFM / WEM)，協助規劃評估。

其推動成效為每年可省下電費 61,003.28 坡幣(約台幣 141 萬元)，省下水費約 2,435.8 坡幣(約台幣 5 萬 6 仟元)。

第六節 新加坡建築與營建局

11月26日(星期四)下午參訪的新加坡建築與營建局 (Building and Construction Authority, BCA) 係隸屬於該國國家發展部 (Ministry of National Development), 負責該國建築政策的訂定與執行。本次拜訪 BCA, 係就 BCA 訂定之建築綠色標章計畫 (BCA Green Mark), 與相關業務主管及執行人員交換心得, 瞭解新加坡對於永續建築方面的努力與成就。

新加坡國土面積 718 km² (為臺北市的 2.6 倍)、人口為 540 萬 (約為臺北市人口數 2 倍), 為都市型國家, 因地處熱帶, 氣候多雨且常年如夏, 故建築內部溫、溼度之調節更顯重要, 加上該國天然資源匱乏, 電力供應大量依賴化石能源 (天然氣發電量約占九成), 故導入建築綠色標章計畫 (如圖 119), 透過法規規範, 引進「永續建築」的設計理念。2015 年新加坡綠建築數量已占該國建築總數之 30%, 預計 2030 年時將占比提高到 80%。



圖 119 BCA 綠色標章

新加坡的綠色標章計畫始於 2005 年, 為全世界針對熱帶地區所訂定的第一個綠建築標章認證制度, 迄今已有 14 國 75 個城市響應。新加坡自 2006 年起開始推動新築建物的綠色標章計畫, 2009 年起開始納入既有建築物亦納入計畫, 2014 年更將建築使用者行為納入規範。政府建築物以白金獎 (最高等級) 為目標, 目前新建公共建築面積大於 5,000 m²、既有公共建築面積大於 10,000 m² 者, 均須通過綠色標章認證。綠色標章的效期為 3 年。

至於建築管理法規與綠色標章計畫的搭配上, 新加坡 2008 年於建築管理法規規定新建物都要符合綠建築 5 項指標。2013 年再修訂建築管理法規, 規定取得綠建築標章之建物, 每年都要提送報告書, 政府部門並將分 2 階段驗證, 第 1 階段驗證設計理念及設備狀況、第 2 階段為需時 3-5 年之再驗證。另外每 3 年稽核一次, 重新核定綠色標章。

為促進綠建築的發展, 新加坡亦訂有下列獎勵及人才培訓措施:

1. 符合綠色標章前 2 等級者, 增加其使用空間。
2. 提撥經費 5,000 萬元鼓勵房東參與綠色建築計畫。

3. 提供建築物能源效率改善補助計畫。
4. 邀請民間企業參與，並於每年 9 月召開熱帶國家綠色建築會議。
5. 綠色人才訓練計畫，目前已有 3,000 人通過訓練，並以 2020 年達到 20,000 人通過訓練為目標。

BCA 綠色標章計畫的評分項目雖分為能源效率、水效率、永續操作與管理、室內環境品質及其他綠色特質共 5 項指標，但檢視其配分權重，可知能源效率項目實為評分重點。以圖 120 非住宅類之既有建築為例，「能源效率」一項占 89 分，幾占總分 180 分之半數。此與我國綠建築標章 (EEWH) 共區分為生物多樣性、綠化量、基地保水、日常節能、CO₂ 減量、廢棄物減量、室內環境、水資源及污水垃圾改善共 9 項指標（需滿足 4 項以上，其中「日常節能」及「水資源」2 項為必選指標）有極大差異。

有關新加坡綠建築標章對於各類型新建築物或既有建築之評分及申請資訊，詳見 BCA 網頁，網址為 http://www.bca.gov.sg/GreenMark/green_mark_criteria.html。

Category		Point Allocations	
(I) ENERGY EFFICIENCY			
Minimum 30 points to be scored	Part 1 – Energy Efficiency		
	ENRB 1-1 Thermal Performance of Building Envelope	5	
	ENRB 1-2 Air Conditioning System (applicable to air-conditioned areas)	} 32	
	ENRB 1-3 Natural Ventilation / Mechanical Ventilation (applicable to non air-conditioned areas excluding carparks and common areas)		
	ENRB 1-4 Artificial Lighting	13	
	ENRB 1-5 Ventilation in Carparks	4	
	ENRB 1-6 Ventilation in Common Areas	5	
	ENRB 1-7 Lifts and Escalators	2	
	ENRB 1-8 Energy Efficient Practices & Features	12	
	ENRB 1-9 Energy Policy & Management	1	
	ENRB 1-10 Renewable Energy	15	
Category Score for Part 1 – Energy Efficiency		89	
(II) OTHER GREEN REQUIREMENTS			
Minimum 20 points to be scored	Part 2 - Water Efficiency		
	ENRB 2-1 Water Monitoring	4	
	ENRB 2-2 Water Efficient Fittings	12	
	ENRB 2-3 Alternative Water Sources	3	
	ENRB 2-4 Water Efficiency Improvement Plans	1	
	ENRB 2-5 Irrigation System and Landscaping	2	
	ENRB 2-6 Cooling Towers	2	
	Category Score for Part 2 – Water Efficiency		24
	Part 3 - Sustainable Operation & Management		
	ENRB 3-1 Building Operation & Maintenance	4	
	ENRB 3-2 Post Occupancy Evaluation	3	
	ENRB 3-3 Waste Management	7	
	ENRB 3-4 Sustainable Products	8	
	ENRB 3-5 Greenery	10	
	ENRB 3-6 Environmental Protection	3	
	ENRB 3-7 Green Transport	4	
	Category Score for Part 3 – Sustainable Operation and Management		39
	Part 4 - Indoor Environmental Quality		
	ENRB 4-1 Indoor Air Quality Performance	8	
	ENRB 4-2 Indoor Air Pollutants	2	
	ENRB 4-3 Lighting Quality	5	
ENRB 4-4 Thermal Comfort	2		
ENRB 4-5 Internal Noise Level	1		
Category Score for Part 4 – Indoor Environment Quality		18	
Part 5 – Other Green Features			
ENRB 5-1 Green Features & Innovations	10		
Category Score for Part 5 – Other Green Features		10	
Category Score for Other Green Requirements		91	
Green Mark Score		180	

圖 120 BCA 綠色標章配分權重（非住宅類之既有建築，3.0 版，資料來源：
http://www.bca.gov.sg/GreenMark/green_mark_criteria.html）

第七節 新加坡國家圖書館大樓

11 月 26 日下午參觀完 BCA 後，再由 AIT 安排參訪新加坡國家圖書館大樓，其隸屬於該國通訊與資訊部 (Ministry of Communications and Information, MCI)。國家圖書館大樓係於 1999

年開始籌劃興建，2010 年新加坡全境已有 20 座分館。本次參訪之國家圖書館大樓，是新加坡第一座獲得白金級綠色標章的建築物，整棟建築為地下 3 層、地上 16 層，可用面積為 59,000 m²（如

圖 121），所藏書籍以新加坡、東南亞書籍為最多。



圖 121 新加坡國家圖書館大樓外觀

其建物設計之核心主軸，計有給人類活動及帶入文化之空間、有彈性舒適之建物、高度效率及整合性建物與節能永續之建築等 4 項

國家圖書館大樓採用的設計手法，計有下列 4 個部分：

（一） 被動式設計：

- 1.方位：不以向西為原則，避免吸收陽光溫度並降低冷氣效率。
- 2.照光板：置於建築外緣，用於使陽光反射進入建築內部以節省照明用電，且可以阻絕輻射熱進入。
- 3.景觀植栽：空用植栽方式，減少能源消耗。

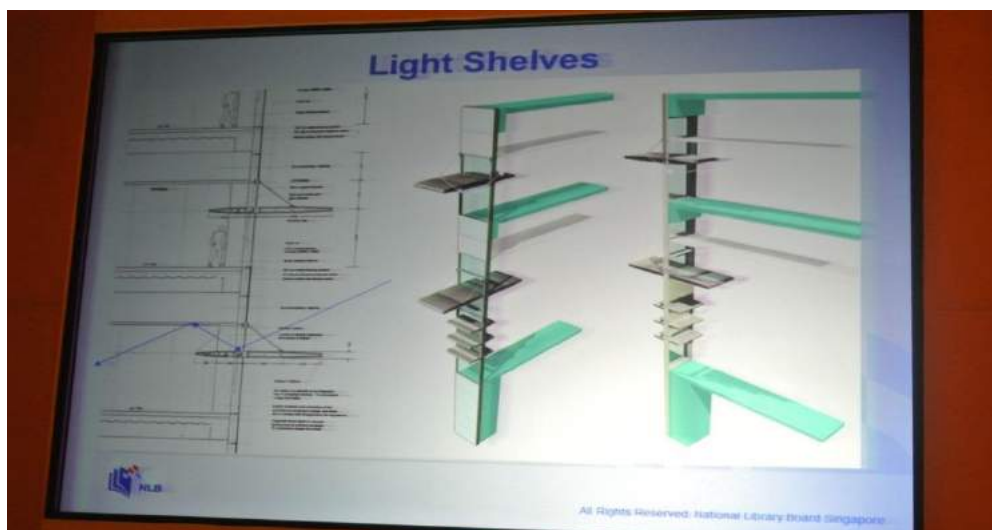


圖 122 具有反射光線功能的照光板

(二) 主動式設計：

- 1.內部空間：經由內部空間設計，減少冷氣之使用，如 1F 半側的空間（活動廣場）除可作為舉辦活動空間外，也足以形成自然通風，取代空調設置。另為減少能源使用，將最多人使用之設施設置於 1 樓。



圖 123 利用廣場導入自然通風，取代空調設置

- 2.空橋：利用空橋有效將空間隔離成活動和閱讀區，不僅減少閱讀區音量干擾，且可利用空橋引進氣流，配合建築外殼的鰭片設計，導引氣流進入建築內部，減少空調用電需求。



圖 124 空橋與鰭片式的建築外殼設計

- 3.自動化：如百葉窗、日光感應器、光線感知器、建築能源監控系統(BEMS)。



圖 125 透過光感應器，使用百葉窗控制光量並隔絕熱輻射

(三) 用水效率：

- 1.外部植栽，使用自動灑水系統。
- 2.雨水偵測器：雨天停止自動灑水系統，以節約用水。

(四) 室內空氣品質：利用 CO₂ 偵測器，當偵測到室內 CO₂ 濃度過高時，將自動引進外氣，以改善室內空氣品質。

新加坡國家圖書館大樓時較少導入再生能源（如太陽能發電設備等），可能是因為當地高溫多雨遮蔽日照，會影響發電效率。

第八節 新加坡濱海灣花園

世界十大室內花園之一，也是新加坡最優美的園林傑作，擁有最佳的園藝、可持續性和建築設計，培植來自南極洲外其他各大洲的奇花異卉(如圖 126)。本次主要參觀點花穹(Flower Dome)和雲霧林(Cloud Forest)。



圖 126 新加坡濱海灣花園

花穹再現地中海乾冷氣候，有九個主題花園，種植來自五大洲的植物，包括猴麵包樹和寶瓶樹花園 (Baobabs and Bottle Trees)、肉質植物花園 (Succulent Garden)、澳大利亞花園 (Australian Garden)、南非花園 (South African Garden)、南美花園 (South American Garden)、加利福尼亞花園 (California Garden)、地中海花園 (Mediterranean Garden)、橄欖樹林 (Olive Grove)。

雲霧林則呈現熱帶山地雨林濕潤氣候，遍植蘭花、豬籠草和蕨類植物。35 米世界最高的室內瀑布讓人驚豔，攀上最高點順着雲霧繚繞的雲霧步道 (Cloud Walk) 漫步而下，可細細品味周圍美景。

花穹和雲霧林，除了高超園藝外，同時採用下列技術使能源與水可以持續循環，使環境可永續發展：

玻璃植物溫室的冷卻系統應用下列先進技術和能源效率方案（如圖 127），較傳統技術節能 30%：

- 降低太陽照射的熱度：特殊玻璃讓植物受光最適化，自動調整的屋頂遮幕避免植物過於受熱。
- 分層控制溫度：應用熱分層，地板冷水管讓生長區降溫，熱空氣自然從屋頂散出，減少冷卻空氣量。
- 空氣除濕後冷卻：空氣由乾燥劑除濕再冷卻，降低耗能。乾燥劑以生物質燃燒廢熱處理後循環使用。
- 能源自給和節能：汽電共生燃料來自花園和其他公園生物質，供電冷卻系統，廢熱用來循環除濕劑。

- 太陽光電和空氣循環：11 顆擎天樹叢有些裝置太陽光電供照明，某些整合溫室，引導熱空氣排出。

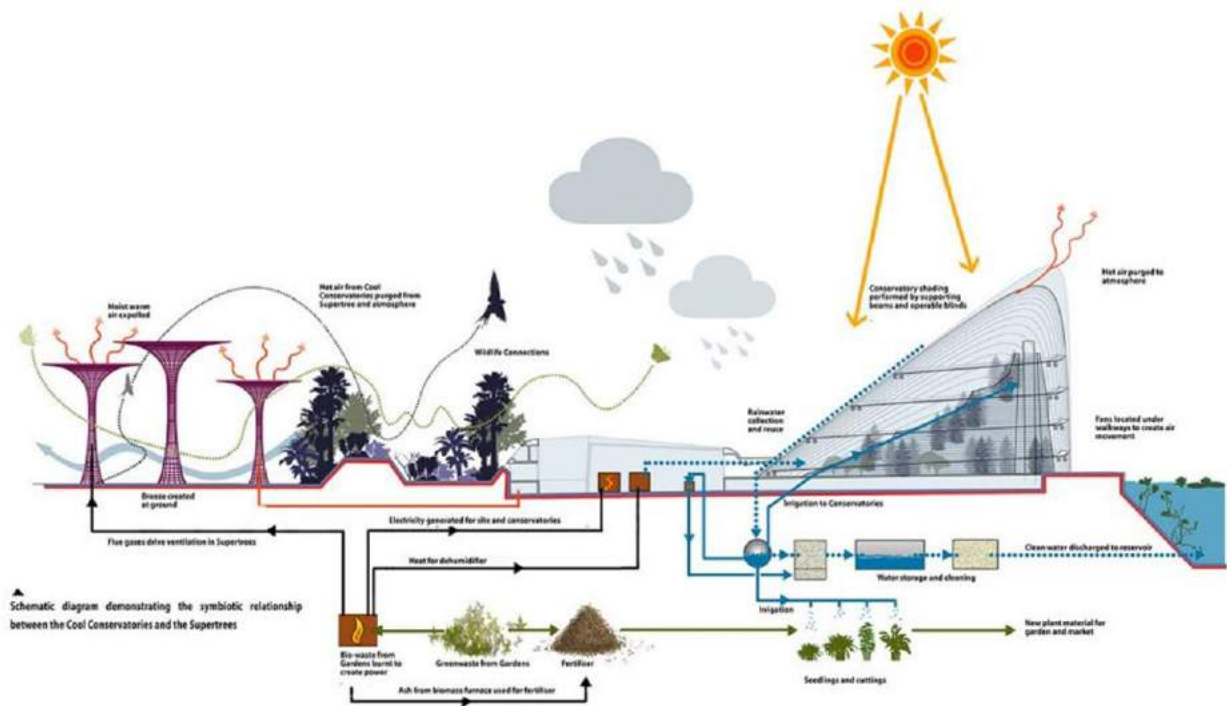


圖 127 濱海灣花園建築節能設計示意圖

第七章 結論與心得建議

第一節 結論

壹、能源發展攸關民生及經濟發展，每一個國家都會依該國永續發展原則、自身與外在資源、國情等，選擇適於該國的能源供應組合

一、 泰國為開發中國家，現階段國家發展仍強調經濟，其最終能源供應，主要是化石燃料（大約 98%），並逐步提高再生能源設置，另外亦可透過鄰近東協國家提供，如由寮國可提供豐沛水力發電，因此，在能源供給面上，東協成員國將朝能源區域整合方向前進。至於新加坡為已開發國家，其能源處境跟我國相似，缺乏自主能源，能源進口以天然氣為主（約 99%），因土地面積限制及國際航運需求，未有明確的再生能源發展策略，惟因為屬相對集權國家，於能源政策決策上人民多無表達意見空間。

二、 臺灣 98%仰賴進口，且為孤島型電力系統，於能源選擇上本來就有相當多的限制，另外，臺灣是個自由民主國家，政府相對重視人民的意見，且我國民眾對於能源供應亦有不同意見，因此政府建立一個透明及民眾參與的機制或溝通平台，以作為政府能源政策決策之重要參考。

貳、各國依其自有資源及資源配置決策，而有不同的再生能源發展選擇

泰國於日照強度及時間均具優勢，且亦有足夠土地面積，可供設置太陽能發電廠，因此，太陽能發展可為其未來再生能源主要選擇，除此之外，泰國於生質能發展上亦相當重視，主因該國認為發展生質能除可增加自主能源比例外，亦有助提高該國農民生產及增加收入，惟該等再生能源發展上，泰國仍有相關待解決事項須要再深入探討，如太陽光電設置與農民爭地及汙染等問題。另新加坡因土地資源限制及海洋資源運用係以航運為主，因此，對於太陽光電及風力發電上並無積極推動策略。而我國再生能源議題上，除探討極大化外，其最適化亦須探討，就資源最有效的配置，亦為未來發展再生能源討論課題之一。

參、在能源供給面未有重大突破前及溫室氣體減量趨勢下，抑制能源需求端成長，將是長期持續且必要的工作。

2015 年 11 月 30 日起在巴黎召開聯合國氣候綱要公約 UNFCCC 締約國大會（COP21），195 個締約國簽訂「巴黎協議」，以抑制長期全球暖化。溫室氣體減量已為世界趨勢，亦為首要任務，各國為達其所定溫室氣體減量目標，已擬定相關因應措施，而在能源面向，其需求面與供給面應該要同時努力，在能源供給上雖有發展再生

能源選項，但因再生能源仍有其限制，因此，仍須從需求端積極著手，且是一項長期持續的工作。

第二節 心得建議

壹、 能源安全與永續發展

- 一、 我國政策目標與國際永續目標大同小異，仍需依國情、我國 INDCs 減量目標，檢討永續能源政策，提出最適能源配比，並建構國家能源中長期基本計畫機制。
- 二、 建立公眾溝通及社會參與管道：定期舉辦公民審議會，與大眾和利害關係人溝通，長期理解與互信，建構能源安全與永續發展的共識。
- 三、 我國能源安全偏重供應安全及穩定程度，宜配合我國能源現況、國際趨持續檢討，後續應依我國能源安全政策 3 大目標，研議我國能源安全風險預警系統。

貳、 能源科技與產業發展

- 一、 成立一個跨部會之平台/委員會，且由高層官員擔任召集人，處理此項議題。
- 二、 再生能源的限制為如何確保有穩定的電力供應，以及如何給予合理的獎勵誘因，方能促進再生能源發展，這是各公民營單位應該思考的。
- 三、 非能源主管法令架構下，以獎勵或補助方式，提供經濟誘因，建置生質能源推動機制或措施，如水污法有關畜牧糞尿沼氣發電且申請取得碳權措施。

四、 能源科技產業合作

- (一) 臺灣有推動再生能源的經驗，泰國也規劃了積極的再生能源目標，泰國和臺灣在這個領域有很好的合作機會。
- (二) 東協準備建立東協地區的電網和煤氣管道，泰國是東協市場的要道，因此，臺灣可透過泰國來加強了解東協的能源市場。

五、 太陽光電推廣

- (一) 屋頂型：推動民宅、工廠、公有建築等設置太陽光電。
- (二) 地面型：開放於嚴重地層下陷地區、受污染農地等不利耕作農地，設置再生能源設施，以利邊際農地多元利用。

六、風力發電推廣

- (一)陸域：推動策略以先開發優良風場，再開發次級風場為目標。
- (二)離岸：推動策略為先開發淺海(5~20 公尺)，再逐步開發深海(20~50 公尺)。

七、地熱發電推廣:發展高效率地熱發電技術，排除設置障礙，鼓勵業者投資興建。

八、我國再生能源電能躉購制度，可朝設置者可自行選擇不躉售、餘電躉售或全額躉售等方式。

參、能源管理與效率提昇

- 一、 臺灣節能減碳市場雖小，但成長潛力大，且有技術輸出至東協國家之能力，如果未來可加入跨太平洋夥伴關係協議(TPP)等國際組織，潛藏商機可觀，宜及早因應及布局。
- 二、 應以「永續發展」思維修訂相關法規，遏止超量或不當的建築設計，並導入完善的獎懲及補助機制，推動建築能源有效管理。
- 三、 國內外大型建築已普遍導入 BEMS 進行系統整合，以提升整體效率。鑑於近年「物聯網」漸受重視，未來可思考結合物聯網，再精進建築能源效率之提升。
- 四、 國內住宅及商業用電占全國用電總量的 37%，鑑於節能減碳意識逐漸升溫，政府機關學校近年率先大力推動四省計畫，用電量已連續 7 年負成長；相關經驗宜廣為宣導，並優先推廣至性質相近的住宅及商業部門採行。

肆、低碳施政與法制配套

一、東協能源整合主要挑戰與未來

- (一)如何整合各會員國國家政策與東協政策，不致於產生衝突，才能發揮綜效，各成員國間政治的信任需長時間累積，若無充足的信任，將是很大的障礙，要完全整合東協能源市場，仍有很長的路要走。
- (二)對於跨越國界的電力及天然氣交易，仍屬於少數。軟體建設(如制度、市場機制)進展較實體建設緩慢。
- (三)財務限制以及各成員國技術與法規不同。

二、低碳政策

- (一)巴黎氣候峰會決議除減排外並需協助開發中國家強化因應氣候變遷的調適能力，減緩 與調適是為節能減碳與防災應變，兩者應緊密扣合，並結合產業發展達成供應鏈。

(二)國家綠能低碳推動目標應與 NDC 聯結，才能落實減碳目標。

(三)能源價格仍是推動能源永續之關鍵，重點在於民眾基本態度之建立，需要透過政策、科技、教育、傳播及整合等方式達成。

三、巴黎氣候峰會之因應

觀察國際局勢，第 21 屆締約國會議後，巴黎氣候協定被稱作史上第一個阻止氣候變遷的全球協定，未來至少要有排碳量占全球 55% 的 55 國批准，協定才能生效。可以想見，在國際減排趨勢下各種貿易限制與碳稅機制逐漸形成，綠能產業市場會越來越蓬勃，綠能願景持續起飛，煤礦等高碳產業則被壓制並持續萎縮。我國考量歷史責任及減碳能力所提出的減碳承諾，即 INDC 減量目標為 2030 年溫室氣體排放量為 BAU 減量 50%、2050 年降至 2005 年排放量 50% 以下，相較於其它國家我們的野心並不小，新政府成立後如何賡續實現，讓各部會、各部門確實納入政策白皮書，落實具體行動，並強制管考以及滾動檢討，考驗著新政府的作為，這可不能換人執政一切重頭來過。尤其在最後階段到來，各種減碳措施與能源轉換效率提升後，如果還是無法補足減碳缺口，碳捕捉與地質封存等末端減量技術應為最終手段，應盡早前置規劃安排，這些都是因應現狀與避免違背國際承諾亟需大家共同面對並採取必要決策。

伍、其他建議

- 一、 本次課程行程安排非常充實、緊湊，相對排擠小組討論時間；建議日後組團出國專題研究班，課程設計上，宜適度安排小組討論時間，或安排不同小組成員跨組討論，以提升學習成效。
- 二、 政策研習課程建議可與當地產、官、學交流，以進一步瞭解參訪國家的政策制度，同時針對施政實務經驗交流。
- 三、 建議建立出國研究國際學校資料庫，朝長期合作方式合作。

第三節 研究成果彙整表

行動計畫或方案 (請註明計畫或方案名稱)	研究建議事項	主(協)辦機關
一、整體規劃	1. 建議依我國 104 年 7 月 1 日公布施行「溫	經濟部、環保

<p>(一)新興建議計畫-</p> <p>健全永續能源政策綱領、建立能源議題公眾溝通及社會參與管道</p>	<p>室氣體減量及管理法」、同年9月17日提出我國溫室氣體減量「國家自定預期貢獻」(INDC)承諾、電力中長期負載預測與開發規劃及我國永續發展目標，持續檢討及強化我國永續能源政策。</p> <p>2. 建議建立能源議題公眾溝通及社會參與管道：定期舉辦公民審議會議，與大眾和利害關係人溝通，長期理解與互信，建構能源安全與永續發展的共識。</p>	<p>署</p>
<p>(二)新興建議計畫-</p> <p>健全我國能源安全政策</p>	<p>1. 建議依據我國能源情勢，持續檢討精進我國能源安全指標。</p> <p>2. 建議建構我國能源安全風險預警指標。</p>	<p>經濟部</p>
<p>(三)積極推動能源開發政策</p>	<p>1. 建議建構國家能源中長期基本計畫機制。</p> <p>2. 建議積極推動能源開發政策：以多元能源為方針，規劃未來國家能源結構配比。此乃根據第四次全國能源會議—燃煤、燃氣和核能的共同意見，各類能源有其優點與限制，需充分利用各種能源之優點，並考量我國地理限制及能源供給條件，訂定效率化、自主化、多元化的合理能源組合，以確保能源供給安全，並研擬汽電共生系統發展目標，有效提升能源自主。</p> <p>3. 考量氣候變遷及供電穩定等問題，建議積極尋求化解核能爭議之途徑，併同推動核能發電合理使用評估方案納入我國能源政策。另依據第四次全國能源會議的其他意見，持續溝通及強化資訊透明，建立核能資訊平台及減碳環境共識。</p>	<p>經濟部、行政院原子能委員會</p>
<p>二、能源供給面推動計畫</p> <p>(一)能源開發與發電方式對環境衝擊之因應作法</p>	<p>1. 推動環評專家會議機制：由開發單位、環評委員、相關團體或地方政府各方推薦專家，針對環評審查過程中有爭議的事項進</p>	<p>經濟部、環保署</p>

	<p>行具科學依據的討論，即公眾參與、專家代理。</p> <p>2. 修正發布噪音管制標準：增訂風力發電機組噪音管制標準及相關稽查量測與作業規定，解決風力發電機組噪音量測地點妥適性之爭議。</p>	
(二)建立合理管制空汙排放，兼顧環境保護與經濟發展	<p>1. 建議通盤檢討各類空汙來源，考量空汙管制合理性、現有技術可行性及成本效益等，在兼顧環境保護、民生需求及經濟發展下，尋求較有效及可行作法。</p> <p>2. 建議建立直轄市、縣（市）主管機關加嚴空氣污染物排放標準之標準化作業流程。</p>	環保署、地方政府
<p>三、能源需求面管理計畫</p> <p>(一)落實「能源開發及使用評估準則」</p>	<p>1. 依據第四次全國能源會議—完備減碳法規制度的共同意見，依「能源管理法」修法後之法律授權，積極落實大型能源投資及生產計畫於設計規劃階段先期能源管理之可行性，期能確保能源供需平衡及擴大推動節能減碳。</p> <p>2. 依據第四次全國能源會議—推動大型投資生產計畫能源使用規劃與區域能源整合的共同意見，大型投資生產計畫之能源用戶新設或擴建能源使用設施之前，應預先進行良好能源使用規劃，並與鄰近區域之能源進行整合，並建立適當的公眾參與機制。</p>	經濟部
(二)持續推動綠能低碳推動會重點工作及「智慧電網總體規劃方案」	<p>1. 鑒於我國智慧電錶布建速度趨緩，應儘速蒐集其他國家於大量布建智慧電錶之成功案例、益本比、通訊技術及相關解決方案等資訊，且須充分釐清我國前期布建之執行問題。</p> <p>2. 配合我國能源政策，擬訂 AMI 推動之策</p>	經濟部

	<p>略及合理務實之目標，並加速推動，且滾動檢討。</p> <p>3. 落實「智慧電網總體規劃方案」中期(2016-2020)策略，導入需量反應及需求面管理機制。合理反映成本前提下，強化電力需求面管理。</p> <p>4. 依據第四次全國能源會議—研議電力公用事業推動節能義務規範並強化需求面管理之共同意見，推動 1)評估需量反應做法，釐清我國與先進國家之差異，持續建構智慧電網，加速 AMI 建置；2)研究推動用戶群代表(Aggregators)之新興電力需量管理與節能商業模式。</p>	
(三)加強能源與節能教育與宣導	<p>1. 建議推廣大眾能源及節能教育，建構能源及節能知識平台與學習環境，提升國人能源及節能減碳素養。</p> <p>2. 建議加強與企業、非政府組織合作推廣能源與節能教育，深化能源與節能社會教育工作</p> <p>3. 另依據第四次全國能源會議—燃煤、燃氣和核能之共同意見，加強電源開發計畫相關資訊公開之程度，使民眾能於事前獲得充分資訊。</p> <p>4. 加強溝通電源開發計畫之必要性，並加強與地方主管機關及民眾之協調溝通以降低民眾抗爭。</p>	經濟部、教育部
四、國際合作計畫 新興建議計畫-區域能源合作	<p>1. 鑒於東協已就能源領域積極進行區域合作，建議我國積極尋找區域能源合作之妥適對象，進行新能源技術或區域能源之相關合作計畫。</p> <p>2. 依據第四次全國能源會議—善用經濟市</p>	經濟部、環保署、外交部

	<p>場工具的共同意見，以「強化國內綠色科技應用，擴大綠色技術國際輸出」為長期氣候融資機制政策發展主軸之一，藉由促進國內外公私部門間的合作或協力，帶動我國低碳經濟的發展。</p> <p>3. 依據第四次全國能源會議—拓展氣候變遷合作的共同意見，應以我國科技與專業能力為基礎，積極推動國際合作，並藉由建立或參與氣候變遷相關國際夥伴網絡，營造我國實質參與氣候變遷國際組織的環境。</p>	
國家綠能低碳總行動方案項下之標竿型計畫-「再生能源新紀元」計畫： 綠色能源產業躍升計畫	成立一個跨部會之平台/委員會，且由高層官員擔任召集人，處理此項議題。	經濟部、相關部會
國家綠能低碳總行動方案項下之標竿型計畫-「再生能源新紀元」計畫： 綠色能源產業躍升計畫	再生能源的限制為如何確保有穩定的電力供應，以及如何給予合理的獎勵誘因，方能促進再生能源發展，這是各公民營單位應該思考的。	經濟部、相關部會
國家綠能低碳總行動方案項下之標竿型計畫-「再生能源新紀元」計畫： 綠色能源產業躍升計畫	<p>1. 臺灣有一些推動再生能源的經驗，泰國也規劃了積極的再生能源目標，泰國和臺灣在這個領域有很好的合作機會。</p> <p>2. 東協準備建立東協地區的電網和煤氣管道，泰國是東協市場的要道，因此，臺灣可透過泰國來加強了解東協的能源市場。</p>	經濟部
國家綠能低碳總行動方案項下之標竿型計畫-「再生能源新紀元」計畫： 陽光屋頂百萬座計畫	<p>1. 屋頂型：推動民宅、工廠、公有建築等設置太陽光電。</p> <p>2. 地面型：開放於嚴重地層下陷地區、受污染農地等不利耕作農地，設置再生能源設施，以利邊際農地多元利用。</p>	經濟部(能源局)、農委會、環保署

<p>國家綠能低碳總行動方案項下之標竿型計畫-「再生能源新紀元」計畫： 千架海陸風力機計畫</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 陸域：推動策略以先開發優良風場，再開發次級風場為目標；以躉購費率加成方式，提供設置誘因，加速達成；加強技術研發並強化風力業者與民眾之溝通，以降低民眾對風力機設置衍生之疑慮。 2. 離岸：推動策略為先開發淺海(5~20 公尺)，再逐步開發深海(20~50 公尺)；並先推動示範獎勵計畫，再推動大規模區塊開發；健全法規制度，訂定合理躉購費率；提升周邊服務與基礎建設(如碼頭、電網、海事工程)；完善融資體系(如協助申請專案融資或信保)；發展產業技術能量(如營運及維護)。 	<p>經濟部能源局、環保署、科技部、交通部、農委會漁業署、</p>
<p>第二期能源國家型科技計畫： 推動地熱發電技術研發、試驗與技術移轉 國家綠能低碳總行動方案項下之標竿型計畫-「再生能源新紀元」計畫： 地熱發電</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 積極獎勵開發地熱發電資源，發展高效率地熱發電技術，降低地熱發電成本、提升地熱發電效率，逐步推動地熱發電成長。 2. 透過示範獎勵措施，鼓勵業者投資興建。 3. 提高設置誘因，排除設置障礙。 	<p>科技部、經濟部</p>
<p>國家綠能低碳總行動方案項下之標竿型計畫-「再生能源新紀元」計畫： 研議以躉購費率鼓勵民眾安裝分散式再生能源之可行性。</p>	<p>目前我國再生能源電能躉購制度，設置者可自行選擇不躉售、餘電躉售或全額躉售等方式。</p>	<p>經濟部能源局</p>
<p>新興建議</p>	<p>非能源主管法令架構下，以獎勵或補助方式，提供經濟誘因，建置生質能源推動機制或措施，如水污法有關畜牧糞尿沼氣發電且申請取得碳權措施。</p>	<p>環保署 農委會 (經濟部)</p>
<p>【電價合理化及電業自由化】 1. 電價合理化（104 年全國能</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 持續推動電業自由化，修正電業法相關規定。 	<p>經濟部能源局、經濟部國</p>

<p>源會議行動計畫：核心議題一.2)</p> <p>2. 電價、電力供應與電業自由化 (104 年全國能源會議行動計畫：核心議題二.3)</p>	<p>2. 建立合理、透明之電價調整機制，使電價充分反應成本，並能兼顧世代正義。</p> <p>3. 建立合理之電力交易市場機制。</p>	<p>營會、台電公司</p>
<p>【工業使用能源效率管理】</p> <p>1. 輔導能源大用戶達成強制性節電目標 (104 年全國能源會議行動計畫：核心議題一.6)</p> <p>2. 提升工業部門能源效率 (104 年全國能源會議行動計畫：核心議題一.8)</p>	<p>1. 透過能源查核，推動產業需求減量 (Demand Reduction)，達到製程及公用設備使用能源之最佳化。</p> <p>2. 推動產業導入再生能源、汽電共生及冷熱電聯產。</p>	<p>經濟部能源局、經濟部工業局</p>
<p>【建築使用能源效率管理】</p> <p>1. 強化住宅與服務業部門節約能源 (104 年全國能源會議行動計畫：核心議題一.9)</p>	<p>1. 新建築採用生物氣候建築 (Bioclimatic Architecture) 以及節約能源之設計規範。</p> <p>2. 建材在地化及模組化。</p> <p>3. 加強推動企業自願減碳協議。</p> <p>4. 推廣導入再生能源。</p> <p>5. 每年持續推動「節電計畫」，透過實質獎勵、教育及推廣等措施，鼓勵全民積極投入節能推動工作。</p> <p>6. 提供適當的政策工具 (如：法規修訂、具經濟效益的市場制度、財稅融資獎勵、輔導企業自願減量、ESCO 等)。</p>	<p>內政部營建署、經濟部能源局 (財政部賦稅署協辦：財稅融資獎勵之部分)</p>
<p>【節能技術宣導推廣】</p> <p>1. 推動成立節能專責組織 (104 年全國能源會議行動計畫：核心議題一.12)</p>	<p>成立國家級節能展示中心，藉由專業人力傳播最新節能技術與應用資訊。</p>	<p>經濟部能源局</p>
<p>全國能源會議具體行動計畫：</p> <p>1.完備低碳法規制度</p>	<p>推動能源稅立法，落實碳稅制度，並實施碳總量管制，以實質減緩碳排放量。</p>	<p>行政院環境保護署、經濟</p>

	<p>成立碳交易平台，並擴及跨國交易，並與碳稅制度雙管齊下，達成低碳目標。</p> <p>進行大數據分析，瞭解國內外對於低碳政策之現況，並適時回饋至執行方案。</p>	<p>部、內政部、交通部、外交部</p>
<p>全國能源會議具體行動計畫： 3.呼應全球減碳願景</p>	<p>1.建立民眾參與機制，舉辦各項公聽會及辯論會，並邀相關 NGO 團體代表實際參訪瞭解我國能源政策運作情形。</p> <p>2.持續進行能源政策教育宣導，製作能源說帖懶人包，讓一般民眾也能輕易瞭解國家能源困境，進而改變行為模式，達成節能減碳目標。</p>	<p>行政院環境保護署、經濟部</p>
<p>全國能源會議具體行動計畫： 環境低碳永續－落實國家適當減緩行動</p>	<p>1.偏遠地區發展如淺層地熱、太陽光電裝置與離岸風力發電等再生能源技術，應優先規畫區域電網連結並提高區域電量負載能力。</p> <p>2.結合農作物生產期程，研發如稻穀作物或固體廢棄物等料源轉化為生質能技術，形成市場後可活絡當地經濟與創造就業。</p> <p>3.臺灣能源進口依存度高，四面環海，利用波浪、海流、潮汐及潮差、海洋深度造成的溫度及鹽份梯度等新穎海洋發電技術應持續進行研究，以地方特色發展再生能源。（泰國學者評估發電成本約生質能 5 倍，尚待技術發展、材料研發）</p>	<p>科技部 (經濟部、行政院農業委員會)</p>
<p>全國能源會議具體行動計畫： 環境低碳永續－規劃國家自主決定預期貢獻</p>	<p>持續參與並爭取加入聯合國氣候變遷專門機構，所提 INDCs 納入全球因應氣候變遷管制機制與行動，並爭取已開發國家近 1,000 億美元氣候融資及相關技術支援。</p>	<p>行政院環境保護署</p>
<p>全國能源會議具體行動計畫： 環境低碳永續－營造低碳樂活家園</p>	<p>發展地區性再生能源系統，型塑偏遠地區獨立電網等自給自足式供電系統，改善供電的不穩定性，並降低供電輸配過程的損耗。</p>	<p>經濟部</p>
<p>全國能源會議具體行動計畫：</p>	<p>1.目前綠建材僅規範建築物室內裝修、室外地</p>	<p>內政部營建署</p>

<p>環境低碳永續－完備減碳法規制度、鼓勵低碳建築結構、改善既有公有建築物綠建築標準</p>	<p>面材料使用面積比率，尚未及於基礎、樑柱、承重牆壁、樓地板、屋架屋頂等主要構造，鼓勵設置低碳建築物，相關法規應有鼓勵性規定。</p> <p>2.新加坡訂目標年 2030 年時 80%建築物為綠建築，研議參採將綠建築部份法令規範溯及既往公有建築物，責請管理機關提列改善計畫與改善期程。</p> <p>3.建立建築施工材料就地取材與模組化設計之獎勵機制，以減少建材碳足跡所隱含的碳排放。（如尼泊爾就地取材砌磚學校，不需去外地運輸建材，在 15 日內建成；大陸以模組施工法在 15 日內建造一棟 30 層建築物）</p>	
<p>全國能源會議具體行動計畫： 8.1 加強國際合作交流</p>	<p>1.與鄰近國家成立區域合作聯盟，例如中國，並推行碳商標及碳商品，一方面提高國際知名度，一方面擴大市場競爭力。</p> <p>2.推動能源產業輸出國際，並成立資訊交流平台，讓國內相關人士均能瞭解目前推動及國際交流情形。</p>	<p>行政院環境保護署、經濟部、外交部</p>
<p>全國能源會議具體行動計畫： 落實我國電價合理化： 1.落實依電價公式調整機制，合理反映內外部成本。</p>	<p>建議落實能源價格合理化，合理反映內部與外部成本及強化資訊公開，有效運用能源價格合理化之指標性效果，以期達成節能減碳之規劃目標。</p>	<p>經濟部能源局</p>
<p>節能環境建構與知識服務應用研究計畫： 1.經營節能知識及技術應用服務平台，提供民眾及產業節能知識服務。</p>	<p>建議參考泰國能源局設立節能訓練中心，除規劃各類課程外並置各類實體模擬場域提供學習。</p>	<p>行政院環境保護署、經濟部</p>
<p>節能環境建構與知識服務應用研究計畫：</p>	<p>建議參考泰國溫體減量組織（TGO）推動的低排放支持方案(LESS, Lower Emission Supporting</p>	<p>行政院環境保護署、經濟部</p>

2.經營在地社群，並辦理節能志工培訓，推廣能源局節能社會教育服務	Scheme)，媒合企業至社區或學校推動低碳方案，除可建立良好環保企業形象外，並可挹注社區及學校有更多資源推廣低碳作為。	
能源管理專業人才培訓推廣計畫： 2.辦理公部門能源管理人員訓練課程	建議將能源議題及節能教育排定為環境教育法規範之必修課程（如每二年必須至少 2 小時）。	行政院環境保護署、經濟部
教育部校園節能減碳輔導團計畫	1.建議紮根節能減碳環境教育，推動全民教育宣導及永續綠校園。 2.建議普及能源環境教育及培育能源科技人才，以強化國人節能減碳素養、有效促進節能產業升級發展，提升國際競爭力。	教育部
推動第二期能源國家型科技計畫：1.推動節能領域相關科技研發計畫	建議推動全民參與發展「低碳社區」與「低碳城市」，其內涵將包括低碳能源的使用、節能設施的鋪設、低碳節能綠建築的營造及低碳生活模式的塑造，從而建造再生能源生活圈，引領國民樂活生活典範。	科技部(經濟部能源局、經濟部技術處、經濟部工業局、經濟部標準檢驗局、交通部運輸研究所)
新興建議計畫： 持續推展並引進碳補捉與封存技術	借鏡國外碳補捉封存等末端減量技術，包括礦化封存、生物封存、植物封存、地質封存、海洋封存等等，進行國土調查選址並評估在臺灣實踐的可行性，以補足減碳缺口。	科技部 (經濟部)
新興建議計畫： 建立都會區域市中心區尖峰時間電子收費系統	在公車系統與捷運系統普及的大都會地區，實施尖峰時段駕車進城收費的制度，也就是想進入市中心區的人必須付費才能取得權利。可結合高速公路 ETC 收費系統取代人工通行證，在通過城區外圍關卡時，由電子感應器自動扣款。	交通部公路總局 (臺北市政府、高雄市政府)

	預期效益包括減少市中心區交通擁塞及能源消耗、壓抑私有汽車持有成長、提高大眾運輸乘載率並平衡投資成本(尤其捷運)。	
新興建議計畫： 建立碳排放交易體系	建立完善交易體系包括市場模式、交易規則、架構、安全等。依科學原則合理分配碳排放額度。	行政院環境保護署
新興建議計畫： 推動產業溫室氣體自願減量	建議參考泰國商品減碳標籤(Carbon Reduction Label)認證(生產過程中溫室氣體排放與 2002 年之前相比減少 10%以上，就給予商品減碳標籤)，以鼓勵生產者以更高效率之流程減少溫室氣體排放。	行政院環境保護署、經濟部
新興建議計畫： 落實低碳工程制度化	建立全國低碳工程資料庫，及相關材料及產品碳履歷，並推動至各級單位。	行政院環境保護署、經濟部、工程會
新興建議計畫： 推動產業溫室氣體自願減量	1.建議推動產業低碳化相關措施，促使產業逐步邁向「低碳化」，建構我國高質低排放的新產業鏈布局，創造綠色就業與消費。 2.配合全球溫室氣體管制趨勢及國內二氧化碳減量目標，建議應優先建立低碳能源生產消費經濟模式及調整為高附加價值產業結構。	經濟部工業局 (環保署、經濟部能源局)
新興建議計畫： 公佈未來國家能源政策與電力供需預測於官方網站，落實政策資訊公開	建議未來能源政策應朝向「穩定能源供應、強化能源合作、提高低碳自主能源比重」、「改善能源結構」、「強化供電安全與高效率電力系統」、「提升能源使用效率、落實能源價格合理化」、「加速低碳產業布局及強化競爭力」，以及「加強能源教育，建立全民永續發展共識」等六大方向邁進，較易逐步達成低碳經濟社會及永續發展國家之終極目標。	經濟部能源局

附錄



開幕式合照



開幕式 研究員長代表致 AIT 贈禮



Prof. S. Kumar 講授能源永續政策之課堂情形



研究員代表致 Dr. A. Salam 贈禮



研究員代表致 Prof. S. Kumar 贈禮



研究員代表致 Dr.J.G.Singh 贈禮



研究員代表致 Dr. B. Mohanty 贈禮



研究員代表致 Dr. S. Dhakal 贈禮



研究員代表致 Dr. Weerakorn Ongsakul 贈禮



課堂合影



林全能團長致泰國溫室氣體管理組織代表贈禮



結業式合影於駐新加坡臺北辦事處