電從哪裡來

核四封存後 你不可不知的事

經濟部 經濟部能源局

歡迎轉載與傳播！本電子書相關內容屬政府公開資訊，允許任何未扭曲原意下之轉載、引用及非商用性重製（含印製）等用途。

Contents

PART 1 **核四封存後，面臨的挑戰**

- 1-1 當缺電已成事實，臺灣還能撐多久？
- 1-2 用電需求應不應減？能不能減？
- 1-3 替代方案為何無共識？

PART 2 **節流面：臺灣還能省多少電？**

- 2-1 全面推動節能
- 2-2 工業、商業節能成效
- 2-3 民生省電感性與理性

PART 3 **開源面：現有選項的困境**

- 3-1 燃煤電廠產能高，碳排也高
- 3-2 燃氣電廠適宜作後衛，不適宜作主將
- 3-3 核能發電低碳低成本，電價平穩需要它
- 3-4 合理電價誰說了算？

PART 4 **永續面：新興能源帶來的希望，何時實現？**

- 4-1 太陽光電幫得了尖峰幫不了離峰
- 4-2 風力發電未來潛力在海域，有待發展
- 4-3 其他新興能源科技仍待技術成熟
- 4-4 減碳問題，有解嗎？

PART 5 **看看別國怎麼做**

- 5-1 全球能源發展趨勢
- 5-2 德國、日本、英國、韓國，能源政策轉彎各有苦衷
- 5-3 日本福島核災後，臺灣能源選擇為何陷入困境？
- 5-4 臺灣對能源選擇態度符合世界主流趨勢？

序

這本書是臺灣最新的官方能源專書。在歷經 103 年 9 月至 104 年 2 月長達五個月的全國能源會議後，關注能源議題的朋友愈來愈多；我們希望能藉由這本書所整理出的客觀資訊，讓大家討論臺灣未來電力出路時可以更有依據。

事實上，根據經濟部能源局於 103 年 6 月所作「民眾能源認知調查」顯示，高達 8 成民眾不知道「臺灣 98% 能源依賴進口」，不到 2 成民眾知道「太陽能平均一天發電時間不滿 5 小時」；鑑於此，我們認為有必要整理能源客觀資訊，作為大家討論能源議題的基礎。

「未來電力哪裡來？」是這次全國能源會議討論的主題，也是我們未來幾年必須共同面對的問題。103 年起林口、通霄、大林及協和等火力電廠相繼除役，107 年起核一廠面臨除役，110 年起核二廠面臨除役，113 年起核三廠面臨除役，原本核四規劃用來遞補這些電力缺口；但核四現今已封存，且近期全臺氣溫飆高，致使尖峰用電屢創新高，今（104）年 6 月整體用電也較去年同期成長 8.38%。日後是否運轉必須經公投決定，臺灣未來電力情勢具有高度不確定性，需要共同思考出路。

為了有效尋求共識，這次全國能源會議嘗試了多項創新作法。包括：進行討論時所依據的客觀背景資訊由各界廣徵而來，並非政府單向提供；而作為各地方意見傳輸管道的分區及團體會議也不再只按往例舉辦 4 場，而擴大為 11 場，並特別加開網路會議；全國大會的代表，也大幅降低公部門比例至 25% 以下。誠然，電力系統攸關國家未來數十年的經濟發展與民生需求，各界關切甚深，共識仍待凝聚，但大家共同的期待，就是希望臺灣未來電力無缺，環境低碳永續。全國能源會議中與會代表特別對於「提升能源教育」產生強烈共識，希望政府能負責揭露電力的真實現況，協助民眾站在相同的立基點上討論國家未來能源走向。

因此臺灣還能節多少電？還能發展什麼樣可靠的電力來源？這些能源是不是能夠符合低碳永續的標準？這些都是「未來電力哪裡來」的核心議題，也都是這本能源專書所希望揭露的事實。即使臺灣可能暫時無法如英國等先進國家，一步到位於各級學校都強化能源教育內容，但起碼希望透過這本專書，讓所有關心能源議題的人都能一同省思臺灣電力所面對的選擇題。

PART 1

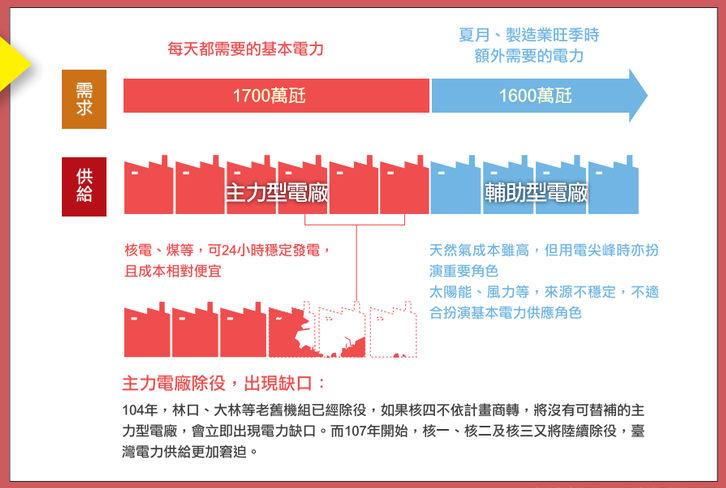
核四封存後，面臨的挑戰

1-1 當缺電已成事實，臺灣還能撐多久？

經濟要發展、國家要建設、用電量就會持續增加
可是老舊電廠陸續除役、核四封存不商轉
臺灣備用容量已不足 10%，電力已經出現缺口
缺電狀況有多嚴重？原因又是什麼？
在這裡、我們不預設立場，也不先做結論
只針對事實陳述，告訴大家臺灣電力背後的五大真相
唯有誠實面對電力供需挑戰
才能為未來做好準備

主力型電力缺口有多大？

有圖有真相



資料來源：經濟部能源局

阿光告訴你

主力型電廠已不足以支撐基本電力

考量近年許多老舊電廠也將陸續退役，加上經濟逐步好轉、夏日尖峰電力屢創新高，我國主力型電廠已經不足以應付基本電力的需求，一旦電力供應吃緊，以臺灣這種島嶼型獨立電力系統，根本無法由國外支援，我國短、中期缺電風險很難避免。

臺灣電力五大真相 ~~

1、老舊電廠陸續除役，汰舊換新仍難補足尖峰缺口

- 老舊火力機組將相繼關閉：設備與機組運轉多年，我國許多老舊火力電廠已效率不彰，自 103 年起，包含林口 #1-2 機組、通霄 #1-5 機組、大林 #3-5 機組及協和 #1-4 機組等火力電廠機組將相繼關閉，至 114 年關閉的火力機組將超過現有火力電廠裝置容量的 2 成。
- 核能電廠面臨屆齡除役：核四廠為我國後續供電的重要準備方案，在核四廠順利商轉的前提下，未來核一廠、核二廠及核三廠將在 107 年至 114 年間陸續屆齡除役，屆時電力供應將減少約 400 億度。若核四商轉每年可供電 193 億度，相當是全國 820 萬家戶住宅電力需求之 45%。
- 各類電廠新建不易：傳統燃煤、燃氣電廠興建常面臨民眾的抗爭，甚至屬於再生能源的風力發電亦遭受居民的強烈反對，加上環評時程的不確定因素，如果核四不商轉，替代之電力建設也緩不濟急。
- 由於電廠機組換新趕不上汰舊，尖峰需求又增加，在核四封存後，未來夏日尖峰電力缺口將難補足，缺電風險大增。

Q 為什麼要穩健減核，而不是立即廢核？

A 如果沒有核四，現階段為主力之再生能源包括太陽光電與風力發電，尚無法及時填補電力缺口，新建燃氣及燃煤發電機組也緩不濟急，而且就算蓋好了，還會有燃料成本高昂、碳排放量大增等問題。參考近年日本、德國廢核後對民生和產業造成重大衝擊的前例，我國在邁向非核的過程中，核四仍為階段性的必要電力補充方案之一。

阿光告訴你

台電預估 110 年尖峰用電需求較 102 年增加 570 萬瓩 (超過 2 座核四廠)。而老舊火力機組 14 部將屆齡除役，核一、二及三也將逐步除役，雖然新增火力機組 8 部，供電量並沒有比原先的增加。

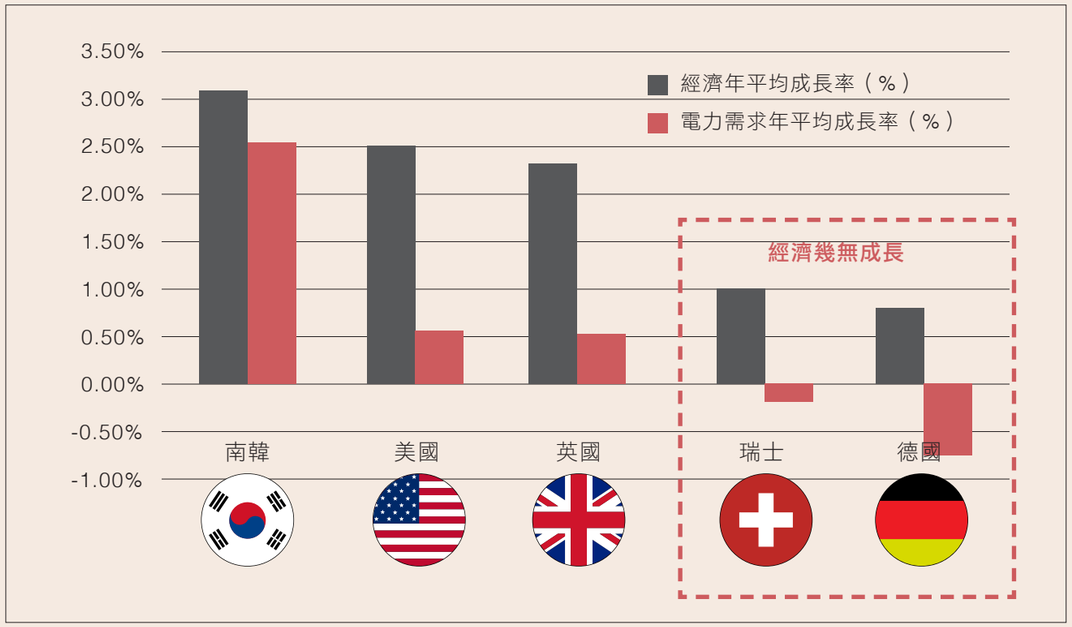
2、未來電力需求 隨經濟發展不斷增加

■ 即使經濟發展趨緩之已開發國家，電力消費仍會與經濟成長呈正向連動，過去十年 (2000-2010) 間 OECD 國家經濟年均成長率為 1.51%，同時期的電力消費年均成長率為 1.02%，這與我國的用電趨勢相同。

■ 根據 IEA 的資料顯示，未來 20 年間 (2011-2030 年)，只有少數國家，如德國與瑞士在預估經濟成長率 1% 的情況之下，才可達到電力負成長，其餘即使是經濟發展已趨緩 OECD 國家，未來電力需求仍將隨經濟發展而呈正成長。

■ 我國未來在經濟持續發展與積極導入節能減碳的措施下，預估電力成長將趨緩，但是電力系統 114 年較 101 年需要用電量，還將增加 26.5%。

主要國家未來 30 年經濟與電力預測



Q 什麼是 OECD 國家？

A OECD 英文全名 Organization for Economic Co-operation and Development,，中文稱為經濟合作暨發展組織，於 1961 年 9 月 30 日正式成立，總部設於法國巴黎。目前 OECD 會員國已達 34 個，不僅涵蓋先進國家，亦包括墨西哥、智利及土耳其等新興經濟體。OECD 希望藉由跨國間合作以促進經濟繁榮穩定及各國間和諧發展，隨著各主要新興經濟體將陸續加入，該組織各項倡議及所擬訂相關指導原則，已逐漸對全球經濟及發展產生相當影響力。

阿光告訴你

用電量跟經濟發展成正向相關，若強制以「用電零成長」為目標，可能導致經濟成長趨緩、產業出走、甚至薪資下降或失業擴大，影響範圍相當大。

3、電力系統孤立，能源依賴進口

■ 電力系統孤立，無法向國外購電：我國屬於島嶼型獨立電力系統，電力供應吃緊時無法由國外支援，如因夏季高溫導致用電需求暴增，或因再生能源間歇性供電不穩定，將會造成全國性或地區性的停限電。

■ 能源高度依賴進口，易受國際事件衝擊而短缺：我國 98% 能源依賴進口，如發生能源輸出地區政經情事變化與軍事衝突，或能源生產與運輸意外，造成燃料供應不及，我國電力就無法穩定供應。

■ 極端氣候頻傳，衝擊電力供需：近年極端氣候影響，夏季常發生颱風暴雨，造成液化天然氣運輸靠岸困難，化石能源存量不足的緊張情勢。此外，夏季偶發的酷熱高溫，也造成電力系統需求突然增加，供需失衡風險不小。

各種能源供應，安全嗎？

各類能源安全存量比較

核燃料棒：1年半

煤：30天

天然氣：7-14天

再生能源：**無法持續穩定供電**，例如太陽能，需天晴才能供電

頁岩氣：為新型態天然氣，雖美國產量**多且價格便宜**，但**若加上**昂貴的液化及運輸成本使得價格不亞於傳統的天然氣

資料來源：經濟部能源局

Q 能不能以再生能源（太陽能、風力、地熱）全面取代核電？

A 再生能源受日照、風速的影響，無法全天候穩定持續供電，且有電力儲存的限制；而臺灣淺層地熱可開發量僅約 15 萬瓩，只有核四總容量的 5.6%。至於深層地熱國際間尚無商轉的實例，因此短期內再生能源仍無法取代核電。

阿光告訴你

臺灣能源受制於國外，臺灣 98% 能源依賴進口，我國能源進口占比 GDP(國內生產毛額) 由 90 年之 3.8% 提高至 103 年之 12.09%，嚴重影響產業國際競爭力及民眾負擔。

4、備用容量率不足，缺電限電風險大增

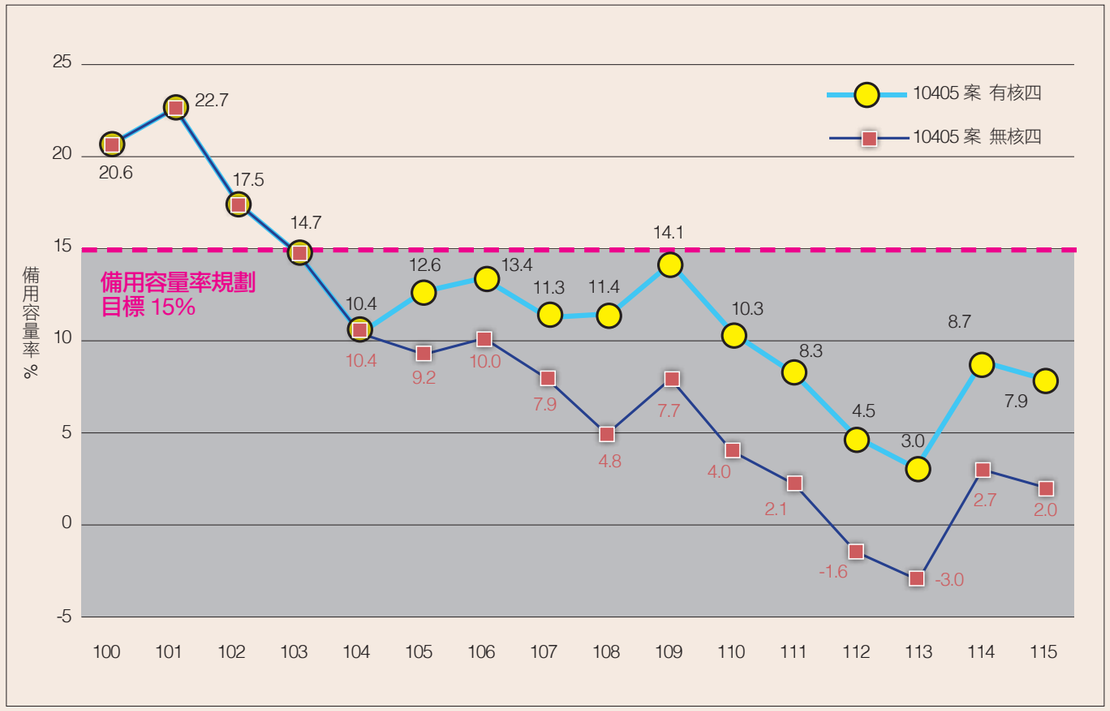
■ 近年我國電力系統實際備用容量率快速下降，至 103 年已降至 14.7%，已經低於 15% 的規劃目標。103 年夏天南部火力電廠因高雄氣爆事件影響無法運轉，且部分民營電廠機組故障，致使實際電力的餘裕（備轉容量率）低至 3.44%(約等於 100 萬瓩)，當時若再有機組故障則立刻缺電，就會陷入停電的困境。

■ 因全臺持續高溫，加上民營麥寮與和平電廠及台電協和電廠破管停機，致 104 年 7 月 2 日瞬間尖峰用電量創新高，備轉容量率低至 1.9%，亮出紅燈的限電警戒，已瀕工業限電邊緣。

■ 依照台電的電力負載需求預測（104 年 ~115 年 10405 案），若核四未能商轉，則 105 年與 107 年備用容量率為 9.2% 與 7.9%，都低於 10%，根據過去經驗統計，缺電風險大增；而 108 年僅 4.8%，就過去經驗，只要低於 7.4% 時，限電幾乎無可避免。

■ 即使核四如期商轉（原規劃核四機組於 104 年 12 月及 107 年 12 月商轉），105 年與 108 年的備用容量率也只有 12.6% 與 11.4%，皆未能達到目標值 15%。

備用容量率曲線圖



註：台電公司長期電源開發方案 (10405 案)

阿光告訴你

依我國過去 79~85 年限電高達 43 次經驗分析， 備用容量率低於 10% 就可能有缺電風險；低於 7.4% 則限電幾乎無法避免。若核四不商轉，最快 105 年起會面臨缺限電風險。

Q 什麼是備用容量率？什麼是備轉容量率？

A 備用容量率與備轉容量率均為評估供電餘裕的參考指標，說明如下：

■ 備用容量率：為了滿足夏季尖峰的用電需求，必須有足夠的供電餘裕，以因應機組故障、檢修或其他天候及環保限制時無法運轉的情形。因此，台電公司訂有備用容量作為長期電源開發規劃的依據，1 年只有 1 個數值，並以 15% 作為合理規劃值 (即供給比需求應多出 15%)。如要瞭解未來幾年 (中長期) 電夠不夠用，需參考每年備用容量率變化的情形 (低於 15% 有缺電風險、低於 10% 缺電風險大增、低於 7.4% 必然發生限停電)。

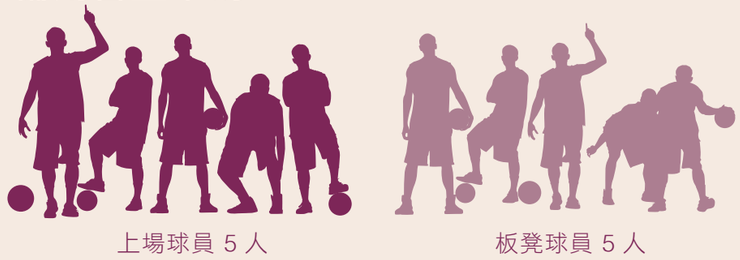
■ 備轉容量率：為了掌握每天供電情形，會依照每日實際可調度之發電容量，計算出當日最吃緊的供電餘裕，並訂定 6% 為警戒值。如果要瞭解今年、下個月、下周或明後天 (短期) 電夠不夠用，則要參考每日備轉容量率的變化 (高於 10% 供電安全、6%~10% 供電吃緊、低於 6% 供電警戒)。

以籃球隊來作比喻，A 球隊當年度共有簽約球員 10 人，實際上場比賽的球員有 5 人，其他未上場的 5 位板凳球員，即為備用容量，而未上場的 5 人與實際上場的 5 人相當，所以備用容量率為 100%(5÷5=100%)；但是某日比賽時，2 人受傷，A 球隊能上場比賽的球員只有 8 人，扣除實際在場上比賽的 5 人，剩下的 3 人即為當天的備轉容量，備轉容量率為 60%(3÷5=60%)。

簽約球員 10 人

未上場人數 (5 人) 和上場人數 (5 人) 相當時，

備用容量率為 5÷5=100%

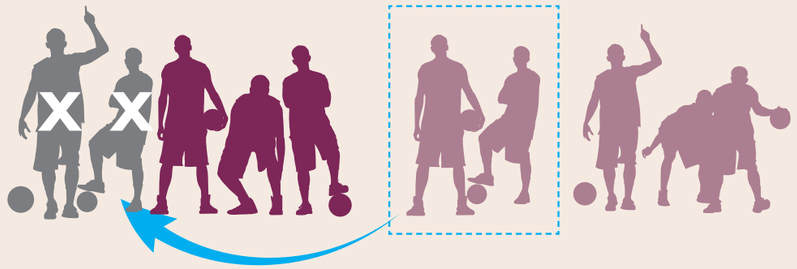


上場球員 5 人　　板凳球員 5 人

有球員受傷時

未上場人數在遞補上場後，只剩 3 人時，

備轉容量率為 3÷5=60%



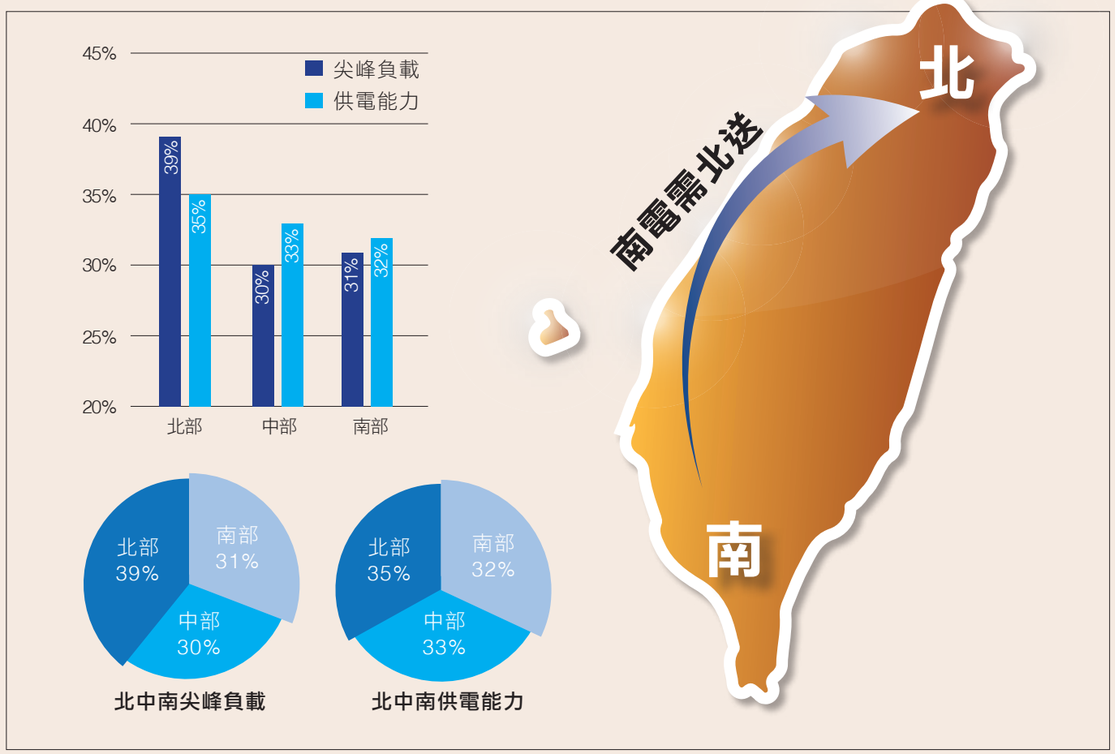
上場球員 5 人　　板凳球員 5 人

以上面的例子來說，雖然 A 球隊整體有 100% 的備用容量率，但因球員受傷的突發狀況，當日備轉容量率已下降至 60%，如再有球員受傷或因屢次犯規被判出場，導致最後能上場的球員低於 5 人 (即備轉容量率小於 0%)，A 球隊則在比賽中完全無法調度。

5、北部地區缺電風險最大

- 臺灣電力系統劃分為北、中、南三個區域，北部用電需求最高約占全國 40% 以上。
- 如果核四廠未能如期商轉，再加上 103 年起位在北部的林口電廠、協和電廠、核一廠及核二廠陸續除役，雖有新增發電機組，惟仍無法補足電力缺口，預估北部電源供電不足之情況將持續惡化。
- 未來因為整體電源也不足，即使透過輸電線將中南部電力北送支援，依然無法補足北部的電力缺口，使北部區域的停限電機率大增。

103 年尖峰日台電各區供電能力及負載占比



資料來源：台電公司

Q 政府的核能政策和立場是什麼？

A 政府於 100 年宣布「穩健減核」政策，就是「確保核安，穩健減核，打造綠能低碳環境，逐步邁向非核家園」。有步驟、有配套地穩健減核，讓既有核電廠逐步除役，確保在邁向非核家園的過程中，能源穩定供應，以避免缺電或限電，穩健地邁向非核家園。

阿光告訴你

核四封存並非停建，是為下一代保留一個選擇權。臺灣經濟仍靠出口微利，現階段承受不了任何一項競爭力的損失，穩定而低價的電力仍是臺灣經濟主要支柱！

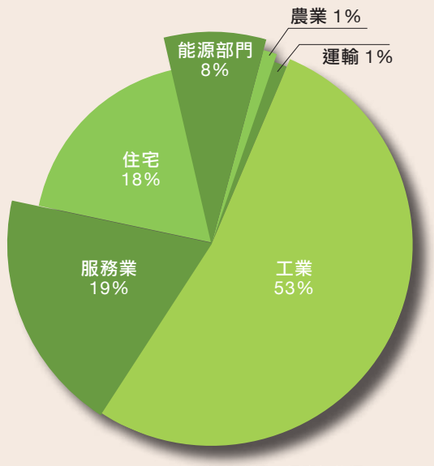
1-2 用電需求應不應減？能不能減？

既然電力背後的真相 如五把利劍芒刺在背
那我們大家都來省電 省著點用總可以了吧
但其實電力供需問題的省思
除了節能省電 ，還包括需求面的考量
需求能不能減？應不應減？
拼命省電 又能省下多少電？
事實跟你我想像的 可能不太一樣
讓我們繼續看下去…

1、住宅用電減少 6%，僅能節省全國總用電 1%

- 民間團體倡導節電運動，鼓勵民眾調整冷氣與螢幕使用習慣，立意良善，但根據統計，節電效果很難超過 6%。
- 近年我國住宅用電占全國用電比例的 18%，即使以民生用電減少 6% 的成效計算，也只能省下全國總用電的 1%(約 26 億度電)。
- 核四若能穩定商轉，每年可提供 193 億度電，約占未來 5 年間總用電的 7% 至 8%，對於電力貢獻很大，輕言廢除，影響甚鉅。
- 大家別忘記，若核一、核二及核三與部分老舊電廠機組將陸續除役，我國可以 24 小時穩定供電、低成本、少空污的基載電力將更為短缺，即使核四商轉，都可能產生電力缺口，更何況沒有核四。

103 年電力消費占比



資料來源：經濟部能源局

阿光告訴你

省電是好事，但不代表就可以省下一座核電廠的發電量，兩者之間相差很大！

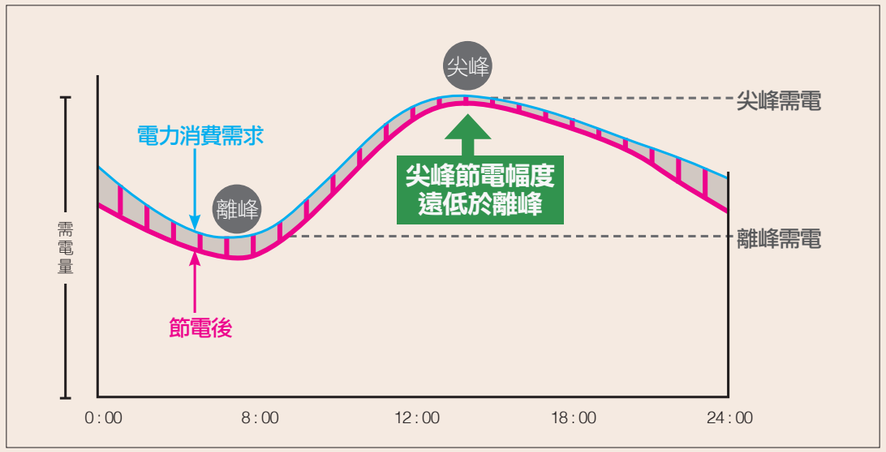
2、離峰就算省很大，也無助於降低尖峰用電

■ 電力配置必須考量年度最高用電的尖峰需求，我國最高尖峰用電通常發生在夏季中午時段，住宅用電的節電主要是在假日或晚上的離峰時段，並無助於降低尖峰時段的用電。

■ 電力無法儲存，平日隨手關燈、調整螢幕亮度雖然值得鼓勵，但還是不足以大幅抑低尖峰用電。

■ 核能為可提供 24 小時穩定電力的基載電源，對於尖峰用電有實質貢獻，當充足供電並滿足尖峰用電，才沒有缺電風險。

電費消費需求曲線表



Q 政府積極推動節約用電，「電力零成長」的目標何時達成？

A 政府正積極推動節約用電，但短期內不可能做到「電力零成長」。我國近十年能源效率每年提高 2.4%，但用電還是持續成長，在可預見的未來，我國用電量仍將跟經濟發展趨勢一致，如果限制電力零成長，將意味著經濟衰退。

3、總用電量不成長，經濟怎麼發展

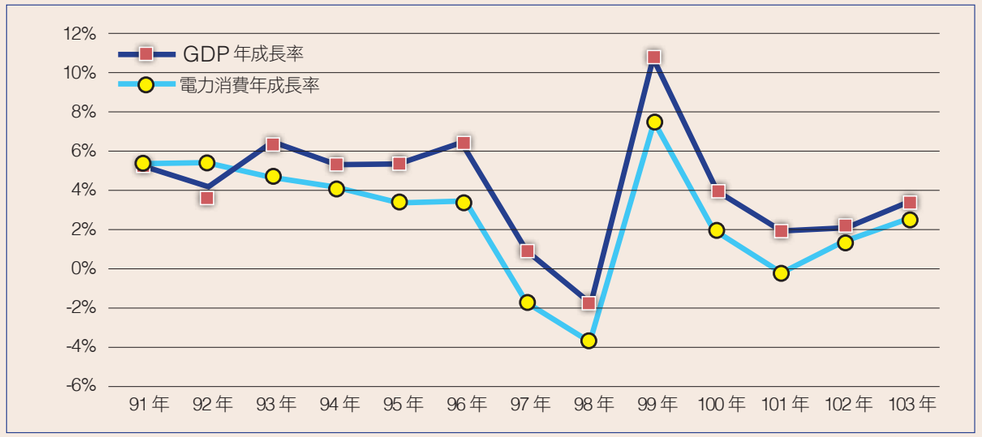
■ 電力為衍生性需求，與經濟發展、民生需求，以及生活品質息息相關。

■ 80 年代經濟大好，總用電量呈現快速成長；90 年代經濟趨緩，總用電量即緩步成長。

■ 近年我國總用電量呈現負成長的 3 年 (97、98 及 101 年) 都是全球經濟不景氣、國內工廠無薪假、失業率攀高、民生消費萎縮的期間。

■ 用電量負成長常代表國家整體經濟萎縮、就業市場低落，以及生活消費減少。

GDP、電力消費成長率比較表



資料來源：經濟部能源局

Q 歐美國家已達到用電零成長目標？

A 事實上歐美等經濟發展成熟國家經濟成長率原本較低，所以在過去經濟成長趨緩時有少數國家，如英國製造業外移，產品輸入，出現用電零成長現象，此現象雖使碳排放負成長，但造成全球碳洩漏，無法降低溫室氣體排放，這絕對不是英國經濟發展目標，英國政府推估未來電力需求仍將持續成長。

阿光告訴你

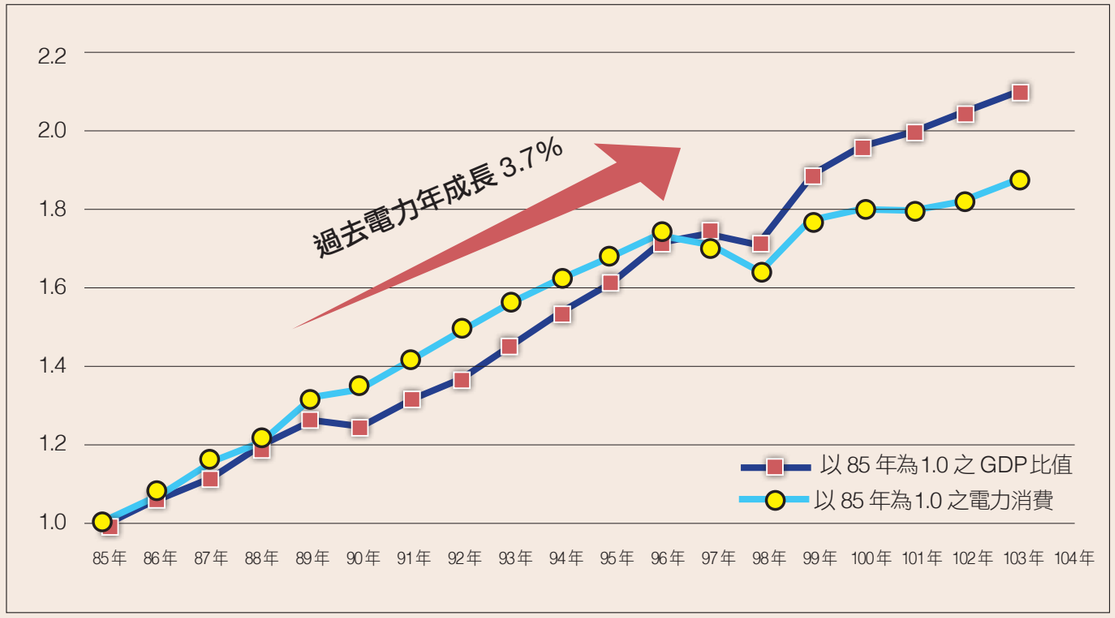
我國工業用電很難減少，畢竟外銷占臺灣 GDP 的 7 成。至於再生能源方面，103 年太陽光電及風力發電合計之裝置容量已為 97 年的 4.9 倍，未來還會繼續努力。

4、節約用電持續推行，未來仍需全民共同努力

■ 節約用電與能源效率提升持續積極推行多年，並已納入未來電力供需規劃中，政府針對工業、服務業、住宅部門皆擬定具體的節能措施規劃，而不是只從住宅部門著手。

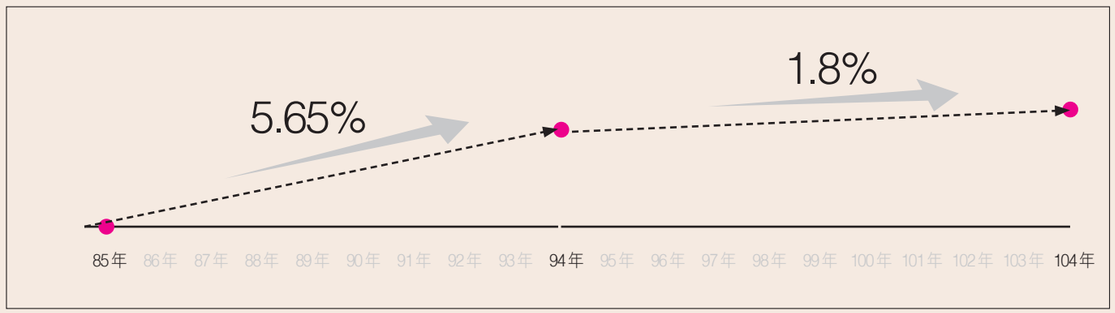
■ 我國過去用電量成長率為 3.7%，在導入各項節能措施，預估未來用電量成長率將減緩，進一步節約用電是有其投資成本、技術進展之考量與瓶頸，且產業結構轉型及生活習慣改變調整，需要時間。

電力年成長率統計表



資料來源：經濟部能源局

電力年成長



資料來源：經濟部能源局

阿光告訴你

97~98 年間受到全球金融海嘯影響，當時電力消費出現罕見的負成長，工廠放無薪假及失業率攀高，民生消費也大幅萎縮，大家應該記憶猶新。

5、四大部門用電量仍將緩步成長，穩健減核需要步驟

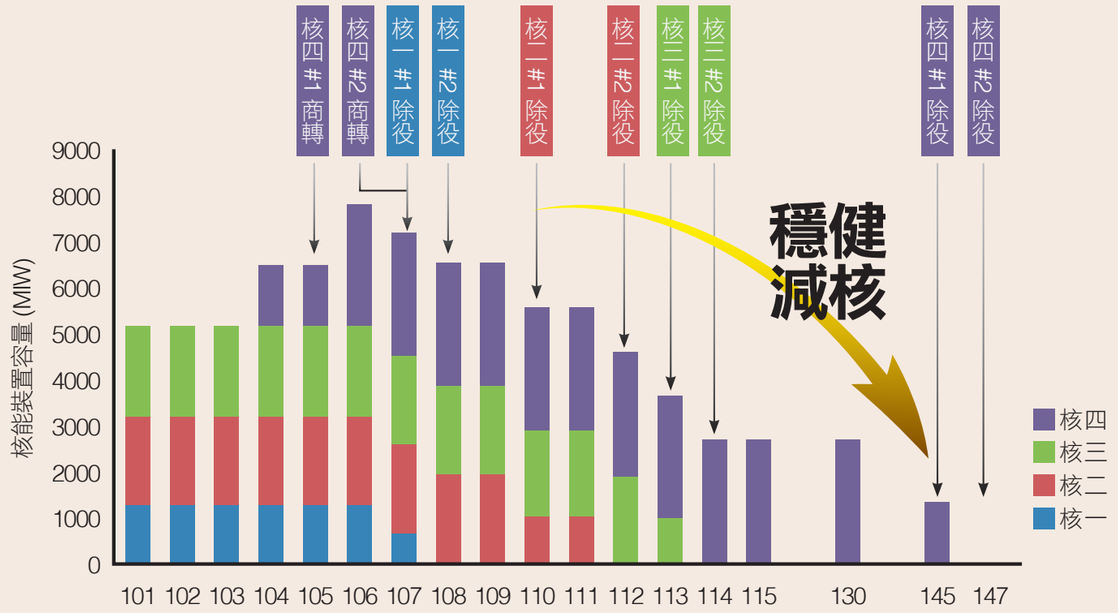
■ 工業部門：因應未來經濟持續成長，雖已導入節能作為，用電量成長仍無可避免。

■ 運輸部門：未來運輸策略因逐漸擺脫石油依賴，透過推廣軌道式運輸 (捷運、臺鐵、高鐵) 與電動車輛等 (朝向電力系統)，預期用電量將持續大幅成長。

■ 服務部門：產業結構服務化，是未來的趨勢，且為求便利，服務業營業據點將持續增加並延長服務時間，預期用電量仍成長。

■ 住宅部門：未來人口成長雖趨緩，但多呈現小家庭結構，因家戶數增加，其用電量不易降低。

Q 核四有沒有增加總供電量？ **A** 讓我們用圖解告訴你，核四有沒有增加總供電量。



資料來源：台電公司長期電源開發方案 (10302 案)

阿光告訴你

趨勢顯示四大部門的預期用電仍將繼續成長，而核四並非新增總供電量，只是在老舊機組逐漸退役後，作為確保不限電、維持合理電價及考量減碳原則下，補足維持經濟運作、滿足民生需求的基載電源而已。

1-3 替代方案為何無共識

經濟不斷成長，用電率隨之持續增加
如果核四封存不商轉，總得找出替代的發電方案吧
有人建議，將核四廠改建為天然氣電廠
也有人建議， 以再生能源取代核四的發電量
這些方案， 在還沒達成共識之前
讓我們先來看看實際層面是否可行…

核四廠改建為天然氣電廠可不可行？

1、已蓋好的核電廠，若改為天然氣電廠，設備僅可留用 3%

■ 燃氣與核能機組在設計上完全不同，燃氣複循環先混合空氣燃燒 (1,300℃)，回收廢熱氣再產生蒸汽發電，因此燃氣機組蒸汽量小、壓力高且溫度高 (550℃)；而核能機組產生的蒸汽量大 (比燃氣機組多 6 倍)，且壓力與溫度較低 (280℃)，因此兩者設備無法互用。

	燒天然氣	蒸汽條件		
		溫度	壓力	量
燃氣複循環	溫度 1,300℃	高 550℃	高	小
核電機組	無	低 280℃	低	大

阿光告訴你

核四廠 1 號機已實質完工且完成安檢，若改建燃氣機組，僅電廠附屬設備可留用如循環水泵、緊急柴油發電機及輸電設備等設備，約僅占核四建設的 3%，其餘蒸汽渦輪機、發電機等均不適用，當初投入的成本等同付諸流水。

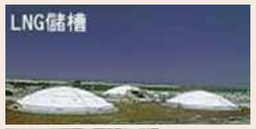
2、核四改為天然氣電廠，恐無氣可供發電

■ 我國天然氣 98% 依賴進口，需經液化後船運來臺，現有 2 座液化天然氣 (LNG) 接收站於南部高雄永安與中部臺中港，年最大供氣能力為 1,400 萬噸。

■ 我國 103 年天然氣總用量為 1,356 萬噸，已接近現有接收站供氣上限。

■ 目前我國 80% 的天然氣用於發電，以供現有 12 座天然氣電廠使用，其餘為民生、工業用。

■ 如核四改為天然氣電廠，以核四年發電 193 億度計算，約需 300 萬噸天然氣，短時間無氣可燒，需再增建第 3 座接收站才能供氣。



■ 長期若未增建天然氣接收站與輸儲設備，即使核四改建為燃氣電廠也無法運作。

阿光告訴你

核四改為天然氣電廠，除了要新建液化天然氣卸收設備及輸送管線，還要增加購買液化天然氣，而且過去 10 年燃氣原料成本漲到 2.4 倍，推動困難，相對之下核燃料價格穩定，不會受到國際價格波動衝擊！

3、北部興建天然氣接收站 緩不濟急且諸多限制

■ 因天然氣接收站須興建於海邊，依政府永續海岸政策，海岸重大計畫將嚴格審議，可預見新建接收站計畫通過不易。

■ 臺灣海岸地形缺少自然屏障，興建天然氣接收站，必須投入很大金額興建防波堤。

■ 臺灣北部因土地資源缺乏，以及民情對既有土地上興建天然氣儲槽有疑慮，因此土地須靠填海造地取得，土地取得成本高。

■ 臺灣海峽氣象條件不佳，夏天有颱風侵襲，冬天北部則有東北季風影響，不利天然氣船進港卸載。

■ 天然氣船卸載受海象限制，需考量風速、波高、能見度、海流、雷雨及颱風等，導致每年無法靠泊卸載天數永安廠 35 天、臺中廠 77 天。

■ 估計在北部新建第三座天然氣接收站，約需新臺幣 600 億元，其興建期程（含前置作業）約 8~10 年，時間上無法填補核四停建之電力缺口。

4、北部天然氣管線鋪設不易

■ 現有輸送天然氣管路包括海管與陸管，永安廠及臺中廠卸收天然氣先分別以永安至通霄及臺中經通霄至大潭海管，送到通霄及大潭，再以陸管送至各燃氣廠。

■ 如核四改為天然氣電廠，因核四位於北部貢寮，如採海管必需繞過整個臺灣北部，沿途礁岩遍佈，加上冬季海象惡劣，施工不容易。如採陸管，需經過人口稠密的北部地區，且途經環境生態敏感地區，恐面臨民眾抗爭，施工困難度很高。

阿光告訴你

能源安全等同國家安全，近年來國際間之諸多政經情勢變化，導致能源價格大幅波動與影響運輸安全，此更突顯我國能源結構安全、穩定佈局之重要性。重新蓋一座天然氣接收站要 8~10 年，估計經費約需 600 億，緩不濟急！ 進口液化天然氣成本也高，發電成本約是核四的 2 倍！

5、核四改為天然氣電廠 衝擊能源安全

■ 我國天然氣 98% 由國外進口，前 3 大進口國 (卡達、馬來西亞及印尼) 即占約 8 成。

■ 採購以長約為主，現貨為輔。

■ 運輸時間約 4~12 天不等，海運風險較高。

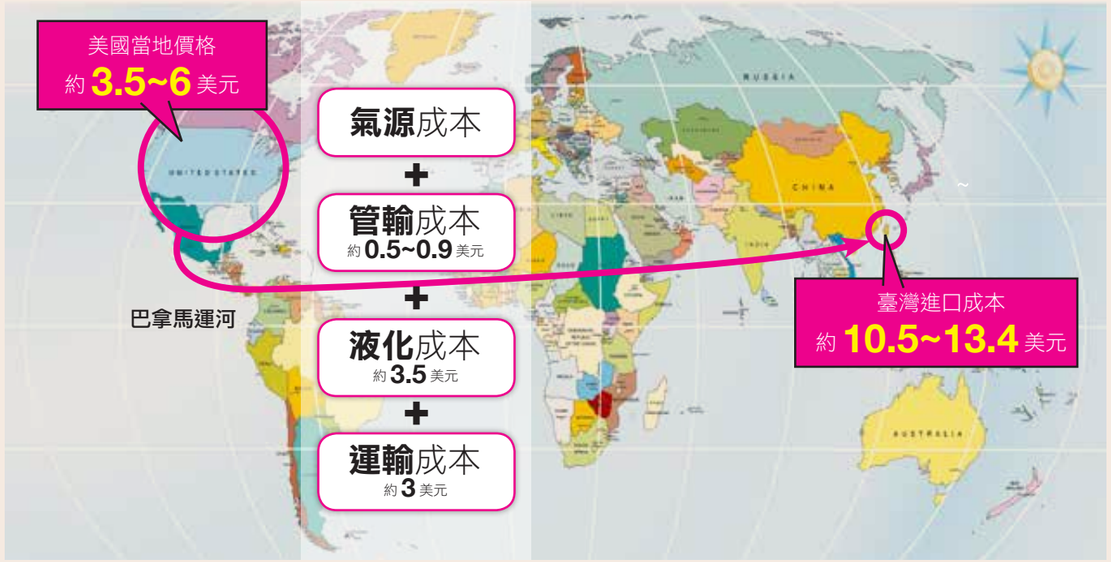
■ 液化天然氣依賴船運進口，易受外在因素 (如颱風、地緣政治等) 影響，現有天然氣安全存量為 7~14 天，若要取代核電進行全天發電，所需天然氣要更多，若船運受颱風影響導致天然氣供應短缺，馬上對國家能源安全構成威脅。

6、核四改為天然氣電廠 發電成本高

■ 美國、歐洲等地之天然氣主要是以管線輸送，以美國為例，103 年當地價格約為 3.5~6 美元 / 百萬英熱單位，而經由液化、儲存、船運至臺灣再氣化使用，將使其成本升高至 10.5~13.4 美元 / 百萬英熱單位，為管線天然氣輸送之 3~5 倍。

■ 天然氣價格占燃氣發電成本 80% 以上，表示若我國天然氣發電占比高，則天然氣價格波動將直接影響電價。

■ 103 年我國天然氣發電成本為 3.92 元 / 度，核能發電成本為 0.96 元 / 度 (核一 ~ 核三設備已折舊完畢)，預估核四商轉後之發電成本約為 2 元 / 度。可見天然氣做為燃料之發電成本遠高於核能。



單位：美元 / 每百萬英熱單位
資料來源：經濟部能源局

阿光告訴你

跟日本、韓國一樣，臺灣需進口 -162℃ 之冷凍液化的天然氣 (LNG)，加上液化及運輸成本，相較歐美管道天然氣成本高達 3~5 倍，即使進口頁岩氣，價格仍高。

再生能源能取代核四發電？

取代核四？

太陽能？
有日照時才有電，平均每天滿載發電只有 3-4 小時，利用率偏低，無法替代 24 小時穩定供電之核四廠。
不考慮能源特性，若要以太陽能板發出核四每年 193 億度的電，就要鋪滿約 160 平方公里。

風力？
風力發電須有夠強的風才能發電，無法持續穩定發電，無法替代 24 小時穩定供電之核四廠。
即使想要發出一座核四廠每年 193 億度發電量，需要臺灣環島一圈都插滿了風機才夠。

地熱？
我國淺層地熱發電推估可開發量僅約 15 萬瓩，只有核四廠總容量 5.6%。
深層地熱發電目前在國際間也沒有商轉電廠，技術還有待開發。

天然氣？
天然氣安全存量有限（夏天的安全存量只有 7 天），且天然氣成本較高、碳排放也會增加。
北部新建天然氣接收站緩不濟急，估計約需 8-10 年，無法填補核四封存之電力缺口。

PART 2

節流面：臺灣還能省多少電？

自《京都議定書》生效以來
致力推動節約能源成為全球趨勢
我國政府也積極推動節能減碳政策
97 年通過「永續能源政策綱領」
101 年行政院核定「能源發展綱領」
建置全方位節約能源服務系統
執行全面能源效率管理
提供節能輔導、技術諮詢與獎勵優惠等措施
目標訂定每年提高能源效率 2% 以上
能源密集度於 2015 年較 2005 年下降 20% 以上
政府有系統地引導全民邁向低碳社會
在各種層面的節能上做了非常多的努力
期待有效降低能源耗用與溫室氣體排放量
現在還需要大家共同努力的
就屬民生用電的節約
臺灣民生用電還能省下多少電
成為型塑低碳生活環境的關鍵

阿光告訴你

能源處處求，節約點點留

節能是全球趨勢，能源使用所排放之二氧化碳，導致溫室效應增加，以及越來越頻繁的氣候變遷及異常，再再都為地球敲響警鐘，雖說節能雖不是萬能、但是不節能…可就萬萬不能呀！

2-1 全面推動節能

有鑑於全球暖化及氣候異常問題日趨嚴重，節能減碳已成為全國從中央到地方皆重視的課題。在全面推動節能方面，我國從法規、管理辦法、工作方向、目標設定，均有相當完備的配套措施，隨著環保意識高漲，政府也扮演全方位推手，訂定短中長期的目標，期待創造能源、環保與經濟三贏的節能願景。

1、節能目標每年能源效率提高 2%

■ 考量我國因為四面環海，能源系統為獨立型態，無法向國外購電，能源供給 98% 以上都依賴進口，化石能源的依存度相當高，面對國內外各種能源議題挑戰，我國節能措施的推動，不僅可以減少對於進口煤、天然氣等能源的數量，還能減少火力發電所排放的二氧化碳碳排放量，為地球環保盡一份心力。

■ 2008 年行政院通過「永續能源政策綱領」，為我國節能工作訂定短中長期的目標：

◎ 自 2008 年後之 8 年 ，每年提高能源效率 2%以上。。
◎ 能源密集度於 2015 年較 2005 年下降 20% 以上。
◎ 藉由技術突破及配套措施，2025 年能源密集度較 2005 年下降 50% 以上。

能源小常識

Q 什麼是能源密集度 (Energy Intensity) ？

A 是國際間用來衡量國家能源使用效率的指標。代表生產一個單位的產品或是產生一個單位附加價值時所耗用的能源量。而針對國家層級，能源密集度代表的是生產過程中，產出每一單位國內生產毛額 (GDP) 所需要消耗的能源。國家的能源密集度下降，就表示創造一單位 GDP 時，所需之能源量下降，也就表示能源使用效率提升。

阿光告訴你

永續能源的發展應該兼顧「能源安全」、「經濟發展」與「環境保護」，以滿足未來 世代發展的需要。臺灣自然資源不足，環境承載有限，永續能源政策就是希望將有限資源作有「效 」的使用，開發對環境友善的「潔淨」能源，與確保持續「穩定」的能源供應，以創造跨世代能源、環保與經濟三贏的願景。

2、「能源管理法」建立查核制度 為推動節能重要依據

■ 為了加強管理能源，促進能源合理及有效使用，於 98 年修訂「能源管理法」。

■ 能源用戶使用能源達中央主管機關規定數量者，應建立能源查核制度，訂定節能目標及執行計畫，並向中央主管機關申報使用能源資料。

■ 廠商製造或進口中央主管機關所指定之使用能源設備或器具供國內使用者，其能源設備或器具的能源效率，應符合中央主管機關容許耗用能源 (MEPS) 之規定，並應標示能

源耗用量及其效率。

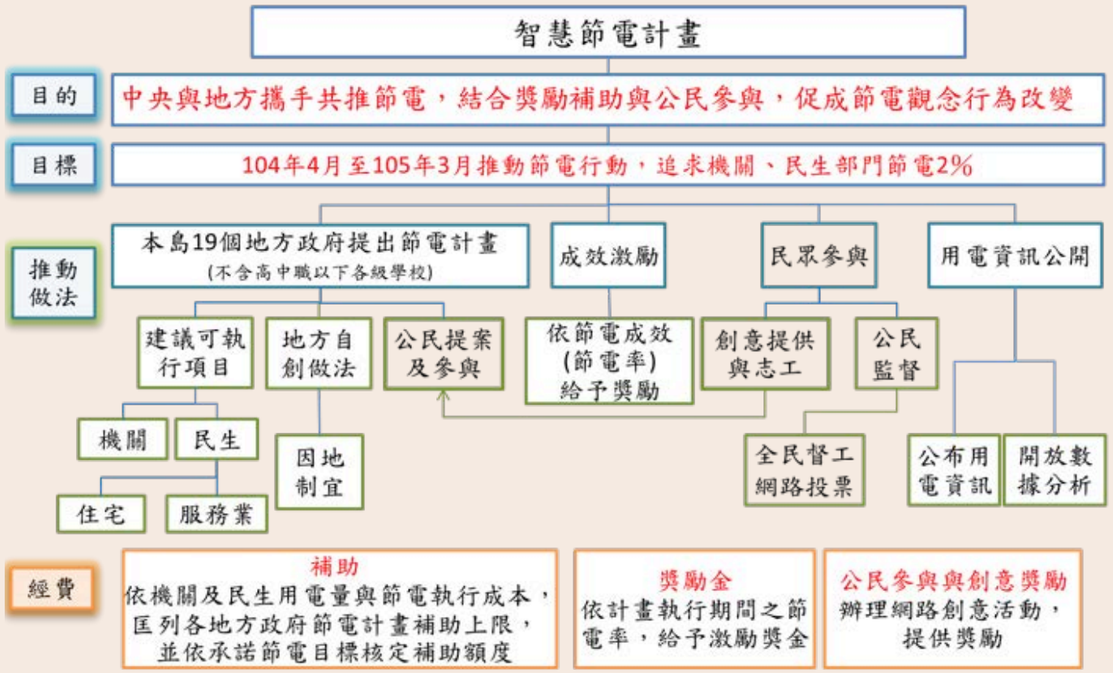
- 廠商製造或進口中央主管機關指定之車輛供國內使用者，其車輛之能源效率，應符合中央主管機關容許耗用能源之規定，並應標示能源耗用量及其效率。
- 新建建築物之設計與建造之有關節約能源標準，由建築主管機關會同中央主管機關定之。

阿光告訴你

智慧節電計畫

推動緣起：我國 98% 之能源依賴進口，電力系統又屬獨立電網，無法從他國輸入電力，能源安全 (如缺電風險) 面臨的挑戰相對較其他國家嚴峻。同時，電力需求係與經濟發展、民生需求以及生活品質息息相關，在能源選擇於短期內不易形成共識，以及全球氣候變遷影響下，未來臺灣可能有缺電風險問題。為延緩可能的缺電風險發生，爰從全國能源會議共識之需求節流出發，行政院推出　智慧節電計畫　，希望由中央與地方共推節電，促成國人觀念及行為的改變，喚起民眾公民意識與熱情，身體力行實踐節電，做到「自己的電 自己省」，追求機關、民生部門節電 2%。

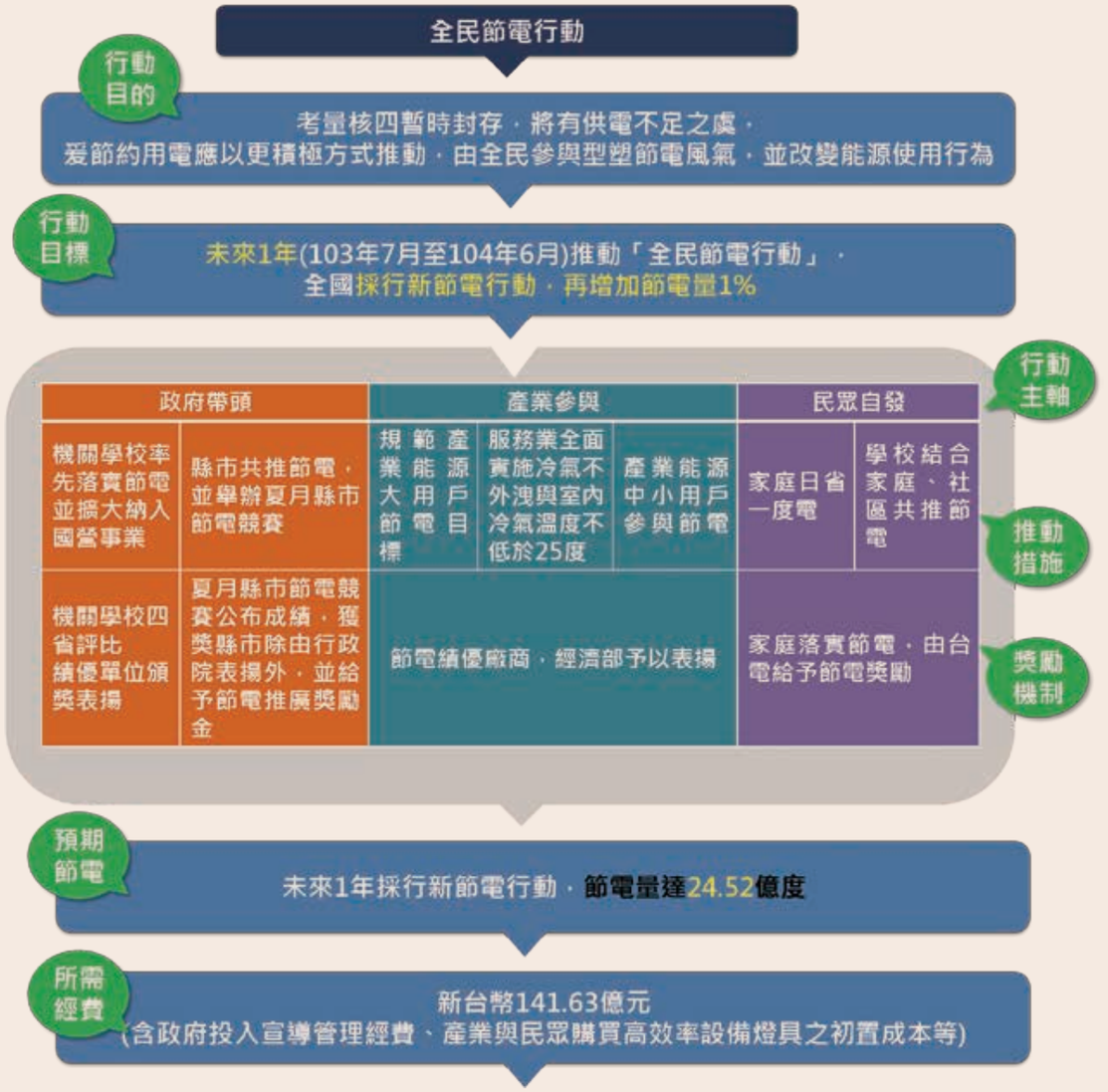
推動做法：「智慧節電計畫」納入了「公民參與」、「資訊公開」、「創意募集」等元素，將由縣市根據在地特性提出因地制宜之節電計畫，希望藉由政府部門帶頭落實節電，推動轄下機關與民生部門觀念與行為改變，建立民眾對自己居住城市的責任感與光榮感，並希望縣市政府能打造自己的節電政策與創意做法，翻轉民眾用電習慣。



阿光告訴你

最新！「全民節電行動」！！

為鼓勵節能的創新作法，以及未來電力可能會受到一些限制預作準備，從需求面抑減用電需求，同時讓國人能養成節電的習慣，行政院 103 年 6 月 19 日推動「全民節電行動」，全國未來 1 年以再節電 1% 為目標，並從「政府帶動」、「產業參與」及「民眾自發」三方向推動，以型塑節電風氣。推動措施與實施方式如下頁：



3、五大工作方向 積極推動節能措施

■ 依據「能源管理法」，節約能源工作分為五大方向積極推動。

■ 五大方向為「效率管理」、「查核輔導」、「示範補助」、「技術研發與產業輔導」以及「教育宣導」。

業務領域	核心業務
能源使用設備效率提升及管理	(一) 用電器具能源效率管理
	(二) 車輛能源效率管理
能源用戶查核輔導及節能技術服務	(三) 能源查核輔導
	(四) 特定能源用戶節約能源規定
	(五) 推動政府機關及學校節約能源
示範補助	(六) 示範應用（LED 路燈、廢熱、ECSO 產業）
技術研發與產業輔導	(七) 節能技術研發
	(八) LED 照明光電產業
	(九) 能源資通訊（EICT）產業
	(十) ESCO 產業
節能教育宣導與訓練	(十一) 推動節能減碳新生活（社會教育）
	(十二) 推動能源教育（產業、學校）

4、分部門規劃全面推動節能措施

產業：
- ■ 能源查核與節能技術服務
- ■ 推動集團企業自願性節能
- ■ 特定能源用戶節約能源規定
  - ◎ 服務業：20 類指定能源用戶規範冷氣不外洩、禁用白熾燈及室內冷氣溫度限值
  - ◎ 耗能產業：針對水泥、鋼鐵、造紙、石化業、紡織業及電子業等規範能源使用效率
- ■ 推動節能績優表揚

住商：
- ■ 規範使用能源設備最低容許耗用能源基準
- ■ 自願性節能標章產品推廣
- ■ 能源效率分級標示制度推動
- ■ 補助民眾購置高效率節能設備

交通：
- ■ 車輛最低容許耗用能源管理
- ■ LED 交通號誌燈全面汰換
- ■ 推動全臺設置 LED 路燈措施

政府：
- ■ 政府及學校四省計畫 (省電、水、油、紙)

阿光告訴你

擴大服務業之規範，冷氣不外洩與室內冷氣溫度 26℃，103 年新增空調使用量大、人潮多且與民眾生活相關之行業，將管理對象由 11 類擴增至 20 類用戶 (新增包括餐館、服飾品零售店、美容美髮店、書籍文具零售店、眼鏡零售店、鞋類零售店、鐘錶零售店、一般旅館及汽機車零件配備零售店等 9 類)，預計納管約 22.4 萬家，預期可節電達 6,057 萬度電，並落實全民參與響應節電行動，共創全民節電新生活。

5、過去 5 年我國能源密集度下降幅度高於目標

■ 2007 年至 2013 年能源密集度平均下降 2.44%，(以 2006 年為參考年) 達到每年 2% 以上目標；同期間工業、服務業部門之能源密集度，以及家庭每月平均用電度數也呈現下降趨勢，顯示能源效率持續改善。

	衡量指標	2007 年	2013 年	改善幅度
總體	能源密集度（公升油當量/千元）	8.65	7.46	平均每年下降 2.44%
工業部門	能源密集度（公升油當量/千元）	12.18	9.46	平均每年下降 4.13%
服務業部門	能源密集度（公升油當量/千元）	1.53	1.34	平均每年下降 2.19%
家庭	每月平均用電數 (度)	454	414	每戶每月節電 40 度

■ 公告 18 項產品之最低容許耗用能源基準 (MEPS)，103 年 4 月公告儲備型電熱水器 (104 年 10 月實施)，並於 103 年 7 月啟動 LED 燈泡能效管理，為亞洲首例。

■ 自願性節能標章制度於 98-103 年，有效認證廠商家數 343 家、產品 7,369 款 (占家庭總耗電量約 90% 之產品項目)，節能標章累計使用高達 1 億 8,742 萬枚，每年節能共計 19 萬公秉油當量。

6、我國節能措施與先進國家同步

■ 國際節能政策主要涵蓋三大方向，源頭節能降低消費、能源使用及管理效率提升與教育宣導改變行為，其中能源效率提升最具成本效益，因此為各國施政主軸。

■ 根據國際能源總署 (IEA) 能源效率資料庫，國際能源效率措施大致可分為經濟措施、推廣與訓練、政策支援、法規、研究發展、自願性方法等 6 類。

■ 我國節能作法與歐美日等先進國家同步，部分措施更領先全球，如我國電冰箱與冷氣機之設備器具，最低容許耗用能源基準領先世界；能源大用戶能源查核之年平均節能率 1.18%，高於日本訂定耗能合理化 1% 之目標值。

Q 節能標章有何意義？

A 心形及手的圖案意指用心節約、實踐省油省氣省電，紅色火苗代表可燃油氣，電源插座代表生活用電，產品貼上這個圖樣，代表能源效率比國家認證標準高 10-50%，不但品質有保障，更省能省錢。希望藉由節能標章制度的推廣，鼓勵民眾使用高能源效率產品，以減少能源消耗。

2-2 工業、商業節能成效

2013 年工業及服務業之能源大用戶佔我國總能源消費量之 41%，其為能源查核及節能輔導的重點對象。依據「能源管理法」對用電契約容量大於 800kW 以上的能源大用戶，協助廠商建立能源查核制度、提供節能減碳技術服務、訂定節約能源目標與執行計畫，並完成查核申報，以帶動企業集團自發性節約能源的推動。2014 已完成 3,324 家生產性質及 1,432 家非生產性質行業，共計 4,756 家能源大用戶，統計 2013 年節能 51.7 萬公秉油當量，節約率 1.18%。

《工業節能》

1、工業節能政策作法

■ 耗能產業能效管理 (用戶)：依「能源管理法」第 8 條規定，訂定指定能源用戶節約能源規定。目前已公告之規定包括：

(1) 為提升耗能產業之能源使用效率，自 101 年起陸續公告水泥、鋼鐵、造紙、石化、電子及紡織等業之能源效率規定。

(2)「能源用戶訂定節約能源目標及執行計畫規定」：契約用電容量超過 800 瓩之能源用戶每年「年度節電率」及 104 年至 108 年期間之「平均年節電率」皆應達 1%以上。

(3)「使用蒸汽鍋爐應遵行之節約能源規定」：自 106 年起，鍋爐使用應符合鍋爐效率標準，自 98~103 年已先行完成 1,000 座工業鍋爐節能的診斷及技術輔導。

■ 能源使用設備效率提升與管理 (製造或進口商)：依能源管理法第 14 條規定，訂定能源設備或器具容許耗用能源基準。目前已公告之規定包括：

(1) 鍋爐效率標準

(2) 空調系統冰水主機能源效率標準

(3) 低壓三相鼠籠型感應電動機

■ 能源查核、管理、節能技術輔導：依「能源管理法」第 9 條、第 10 條、第 19-1 條，實施能源大用戶強制性節能目標管理與能源申報資料查核，並提供節能診斷與技術諮詢。

■ 推動集團企業自願性節能：推動集團企業成立內部節能服務團；鼓勵民間企業推動區域能源整合；推動 ISO 50001 能源管理系統。

2、工業部門能源查核

■ 能源查核的對象為煤炭年使用量 6,000 公噸以上，或燃料油年使用量 6,000 公秉以上，或天然氣年使用量 1,000 萬立方公尺，或電能用電契約容量 800 瓩以上的能源用戶。

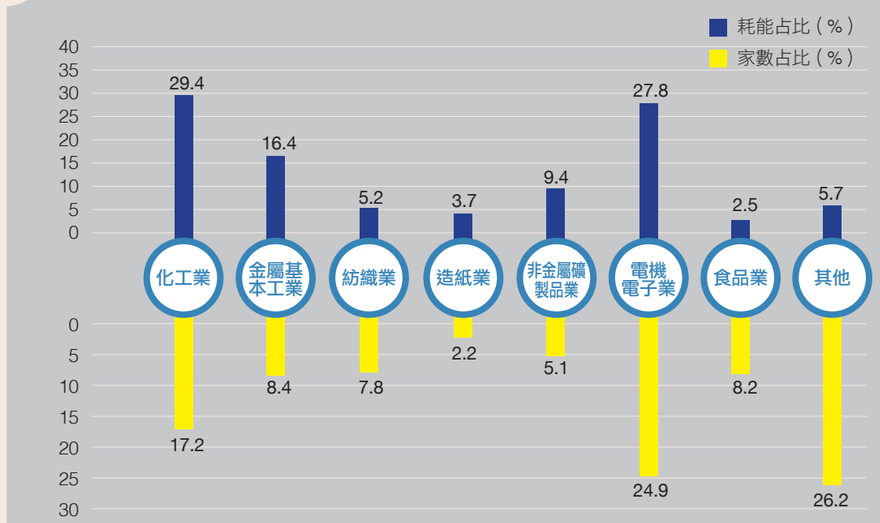
■ 能源用戶使用能源達上述規定者，應該建立能源查核制度，並訂定節約能源的目標及執行計畫，報經中央主管機關核備後執行。並於每年一月底前，應向中央主管機關申報使用的能源資料。

■ 102 年國內能源消費量 11,439 萬公秉油當量，工業部門大用戶總耗能 3,479 萬公秉油當量 (不含能源部門自用，共 3,324 家)，占國內能源消費量約 30%，占工業部門能源消費 4,349 萬公秉油當量之 80%。

■ 102 年應申報 3,224 家，能源大用戶申報之節約量計 48 萬公秉油當量，節約率 1.1%。

阿光告訴你

主要產業大用戶耗能占比、家數占比 (與製造業大用戶相較)



資料來源：工研院綠能所

3、工業部門節能輔導

■ 提供能源用戶節能技術的現場服務，發掘出能源用戶節能潛力，鼓勵業者利用節能技術診斷結果進行改善。另透過成立非集團企業的節能圈，協助能源管理人員落實推動節能工作，提升業界競爭力。

■ 推動百大能源用戶節能目標管理，導入產業最佳可行技術，輔以節能技術輔導，協助訂定合理的節能目標。

■ 98~103 年推動工業部門節能輔導，共輔導 2,775 家，節約電力 15 億度，節約熱能 23.9 萬公秉，總計節約 61.6 萬公秉油當量，降低二氧化碳排放量 167.5 萬公噸。

阿光告訴你

工業百大用戶的節能過程能夠得到政府的輔導與協助，省下成本還能夠為地球盡一份環保的心力，真的是太幸福了！

4、耗能產業管理

■ 水泥業能源效率規定：水泥製造業自 104 年 1 月起應遵行能源效率規定，預估節能量可達 2.3 萬公秉油當量，減少約 6.4 萬噸二氧化碳排放。

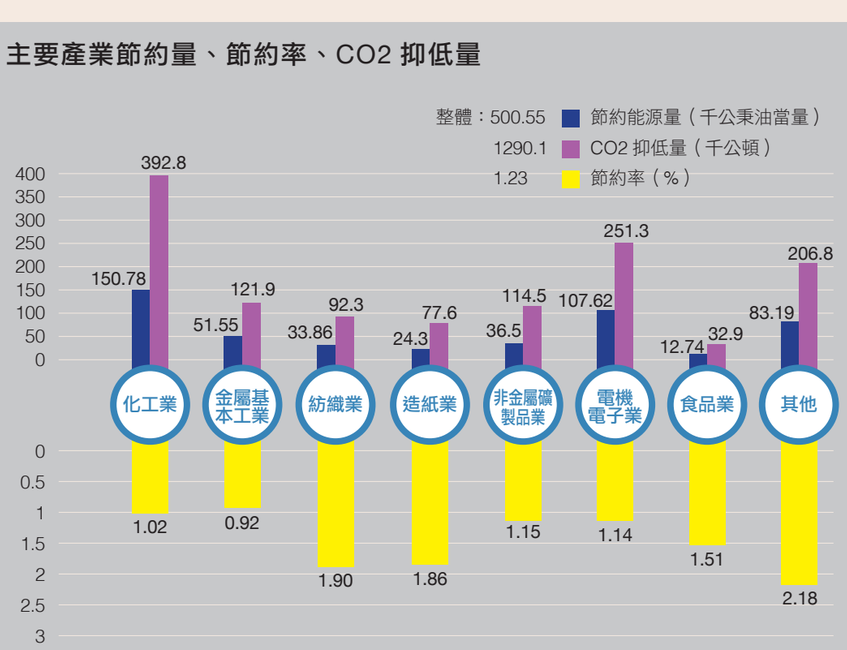
■ 造紙業能源效率規定：造紙業自 104 年 1 月起應遵行能源效率規定，預估節能量可達 2.1 萬公秉油當量，減少約 6 萬噸二氧化碳排放。

■ 鋼鐵業能源效率規定：鋼鐵業自 104 年 1 月起應遵行能源效率規定，預估節能量為 7.8 萬公秉油當量。

■ 石化業能源效率規定：石化業自 104 年 7 月起應遵行能源效率規定，預估節能量可達 8.1 萬公秉油當量，減少約 23 萬噸二氧化碳排放，產業可節約能源成本達 16 億元。

阿光告訴你

主要產業節約量、節約率、CO2 抑低量



資料來源：工研院綠能所，102 年。

5、能源使用設備效率提升

鍋爐效率標準：

■ 自 106 年起，鍋爐使用應符合鍋爐效率標準。

■ 政府已成立產業節能技術服務團隊赴廠進行節能輔導及鍋爐效率稽核。自 98-103 年已完成 1000 座工業鍋爐節能的診斷及技術輔導，節能成效達 8.1 萬公秉油當量，二氧化碳排放量降低約 22 萬公噸。

空調系統冰水主機能源效率標準：

■ 冰水主機應採用效力至少高於經濟部能源局公告之高效主機，以減少耗電。

■ 目前國內冰水主機設備大約介於 1.15~1.50 KW/RT，能改善至 0.85 KW/RT，至少可以有 25% 的改善潛力。

低壓三相馬達能源效率基準：

■ 低壓三相鼠籠型感應電動機 (簡稱三相馬達) 為目前工業使用量最多的一種馬達類型。

■ 政府積極推動將國內現行 IE1+ 等級之三相馬達能源效率標準提升，並已公告自 104 年起實施 IE2，105 年 7 月 1 日起再由 IE2 提升至 IE3。

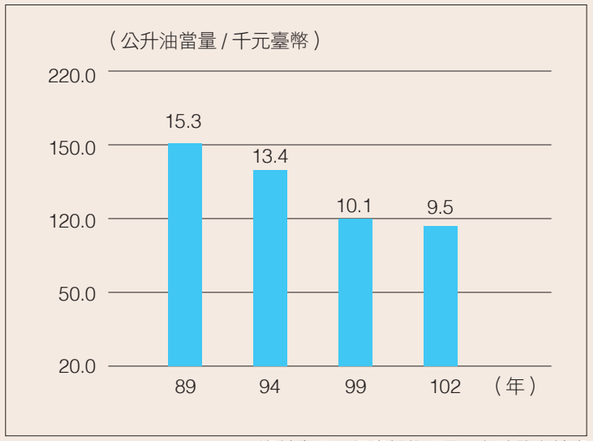
■ 103~105 年間政府也輔以「高效率的電動機示範推廣補助計畫」補助 IE2 及 IE3 的馬達。

能源小常識

我國新版高效率馬達標準 CNS14400 於 101 年公告實施，定義 3 種效率等級：IE1+(高效率)、IE2(優級效率)、IE3(超高效率)，即效率 IE3>IE2>IE1+，其定義參考國際電工委員會標準。

6、工業節能成效

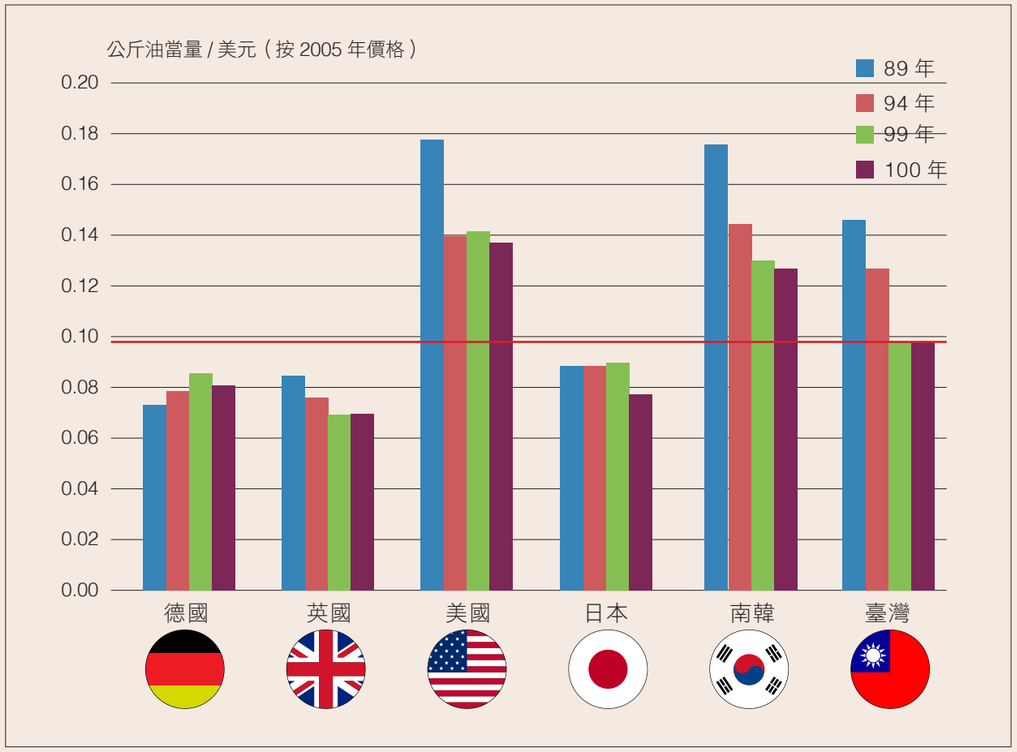
■ 89~102 年間，工業部門能源密集度大幅下降 38%，年均降幅 2.92%。



資料來源：經濟部能源局；行政院主計處

■ 我國工業能源密集度比日、英、德高，但比美、韓低。在改善情形上，自 89 年至 100 年，我國能源密集度下降 33.6%，改善幅度最大。

各國工業能源密集度比較圖



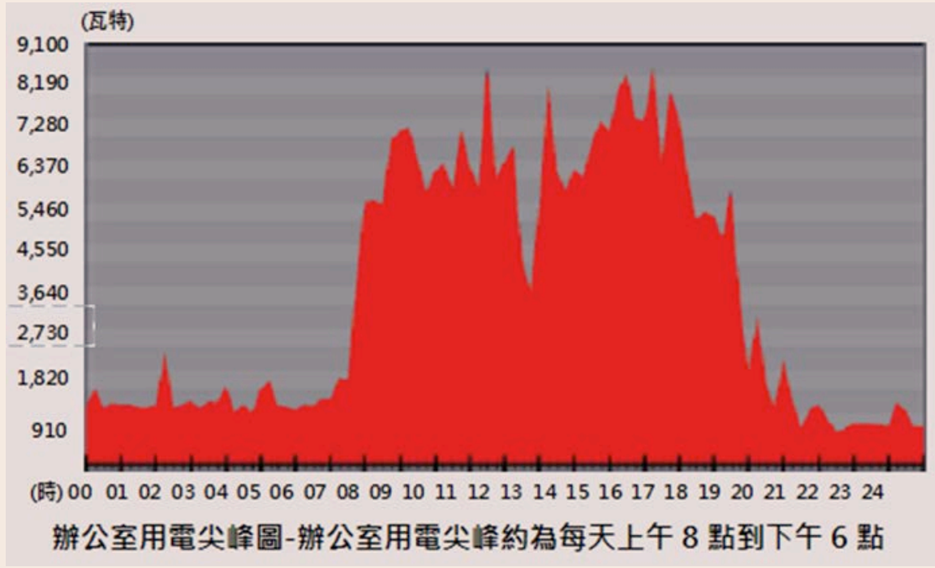
資料來源：Enerdata；經濟部能源局

《商業節能 ~ 辦公大樓》

1、辦公大樓用電情況

■ 依 102 年非生產性質行業能源查核年報分析，國內辦公大樓 (不含政府機關) 用電契約容量超過 800kW 的能源大用戶，主要耗能設備全年用電量所占比例分別為：空調設備 46.05%、照明設備 22.98%、插座設備 12.09%、電梯設備 6.39%、其它設備 12.49%。

■ 一般辦公室的用電尖峰為每天上午 8 點到下午 6 點，中午 12 點到 1 點為休息時間，若上班族落實節能，將可省下不少電費。



辦公室用電尖峰圖-辦公室用電尖峰約為每天上午 8 點到下午 6 點

阿光告訴你

空調設備占辦公大樓用電量之最大比例，尤其夏天氣溫高時，冷氣的用電量相當驚人，辦公大樓的節約用電應該從冷氣節能做起。

2、冷氣防外洩調高 1°C 可省電 6%

■ 冷氣搭配電風扇舒適又節能，將溫度設定為 26~28°C 的最適溫度，既環保又節能。

■ 空調溫度設定調高 1°C，就可節省冷氣用電 6%。

■ 夏日盡量輕衫，不穿西裝、領帶，空調舒適溫度平均可提高 1.6°C。

■ 冷氣空調運轉中關好門窗，避免冷氣外洩。

■ 會議室等不常使用空間，養成隨手關空調的好習慣。

3、簡單換燈泡燈管 隨手關燈輕鬆省

■ 一般辦公室用的螢光燈管由傳統式的 T9 換成電子式的 T5，即可省電 20~50%，節能量相當驚人。(T9 ~18W 、T5~14W)

■ 緊急逃生燈由傳統式的換成 LED，可省電約 70%。

■ 廁所、茶水間、樓梯間照明，在無安全的顧慮下，以手動或人員感應自動開關，以及靠窗場所利用光感測器自動開關，可省電 30 ~ 90%。

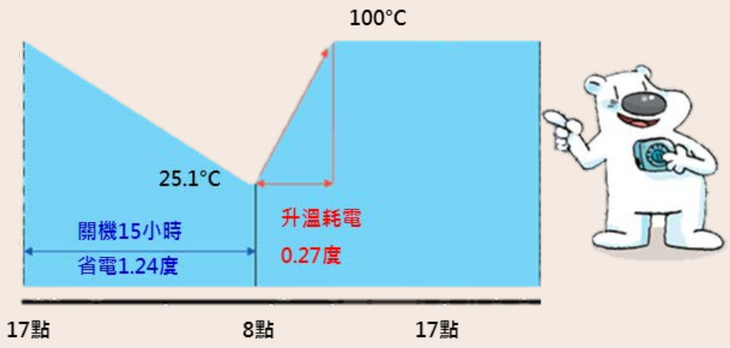
■ 辦公室午休關燈 1 小時，可省 10% 照明用電。

■ 辦公室內劃分責任區域，養成隨手關燈好習慣。

4、善用定時功能省電好犀利

■ 飲水機加裝定時器，下班關機每年可省 240 度電。

■ 溫熱型開飲機加裝定時器，下班關機每年可省電 250 度。



溫熱型開飲機加裝定時器每日下班關機可省電0.97度

■ 電腦設定省電模式，當工作暫停 5~10 分鐘後，即可自動進入低耗能的休眠狀態。

■ 中午休息時間電腦休眠 1 小時可省 0.1 度電；每日下班關機可省下 1 度電。

■ 事務機設定閒置 15 分鐘自動休眠，可省下 75% 電力。

5、電梯節能健康樂活

■ 電梯內照明及通風，於待機 3 分鐘後應自動切斷電源，可省下用電 50~70%。

■ 有二台以上電梯時，可設定隔層停靠，電梯分層停靠可省電梯用電 30%。

■ 非尖峰時間電梯減台運轉，每日關電梯 11 小時，每台可節省 18% 電梯總用電量。

■ 3 樓以下建議以步行取代搭電梯，就可為每台電梯省下 14% 電梯總用電量。

■ 爬樓梯節能又健身，以體重 50 公斤的人為例，往上爬 10 分鐘可消耗 250 卡的熱量，而下樓梯消耗的熱量為上樓梯的 1/3。

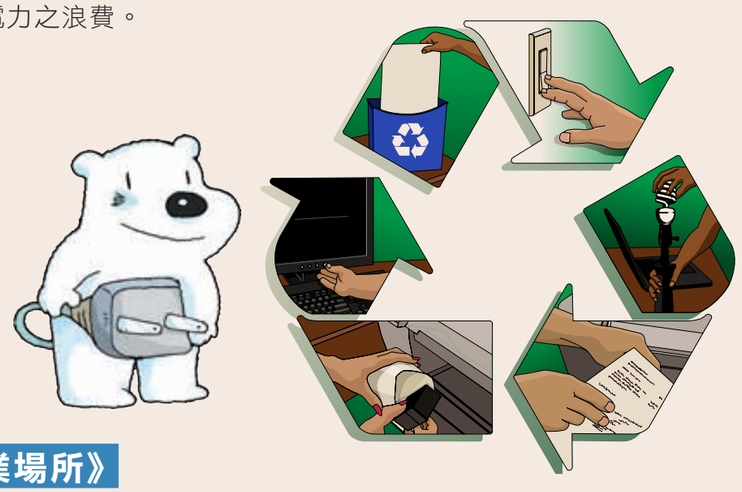
6、關機省電兼愛地球

■ 長時間不使用的用電器具 (如電腦、螢幕、喇叭、印表機、影印機等)，關閉主機及周邊設備電源，以減少待機電力之浪費。

■ 電腦下班及假日關機，1 年約省 250 度電。

■ 印表機下班及假日關機，1 年約省 202 度電。

■ 影印機下班及假日關機，1 年約省 1,476 度電。



《商業節能 ~ 大型營業場所》

1、大型營業場所用電設備

■ 大型營業場所，包括觀光旅館、醫院、購物中心、百貨公司、量販店等，其用電設備以冷氣、照明、冷凍 (藏) 櫃等三項為主要的用電設備，約分別占尖峰用電需電量的 45%、29%、17%。

◎空調設備：大致以多台螺旋式及離心式中央空調主機為主，每天運轉平均 13 小時。

◎照明設備：目前賣場及停車場各式照明，每天運轉平均 13 小時。

◎冷凍、冷藏設備：每天 24 小時運轉。

■ 政府持續針對能源大用戶進行能源查核，並納管 20 類服務業特定用戶須遵守冷氣不外洩、禁用白熾燈泡與室內冷氣溫度限值三項規定。

■ 此外，依 ISO 50001 國際標準輔導 11 類服務業，共 30 家能源大用戶及企業集團建置能源管理系統。

■ 98~102 年已推動 15 種行業 192 家集團企業參與自願節能，以 3 年節能 5% 為目標，2014 年再新增 20 家百貨零售業集團企業參與宣示，預期 3 年節電 0.7 億度。

2、空調管理好 省錢又環保

■ 能源效率比較：選購高能源效率比值 (EER) 空調設備，此值越高即越省電。EER 的定義是為單位電力消耗可產生的冷氣能力。

■ 調整室內冷氣溫度：大型營業場所室溫宜以 26、27℃ 為目標，每調高 1℃ ，可節省 6% 的空調耗電。

■ 冷氣不外洩：對於開放型的商業場所，應在大門口裝設空氣簾或自動門，避免冷氣外洩，熱空氣侵入，以節省能源及電費。

■ 遮陽防日射：多數商業場所設有大面積透明展示櫥窗，裝設遮陽設施可避免太陽光直射，維持室內溫度。

■ 保持冷氣分布均勻：注意冷氣風口設置與商品擺設位置，避免冷氣分布不均而額外調低設定溫度。

■ 關機準備：營業結束前 30 分鐘可先關掉壓縮機 (由冷氣改為送風)，以減少耗電。

■ 維護與保養：過濾網每 2 週清洗一次，並確保機組定期維護、調校與汰舊換新，使系統發揮最高效率。

阿光告訴你

以 15 坪小型營業場所為例，若無冷氣外洩情形，一般只需要 3 噸的冷氣供應就可以維持室內冷氣溫度。當冷氣外洩面積為 1.5 公尺寬、2 公尺高，就會有 2 噸冷氣外洩，店家則須設置 5 噸的冷氣才能維持冷氣溫度，於夏季就會增加 4,000 度、約 2.3 萬元的電費。當設置容量低於 5 噸時，會造成冷氣壓縮機持續運轉不休息，容易導致冷氣機損壞。

3、換裝高效率燈具省下大荷包

■ 技術使用：選用適當高效率 T5 日光燈具搭配電子式安定器，可較 T8 日光燈具搭配傳統式安定器省電 30% 以上。

■ 節能產品使用：採用高效率 LED 燈泡或省電型燈管 (泡) 可較傳統白熾燈省電至少 70% 以上。

■ 增加室內採光：天花板及牆壁應盡可能選用反射率較高之乳白色或淺色系列，以增加光線之漫射效果，進而減少所需之燈具數量。

■ 自動照明亮度調整：配合晝光感知器，當太陽光線足夠時，可自動地調降靠窗燈具的亮度或關閉燈具，達到省電效果。

■ 根據需求調整設備數量：走廊及通道等照度需求較低之場所，可設定隔盞開燈或減少燈管數；須高照度的場所，採用一般照明加重點照明方式補強照度。

■ 燈具清潔：定期擦拭燈具、燈管，避免汙染物降低燈具之照明效率。

Q 節能規定中之「禁用白熾燈泡」定義為何？

A 指不得使用額定消耗功率在二十五瓦特以上之白熾燈泡做為一般照明用途。鹵素燈及 PAR 燈非屬白熾燈泡，故不在規範範圍內。

4、冷凍、冷藏有妙方 提升效率不浪費

■ 增加除霜方法效率：除霜方法採用熱氣除霜，利用壓縮機吐出之高溫氣態冷媒將蒸發器表面的霜融化掉，節省運轉電費。除霜時間可藉由蒸發器氣流速度降低或結霜厚度偵測判斷，避免除霜過度或不足造成能源浪費。

■ 減少電熱裝置運作時間：展示櫃之防汗 (防結露) 電熱控制由周圍之露點溫度感測器控制啟動時機，減少傳統電熱裝置因長時間保持通電狀態所造成之耗能。

■ 蒸發器採用高效能馬達：蒸發器風扇採用 ECM 高效率直流無刷馬達，並搭配變頻器控制，節省馬達用電。

■ 使用保溫材料：採用高性能之保溫材料或增加保溫厚度，降低冷凍冷藏庫之熱得量，節省用電。

■ 高效能照明器具：開放式展示櫃及密閉型手取式冷藏櫃採用 LED 等高效率節能燈具，降低照明用電及對冷凍庫所產生的熱負荷。

5、改善電力系統提高節電效率

■ 維持電壓：高壓用戶應保持電源電壓的變動在正負 5% 之內。

■ 電壓器散熱：變壓器放置場所應有良好之通風，必要時加裝風扇或空調散熱。

■ 功率因數改善：改善功率因數至 95% 以上，以增加台電功因優惠及減少線路損失。

■ 適當容量之電動機：選擇適當容量之電動機，一般電動機負載率在 75~100% 之間運轉效率最高。

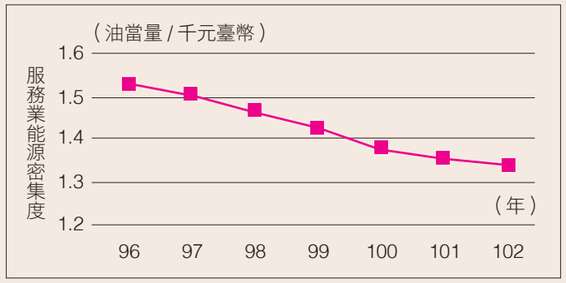
■ 設置管理與監控系統：增設電能管理系統、尖峰需量控制系統、空調監控系統及照明監控系統等，有效管理用電。

Q 何謂功率因數？現行功率因數計收規定為何？

A 指有效電流佔總電流之比例，用戶用電功率因數之高低會影響電業供電成本，當功率因數小於 1 時，將增加電業供電負擔，故如用戶能採用設置電容器等方式而提高功率因數至某一標準，電業相對可以減少供電成本。目前本公司功率因數計算方式係經由計量電表所計量之有效電度（kWh）與無效電度（kVARh）值據以計算用戶平均功率因數。其計算式如下：

$$\text{功率因數} = kWh/\sqrt{(kWh^2 + kVARh^2)}$$

6、服務業節能成果顯著



■ 服務業能源密集度持續降低：服務業能源密集度已由 96 年的 1.53 公升油當量 / 千元降至 102 年的 1.34 公升油當量 / 千元，年均降幅 2.19%。

■ 能源查核推動成效：102 年度服務業能源大用戶申報 1,432 家，申報之節約量計 3.69 萬公秉油當量，節約率 0.97%，發掘節能潛力 24.3 萬公秉油當量。100~102 年能源大用戶申報落實之節能成效為 10.6 萬公秉油當量，年平均節能率約 0.93%。

■ 11 類指定能源用戶節能成效：99 年規定 7 類指定能源用戶進行冷氣不外洩與禁用白熾燈泡規範；102 年增為 11 類特定能源用戶；103 年 8 月再擴大規範至 20 類服務業 22.4 萬家營業場所，初查 5.7 萬商家，整體節電成效 5,330 萬度，冷氣不外洩合格率由 89.4% 提升至 95.7%、室內冷氣 26℃ 合格率由 85.1% 提升至 98.9%

阿光告訴你

指定能源用戶進行冷氣不外洩與禁用白熾燈泡有哪些？（施行日期：103 年 8 月 1 日）

觀光旅館	便利商店	證券商	美容美髮店	鐘錶零售店
百貨公司	化粧品零售店	郵局	書籍文具零售店	一般旅館
零售式量販店	電器零售店	餐館	眼鏡零售店	汽、機車 件配備 售店
超級市場	銀行	服飾品零售店	鞋類零售店	大眾運輸場站及轉運站

2-3 民生省電，感性與理性

全面推動節能的範疇中，民生用電的節能成效最有感，累進分段的六級電費制度，協助民眾看緊荷包，並推廣空調、照明、冰箱的節能技巧，以及有節能標章、標示的電器，雖無法如工、商業用電以執照強制管理，政府亦體諒民生用電的實際需求，只能於感性、理性間呼籲省電的重要性，殷切期盼大家可以共體用電時艱。

《家用生活節能》

1、精打細算從電價開始

■ 夏季冷氣用電激增，電力公司總發電量可能無法供應用戶瞬間尖峰用電，為降低用電，每年夏月（6 月 1 日至 9 月 30 日）用電，電價比其他月份高；家庭用電之電費計算，是採用累進分段的六級電費，用電越多單價越高。

單位：元

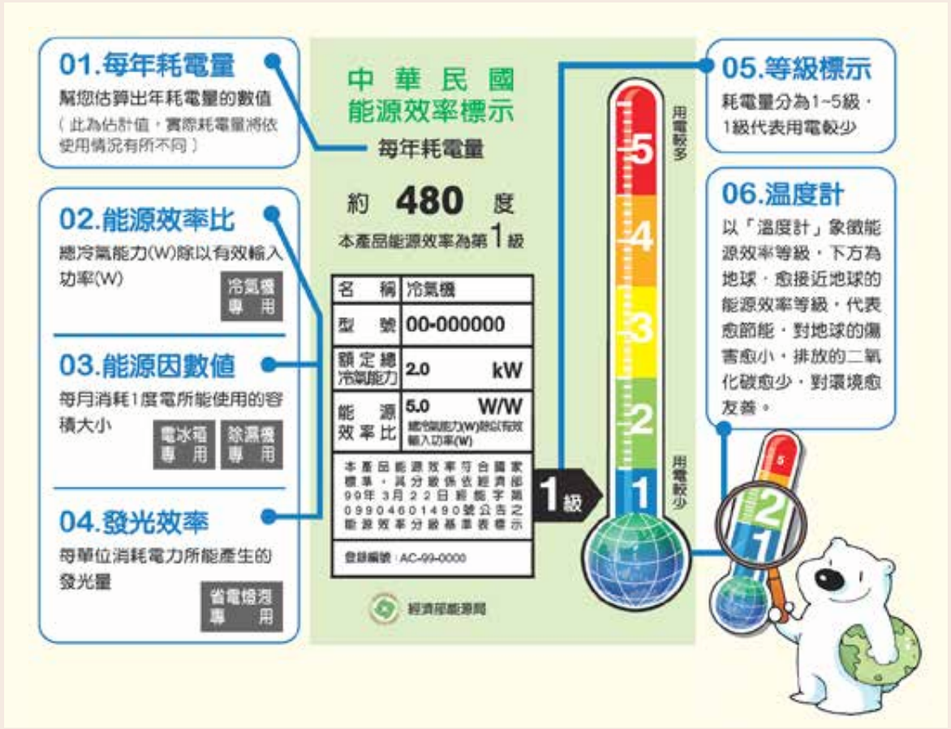
用電度數（每月）	夏月（6 月至 9 月）	非夏月（夏月以外時間）
120 度以下	2.10	2.10
121~330 度	3.02	2.68
331~500 度	4.39	3.61
501~700 度	5.44	4.48
701~1000 度	6.16	5.03
1001 度以上	6.71	5.28

此為 102 年 10 月台電網站公告電價，
更多電價資料請參考台電網站　http://www.taipower.com.tw/

2、購買有節能標章、標示的電器

■ 老舊家電平均用電量是節能家電的 2.5 倍，提醒你汰舊換新時，請選購具節能標章的電器，或能源效率分級標示級數小、效率高的節能家電。

■ 能源效率標示首先必須注意是右半邊代表能源效率等級的「溫度計」。「溫度計」由下往上標示出五個等級，最上方的第五級，代表二氧化碳排放量最大，是耗能最高的產品；越靠近下方，則代表排放的二氧化碳越來越少，造成地球暖化的程度也較低，是對環境比較友善的產品。



3、能源效率級距知多少？

冷氣機	**第一級產品較第五級，省約 37% 耗電量** 以 6 坪空間常用冷氣機為例，購買第一級的冷氣機相較於第五級冷氣機，1 年可省 470 度電，約省 1,344 元。
電冰箱	**第一級產品較第五級，省約 40% 耗電量** 以一台 560 公升冰箱為例，購買第一級的電冰箱相較於第五級電冰箱，1 年可省 304 度電，約省 870 元。
除濕機	**第一級產品較第五級，省約 28% 耗電量**
省電燈泡	**第一級產品較第五級，省約 30 至 40% 耗電量** 以家庭燈具搭配一般 23 瓦省電燈泡為例，使用一級產品 4 顆約相當於使用第五級產品 6 顆的總輸出光量，約可省 33% 之耗電量。

4、空調節能你我做得到

■ 冷氣溫度宜設 26~28˚C，搭配電風扇使用。

■ 冷氣溫度每調高 1˚C，就能節省 6% 的空調耗電量。

■ 冷氣不外洩。

■ 夏日穿著涼爽衣服。

■ 屋外加裝遮陽雨棚，可減少 75% 輻射熱。

■ 熱風排出口及外氣吸入口，確保暢通。

■ 每 2~3 週清洗空氣濾網一次。

■ 冷氣機應保持清潔，避免因落葉雜物，降低冷氣機效率。

5、照明節能減碳又環保

■ 隨手關燈。

■ 汰換白熾燈，換裝省電燈具。

	一般燈泡		神明燈	投射燈	螢光燈管
現有使用燈具	白熾燈40瓦	白熾燈60瓦	白熾燈 7.2瓦	鹵素燈 50瓦	4支18W T9 螢光燈管搭配傳統
較省電燈具	LED燈泡 7W / 省電燈泡 10W	LED燈泡 9W / 省電燈泡 13W	LED 0.5瓦	LED5瓦	3支14W T5 螢光燈管搭配電子式安定器
平均節電比例	82% / 74%	84% / 78%	93%	90%	52%

◎ 將 1 顆 60 瓦白熾燈汰換成 1 顆 9 瓦省電 LED 燈泡，1 年可省 186 元，1 年可減少 34 公斤 CO_2 排放。

◎ 將 1 對 7.2 瓦神明燈汰換成 0.5 瓦省電 LED 燈，1 年可省 336 元，1 年可減少 61 公斤 CO_2 排放。

◎ 將樓梯間使用的 40 瓦白熾燈泡換成 7 瓦省電 LED 燈泡，1 年可省 413 元，1 年可減少 75 公斤 CO_2 排放。

6、冰箱節能 變頻的最好

- 冰箱放置處，四周應留離牆 10 公分之散熱空間。
- 冰箱儲存量以八分滿為宜，堆放過多的貯存物，會使耗電增加。
- 過熱食物，應等冷卻後才放進冰箱，並儘量減少箱門開關次數及開啟時間，以減少外部熱氣進入。
- 冰箱四周密合墊應密實，以避免冷氣外洩。
- 選購適當容積的電冰箱，電冰箱的大小以有效內容積 (公升) 表示，以家庭成員每人 60- 80 公升估算，愈小愈省電。
- 採用可分成不同庫溫，並設有獨立溫度感應之多門冰箱，各室可獨立冷卻及使用，例如急速冷凍、飲料、蔬果冷藏及肉品冷凍等，將可提升食品保存品質，並且具有節能之效果。
- 採用具有變頻壓縮機之冰箱，其冷凍能力可適時隨周圍氣溫、開門狀況與食品之入庫狀況進行調整，節省馬達耗電，最高可達 30%~50% 之節能效果。

7、關機節能 舉手之勞

- 開飲機、熱水瓶加裝定時器，白天不在家及深夜睡眠時關機省電。
- 拔除電視、音響、DVD、微波爐的待機電源。
- 電腦不用時隨手關機。

阿光告訴你

育樂用家電包括電視、電腦、音響、光碟機、和電子樂器等種類繁多。雖然此類電器的單機耗電量不大，但是數量多，尤其是電視和電腦的使用時間日漸增長，其年用電量也相當可觀，不使用時關機或隨時下拔插頭也能省下不少電費。

《社區大樓如何節電》

1、社區大樓公共電費是否偏貴？

- 中大型社區公用電量相當龐大，例如電梯、24 小時開著燈及空調設備等，這些電費是每戶都必須繳的費用。該如何關心我們的社區電費？

◎ 收到社區的電費單與收據時，至少連續三期檢視電費單上的「尖峰最高需量」是否遠低於「契約容量」；「契約容量」涵義與月租費相似，是每月依約定繳交台電公司的基本電費，如果差異過大的話，就如同行動電話基本月租費，設定為 650 元，但每個月實質只撥打 50 元費用，形同浪費；應洽詢台電是否降低契約容量。

◎ 社區是否使用省電燈泡或 LED 燈呢？二台以上電梯是否設定隔層停靠？是否定期保養空調設備？並控制室溫 26~28℃ 呢？

◎ 利用能源局與台電公司節電資訊，更進一步地節電，珍惜能源。

2、公共空間空調節能你我做得到

- 公共空調空間防止冷氣外洩，並控制室溫 26~28℃ (冷氣每調高 1℃ 省空調用電 6%)。
- 秋、冬季適度引用外氣冷房，可降低空調負載 (省電 80% 以上)。
- 定期保養空調設備，如冰水主機、冷卻水塔、泵浦、空調相等 (省電 5~20%)。

Q 使用空氣簾或自動門阻隔冷氣外洩時之注意事項為何？

A 空氣簾應儘可能裝在屋內側
空氣門長度須等於或大於門寬
導向葉片應依季節及有無側風進行調整
自動門門扇行經之處應保持暢通
門扇應標示清楚防止人員撞門或夾人
紅外線感測之自動門，應注意減少感測器誤動作自行開關。

3、公共用照明省電有訣竅

- 白熾燈、鹵素燈汰換為省電燈泡或高效率燈具 (省電 60~75%)。
- 不常使用之場所，配合晝光利用感應或自動感知點滅 (省電 30~90%)。
- 24 小時點燈之消防指示燈、避難指示燈改用 LED 燈具 (省電 70%)。
- 汰換傳統式安定器螢光燈為 T8 或 T5 電子式安定器螢光燈 (省電 20~50%)。

阿光告訴你

禁用白熾燈泡是指不得使用額定消耗功率在 25 瓦特以上之白熾燈泡做為一般照明用途。

4、推動陽光社區，節能新主張

- 屋頂加裝太陽能板，不僅可以發電，還可以有效阻擋屋頂熱源。
- 政府鼓勵既有、規劃或興建中之集合式住宅屋頂集體設置太陽光電系統，經專案核准後，均得予免競標，並由經濟部能源局委託之技術輔導團隊提供設計規劃、併聯申請及相關設置障礙排除等專業協助，以推動達成「陽光屋頂百萬座」。

臺灣地區建築物夏季平均日射比例圖

阿光告訴你

陽光屋頂百萬座計畫規劃於2030年推廣太陽光電發電系統設置容量達到8,700MW，目標建立我國太陽光電設置應用完善環境，積極推動太陽光電發電系統。推動策略採「逐步擴大、先屋頂後地面」，以穩健成長、負責任的態度來帶領國內太陽光電能源永續發展。

5、主要設備加強節能，方法超簡單

■ 案例分享

以地下 2 層、地上 12 層，住家 1,672 戶之集合住宅，每年公共用電度數為 125 萬度，經節能改善後，一年省電約 22.5 萬度，節能率達 18%，且一年省下 79.11 萬的電費，所投資費用一年以內就可回收。

	主要設備節能措施	改善前	改善後	節電量(度/年)	節省電費(萬元/年)	投資金額(萬元)	回收年限
1	合理調降各電號之用電契約容量	10~150kW	5~107kW	0	15.1	0	立即
2	汰換白熾燈為省電燈泡(共 1,672 盞，全年點燈 1,460 小時)	60W/ 盞	15W/ 盞	109,850	28.2	25	0.9
3	汰換停車場 40W 傳統式安定器螢光燈為電子式安定器螢光燈(共 570 盞，全年點燈 8,760 小時)	T9-48 W/ 盞	T8-32W/ 盞	79,891	20.5	34.2	1.7
4	8 部電梯增設時間控制器，當電梯待機 3 分鐘後，即遮斷照明及排風扇電源	耗電 192W/ 部 . 時	省電 121W/ 部 . 時	8,409	2.16	3.2	1.5
5	休閒館窗戶緊閉，大門加裝空氣簾，防止冷氣外洩		冷氣不外洩省電 36.7 度 / 天	13,416	3.4	2	1.7
6	轉移 8 台揚水泵浦 (5hp/ 台) 運轉時間，利用離峰時間補滿上水池			0	6.85	1.7	0.3
7	曝氣機 7.5hp+5hp 各一台，原全天同時運轉，改為當污廢水產量較少時段(上班時間及深夜)，僅運轉 7.5hp 一台			13,070	2.9	0.5	0.2
	合計			224,636	79.11	66.6	0.84

阿光告訴你

打造我國綠能環境需求面措施規劃

需求面
節能減碳、降低尖峰負載及抑低電力需求

一、加速產業結構轉型及強化能資源有效運用	1. 加速產業結構轉型 2. 強化產業能源效率管理 3. 擴大區域能資源整合運用
二、倡導節能生活	1. 汰舊換新獎勵購置高效率產品方案 2. 冷氣管制機制 3. 倡導節能減碳新生活運動 4. 推動政府機關及學校四省專案
三、推動智慧節能基礎建設與示範推廣	1. 建構智慧便捷之節能減碳生活環境 2. 推動低碳社區與打造低碳城市
四、完善有助節能減碳市場機能及法制	1. 完善有助節能減碳法治基礎(溫減法、節源稅法) 2. 檢討相關法規措施建構綠能需求誘因 3. 審慎規劃能源價格合理化

資料來源：經濟部能源局

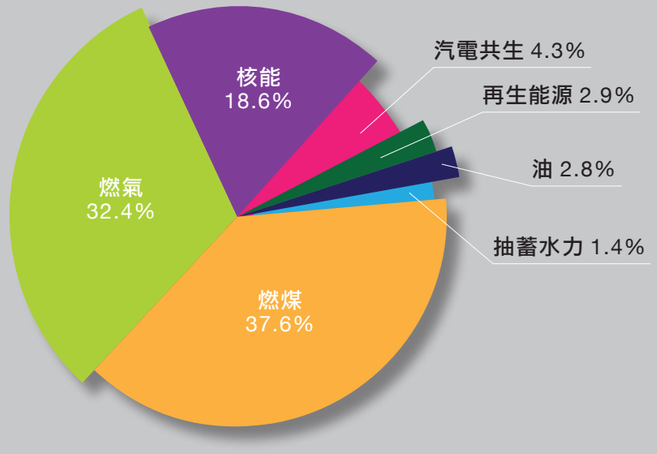
PART 3

開源面：現有選項的困境

臺灣主要供電之發電設施有三種
燃煤電廠、燃氣電廠、核能電廠
前兩項屬火力發電，是目前供電主力
但燃料需仰賴國外進口，還會排放大量的二氧化碳
核能發電是高效率的能源建設
雖然建設成本高，技術需求高
發電過程不排二氧化碳
就開源面而言，三種選項各有其優點
只不過老舊火力電廠陸續屆齡除役
核四電廠日前已經封存
新電廠的建設緩不濟急
將使臺灣面臨供電吃緊的危機
該如何為電力開源提早佈局
有些事你一定要知道…

阿光告訴你

臺灣 103 年電力系統發電量結構



3-1 燃煤電廠排碳量高，能源缺乏自主性

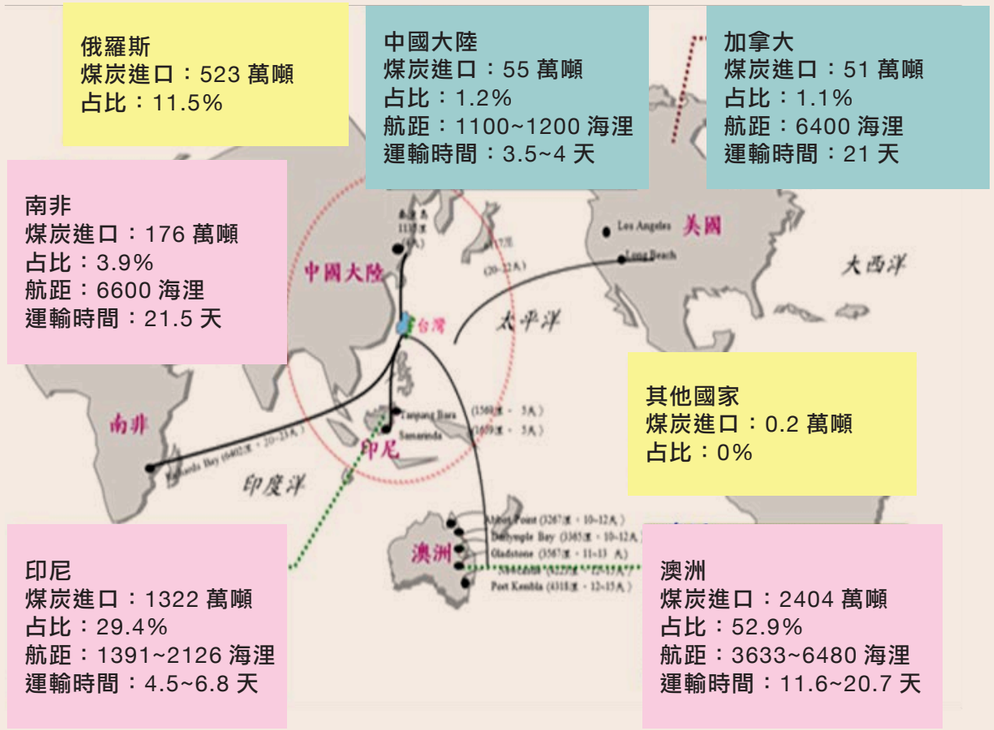
我國電力系統孤立，相較於有自產能源或可由鄰國輸入電力的國家，能源發展艱困，98% 都依賴進口，突顯能源結構安全上的問題，雖然煤炭較其他能源蘊藏量豐富、取得容易，但二氧化碳排放與空氣汙染等問題，對環境與人體健康的衝擊也相對較高，近年國際煤炭價格變動更直接影響發電成本。

1、我國煤炭來源缺乏自主性

- 100% 由國外進口，據統計 103 年印尼、澳洲及俄羅斯 3 國進口就占 90% 以上。
- 採購以長約為主，現貨為輔，煤炭價格漲跌不容易及時反應。
- 運輸時間隨來源不同，需 3.5 ~21.5 天不等，容易受天候影響。
- 近來國際煤炭價格持續上漲，103 年平均價格較 92 年上漲了 3 倍。

煤炭進口現況

煤炭進口來源	印尼 29.3%	澳洲 52.9%	俄羅斯 11.5%



資料來源：經濟部能源局

2、煤炭用於發電現況

- 進口煤炭消費以發電為主，103 年度煤炭消費的 69% 都用於發電。
- 我國現共有 4 座燃煤電廠 (林口 #1-2 機組 103 年 9 月除役後，刻正進行機組更新)，103 年底占電力系統之裝置容量 26.2%、占發電量 37.6%。
- 依法燃煤電廠 (基載) 安全存量規定，應儲存 30 天以上。

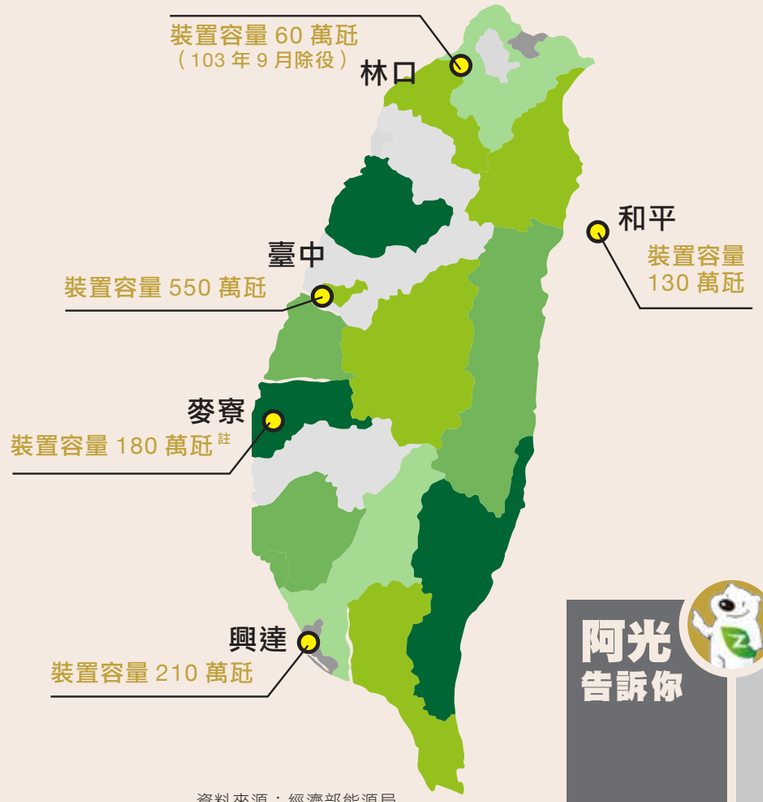
項目 \ 發電	燃煤電廠	電力系統	燃煤電廠於電力系統占比
裝置容量	1,069.7 萬瓩	4,078.7 萬瓩	26.2%
發電量	823.7 億度	2,192.2 億度	38%

資料來源：台電公司及經濟部能源局

Q 進口煤炭是燃煤發電穩定保證？

A 燃煤電廠的發電原理是利用煤炭燃燒產生蒸氣來推動發電機，由於能源依賴進口，易受國際能源事件衝擊，如果發生能源輸出地區政經情事變化與軍事衝突，或能源生產與運輸意外，可能造成燃料供應不及，電力將無法穩定供應。

3、臺灣燃煤電廠分布圖



資料來源：經濟部能源局
註：不含其他自用發電設備之裝置容量

阿光告訴你

現階段台電公司共有 64 座發電廠（站），總裝置容量為 32,204.22MW，其中火力發電 27 座，水力 12 座，核能發電 3 座，風場 15 座、太陽能發電 7 座。另外，還有民營發電廠共有 33 座。

4、燃煤發電成本低，但碳排放量也大

- 燃煤電廠是一個具高度複雜性的系統，一座 500MW 發電力的電廠需要花費約 6 億 5 千萬美元，建造成本相當高。
- 每產生一度電，褐煤排放的二氧化碳大約是天然氣的 3 倍，黑煤則是天然氣的 2 倍。
- 102 年統計全臺燃煤電廠裝置容量 11,300MW, 每日排放 CO_2 液化後體積相當 12 倍全臺一日汽油消費量 (2.7 萬公秉)，占 CO_2 排放總量 64%。

阿光告訴你

102 年全臺燃煤電廠裝置容量 11,300MW

每日排放 C02 液化後體積相當 12 倍全台一日汽油消費量 (2.7 萬公秉)

5、燃煤電廠特性與實際遭遇困難

特性

1. 可 24 小時發電用的基載電源。
2. 相對發電成本低，為當前主力基載電源
3. 空氣汙染排放較高，新電廠環評通過困難，未來大量擴建燃煤電廠可行性低。（運送途中需克服粒狀污染物問題、廠址不易選擇及居民抗爭。）

實際遭遇困難

計劃項目	說明
深澳電廠更新擴建計劃	卸煤碼頭遭地方反對，原規劃第 1 部機組於 101 年商轉，現全案需配合計畫修正，機組商轉時程至少需延後 9 年（約至 110 年）
彰工電廠興建計劃	環評自 93 年 6 月至今仍未通過。
林口電廠更新擴建計劃	因環評審查時程較長及地方政府基於環保考量要求停工近 2 年（97 年 7 月至 99 年 7 月），造成工期延後，現已重新動工。

阿光告訴你

- 我國許多火力電廠已運轉多年，設備與機組老舊造成效率降低。
- 自 103 年起，包含林口 #1-2 機組、通霄 #1-5 機組、大林 #3-5 機組、協和 #1-4 機組等火力電廠機組將相繼關閉。
- 至 114 年關閉的火力機組將超過現有火力電廠裝置容量的 2 成。
- 火力發電需要大量的燃料及冷卻水，因此廠址的選擇多以瀕臨海濱或港灣內，必須經過環評考量，新廠址尋覓不易，將衝擊臺灣電力供需。

3-2 燃氣電廠適宜作後衛，不適宜作主將

天然氣污染排放較少，但我國天然氣總用量已接近現有 2 座接收站供氣量上限的 1,400 萬公噸，如果想以天然氣發電取代核四，需再增建第 3 座接收站才能供氣，估計經費約需 600 億，工期約 8-10 年，興建上緩不濟急，加上液化及運輸成本，相較歐美管道天然氣成本高達 3-5 倍，即使進口頁岩氣，價格仍高。

1、我國天然氣來源情形

- 98% 由國外進口，103 年卡達、馬來西亞及印尼 3 國進口占 82%。
- 採購以中長約為主，現貨為輔。
- 運輸時間隨不同進口來源需 4~12 天不等，也容易受天候影響。
- 進口液化天然氣價格自 92 年以來持續大幅上漲，103 年平均價格較 92 年上漲 2.7 倍。

天然氣進口現況

2、天然氣用於發電現況

- 天然氣消費以發電為主，103 年度天然氣之消費 77% 用於發電。
- 我國共有 12 座燃氣發電廠，占電力系統之裝置容量 38.1%、占發電量 32.4%。

- 燃氣機組可快速升降載，但成本較高，目前多作為中載及尖載之用。
- 天然氣安全存量現為 7~14 天，若提升為基載用，需大量增加儲槽以確保供應安全。

天然氣電廠占電力系統占比

項目 \ 發電	燃氣電廠	電力系統	燃氣電廠占電力系統占比
裝置容量	1,524.5 萬瓩	4,078.7 萬瓩	37.4%
發電量	709.3 億度	2,192.2 億度	32.4%

資料來源：台電公司及經濟部能源局

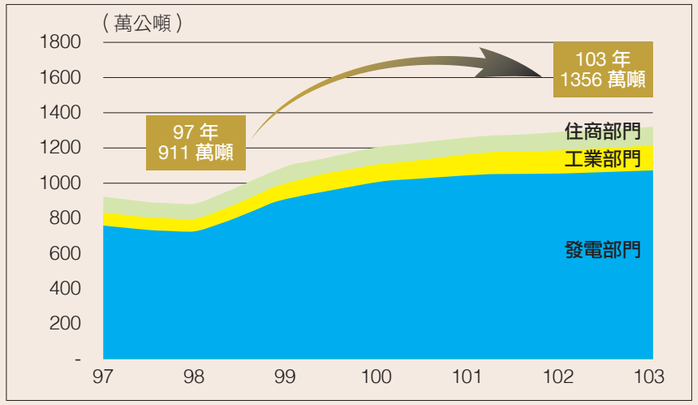
阿光告訴你

天然氣是燃氣渦輪引擎和蒸汽渦輪發電非常重要的原料，是一種主要由甲烷組成的氣態化石燃料，主要存在於油田和天然氣田，也有少量出於煤層，用在燃氣渦輪及蒸汽渦輪聯合循環的模式下發電，能源利用的效率特別高。

3、天然氣供應吃緊

- 天然氣購買量持續成長，近 6 年 (98 ～ 103 年) 來成長率達 53%。
- 103 年全國天然氣使用量約 1,356 萬噸
- 目前兩個接收站 (永安及臺中廠) 之最大供氣量 1,400 萬噸
- 欲擴大天然氣使用，需興建第三接收站。
- 如核四以燃氣電廠取代，則需於北部興建第 3 座 LNG 接收站，每年增加供氣量 300 萬噸。
- 第 3 座 LNG 接收站，興建時間預計需 8~10 年。

我國燃氣需求量逐年成長



資料來源：經濟部能源局

年度	101 年	107 年	119 年
目標使用量（萬噸/年）	1,200	1,400	2,000
LNG 接收站數目	2 座	2 座	3 座
供應能力（萬噸/年）	1,200	1,400	2,000

資料來源：臺灣中油公司

4、我國現有天然氣輸儲設施概況

- 營運中接收站

◎ 臺中：儲槽 3 座，儲量 48 萬公秉，年營運量 300~450 萬噸。

◎ 永安：儲槽 6 座，儲量 69 萬公秉，年營運量 750~950 萬噸。正進行航道浚深，以靠卸 Q-Flex 等級 LNG 船（容載量達 21.6 萬公秉）。

中油公司天然氣儲槽容量表

項目	永安廠	臺中廠	合計
儲槽容量 (萬公秉)	69 (10×3+13×3)	48 (16×3)	117
營運量 (萬噸 / 年)	750~950	300~450	1,050~1,400

註：儲槽容量係固定（1 公噸 =2.207 公秉）

- 天然氣運輸

◎ LNG 貨船抵達臺灣後，會在永安港或臺中港天然氣接收站卸貨，經由氣化後，再分別以海底管線及陸上管線系統將氣體輸送至各用戶，中油輸氣幹線如下表：

中油公司輸氣幹線表

管線類型	起站	迄站	管徑（吋）	長度（公里）
海管	永安	通霄	36	238
海管	臺中港	大潭	36	135
陸管	通霄	南崁	24 及 26	153
陸管	永安	關東橋	26 及 30	292
陸管	岡山	大林埔	24	52

資料來源：中油公司

5、臺灣燃氣電廠與輸送管線分布圖

■ 目前我國 80% 的天然氣用於發電，以供現有 12 座天然氣電廠使用。

資料來源：中油公司。

阿光告訴你

■ 天然氣供氣已飽和→短期有電廠也無氣燒

■ 我國天然氣總用量已接近現有 2 座接收站供氣量上限 1,400 萬公噸

■ 欲以天然氣發電取代核四，年需約 300 萬噸天然氣，需再增建第 3 座接收站才能供氣。

6、北部天然氣管線鋪設不易

照片來源：中油公司

■ 現有輸送天然氣管路包括海管與陸管，永安廠及臺中廠卸收天然氣先分別以永安至通霄及臺中經通霄至大潭海管，送到通霄及大潭，再以陸管送至各燃氣廠。

■ 如核四改為天然氣電廠，因核四位於北部貢寮，如採海管必須繞過整個臺灣北部，沿途礁岩遍佈，加上冬季海象惡劣，施工不容易。如採陸管，需經過人口稠密的北部地區，且途經環境生態敏感地區，恐面臨民眾抗爭，施工困難度很高。

阿光告訴你

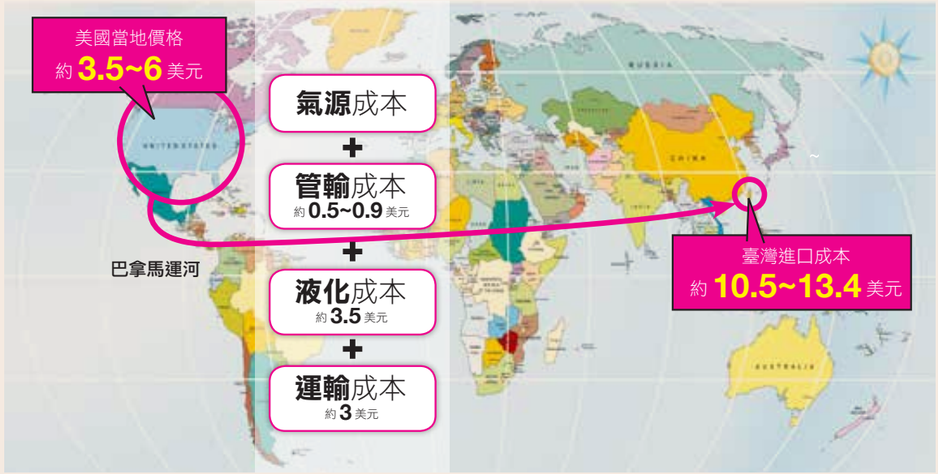
新建第 3 接收站→遠水難救近火

增建第 3 座天然氣接收站與輸儲設備，估計經費約需 600 億，工期約 8-10 年，緩不濟急，無法填補核四不商轉之電力缺口。

7、天然氣電廠發電成本高

■ 美國、歐洲等地之天然氣主要是以管線輸送，以美國為例，103 年當地價格約為 3.5~6 美元 / 百萬英熱單位，而經由液化、儲存、船運至臺灣再氣化使用，將使其成本升高至 10.5~13.4 美元 / 百萬英熱單位，為美國當地價格之 3~5 倍。

進口液化天然氣各項成本



單位：美元 / 每百萬英熱單位
資料來源：經濟部能源局

阿光告訴你

進口冷凍液化天然氣→有夠貴

跟日本、韓國一樣，臺灣需進口 -162℃ 之冷凍液化的天然氣 (LNG)，加上液化及運輸成本，相較歐美管道天然氣成本高達 3-5 倍，即使進口頁岩氣，價格仍高。

8、燃氣電廠特性與建廠遭遇困難

特性

1. 天然氣 98% 依賴船運進口液化天然氣（LNG），成本為管道天然氣 3~5 倍。
   - ■需經過液化（-162℃低溫液化→儲存→海運→氣化）過程，價格為管道連接天然氣之 3-5 倍。未來即使有較廉價的頁岩氣，但液化成本仍不變，臺灣燃氣發電成本相對仍高。
   - ■儲存需空間，安全存量有限；如果將燃氣機組由中載電源改為 24 小時運轉之基載電源，更須大幅提高安全存量。
   - ■管線佈設及維護困難。
2. 供電成本約為燃煤與核電 2 倍
   - ■大量使用將導致電價大幅上漲。
3. 氣候變遷影響
   - ■ CO_2 排放雖約為燃煤電廠一半，仍會衝擊環境。

實際遭遇困難

計劃項目	說明
大潭電廠擴建	因輸送管容量、氣源供應方式，致成本高、現值報酬率為負值，迄至 102 年 5 月尚未核定新投資計畫。

Q 燃氣發電的二氧化碳排放量？

A 就燃燒而言，天然氣比起石油和煤之類化石燃料要更加環保，產生更少的溫室氣體。獲得同樣的熱能，燃燒天然氣產生的二氧化碳比燃燒石油要少 30%，比煤要少 45%。

9、核四電廠可能改為天然氣電廠嗎？

■困難 1 設備僅可留用 3%

◎ 機組設計上完全不同，燃氣複循環先混合空氣燃燒 (1,300℃)，回收廢熱氣再產生蒸汽發電，因此燃氣機組蒸汽量小、壓力高且溫度高 (550℃)；而核能機組產生的蒸汽量大 (比燃氣機組多 6 倍)，且壓力與溫度較低 (280℃)，兩者設備無法互用。1980 年代美國 Midland 核電廠為改建燃氣汽電共生電廠，必須全廠重新設計施工，不僅總熱效率只有 45%，遠低於新建燃氣機組的總效率 58-60%，不符經濟效益；而且施工期長達 5 年。因此 Midland 案例不適用於核四現況。除這項特例外，國際沒有其他核電廠改建天然氣廠案例，足證國際電力業界普遍不認同此種作法。

◎ 核四廠 1 號機已完成安全測試，若改建燃氣機組，僅電廠附屬設備可留用 (如循環水泵、緊急柴油發電機及輸電設備)，約僅占核四建設的 3%，其餘蒸汽渦輪機、發電機等均不適用。

	燒天然氣	蒸汽條件		
		溫度	壓力	蒸氣量
燃氣複循環	溫度 1,300℃	高 550℃	高	小
核電機組	無	低 280℃	低	大

■困難 2 天然氣供氣已飽和，短期有電廠也無氣可燒。

◎ 我國天然氣需經超低溫 (-162℃) 液化後船運來臺，現有 2 座液化天然氣 (LNG) 接收站於南部高雄永安與中部臺中港，年最大供氣量為 1,400 萬噸。

◎ 我國 103 年天然氣總用量為 1,356 萬噸，已接近現有接收站上限。

◎ 如核四改為天然氣電廠，以核四年發電 193 億度計算，每年約需 300 萬噸天然氣，短時間無氣可燒。

◎ 天然氣船卸載受海象限制：需考量風速、波高、能見度、海流、雷雨及颱風等，致每年無法靠泊卸載天數永安廠 35 天、臺中廠更高達 77 天。

Q 美國已有核電廠改成天然氣電廠的案例，核四廠能不能改建成天然氣電廠？

A 核電廠設計與天然氣電廠截然不同，且改建比新廠更難，必須變更土地使用目的、辦理廢止徵收、歸還原地主、重新辦理徵收，之後再增設天然氣供應設施，除了這些程序問題重重、曠日費時之外（所需期程大約是 8~10 年），屆時還將增加發電成本（進而造成電價與物價上漲）及二氧化碳排放量（一年將將額外增加二氧化碳排放約 751 萬噸，相當於 1 萬 9000 座大安森林公園一年的二氧化碳吸收量）。

■困難 3 北部天然氣接收站興建緩不濟急，管線鋪設不易。

◎ 因天然氣接收站須興建於海邊，我國永續海岸政策，海岸重大計畫將嚴格審議，可預見新建接收站計畫通過不易。

◎ 臺灣海岸地形缺少自然屏障，興建天然氣接收站，必須投入很大金額興建防波堤。

◎ 臺灣北部因土地資源缺乏，以及民情對既有土地興建天然氣儲槽有疑慮，站區土地須靠填海造地取得，土地取得成本高，管線鋪設不易。

◎ 估計在北部新建第三座天然氣接收站，約需新臺幣 600 億元，其興建期程約 8~10 年，時間上無法填補預計近年核四無法商轉之電力缺口。

阿光告訴你

如核四改為天然氣電廠，因核四位於北部貢寮，海管需繞過整個臺灣北部，沿途礁岩遍佈，且途經環境生態敏感地區，加上冬季海象惡劣，施工不易。陸管的鋪設，需經過人口稠密的北部地區，恐面臨民眾抗爭。

■ 困難 4 發電成本高，衝擊能源安全。

◎ 美國、歐洲等地之天然氣主要是以管線輸送，以美國為例，當地價格約為 2.5~5 美元 / 百萬英熱單位，而經由液化、儲存、船運至臺灣再氣化使用，將使其成本升高至 12.2~12.8 美元 / 百萬英熱單位，為美國當地價格之 3~5 倍。

◎ 天然氣價格占燃氣發電成本 80% 以上，意指若我國天然氣發電占比高，則天然氣價格波動將直接影響電價。

◎ 103 年我國天然氣發電成本為 3.92 元 / 度，核能發電成本為 0.96 元 / 度 (核一 ~ 核三設備已折舊完畢)，預估核四商轉後之發電成本約為 2 元 / 度。可見天然氣做為燃料之發電成本遠高於核能。

◎ 液化天然氣依賴船運進口，易受外在因素 (如颱風、地緣政治等) 影響，若船運受颱風影響導致天然氣供應短缺，馬上對國家能源安全構成威脅。

阿光告訴你

我國天然氣的來源、價格與卸收限制

■ 98% 由國外進口，103 年卡達、馬來西亞及印尼 3 國進口占 82%。採購以中長約為主，現貨為輔。

■ 運輸時間隨不同進口來源需 4~12 天不等，易受天候影響。

■ 天然氣 98% 依賴船運進口，而且需經過液化過程，成本為管道天然氣 3~5 倍。未來即使有較廉價的頁岩氣，但液化成本仍不變，臺灣燃氣發電成本相對仍高。

■ 天然氣船卸載受海象限制：需考量風速、波高、能見度、海流、雷雨及颱風等，致每年無法靠泊卸載天數永安廠 35 天、臺中廠更高達 77 天。

3-3 核能發電低碳低成本，電價平穩需要它

過去 12 年，天然氣與燃煤國際價格飆漲，天然氣漲到 2.4 倍，燃煤漲到 3 倍，唯有核燃料價格平穩。臺灣運轉中的核電成本只有燃氣發電的 1/4，未來核四發電成本約 2 元 / 度，比燃氣發電、再生能源都便宜，排碳量也趨近於零，對於平穩電價有相當的影響力。

1、我國核能發電現況

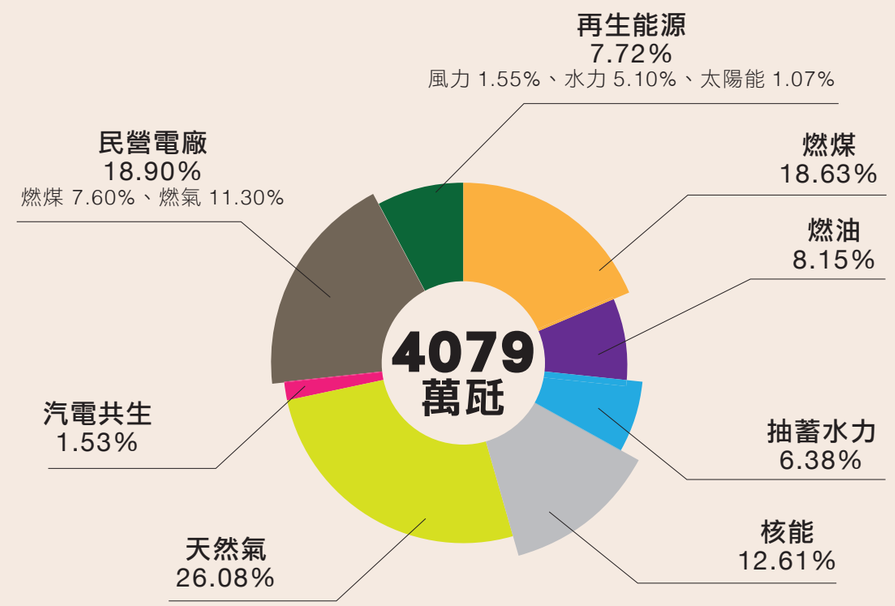
■ 台電目前有核一、核二及核三廠共 3 座核電廠運轉供電中，裝置容量共 514.4 萬瓩，占目前台電電力系統的 12.61%。

■ 龍門廠 (核四) 1 號機已於 103 年 7 月 25 日完成安全測試，目前暫時封存。

■ 每座核電廠均有 2 部機組，運轉中核一、核二及核三廠平均每年約可發電 400 億度，約占台電電力系統的 1/5。

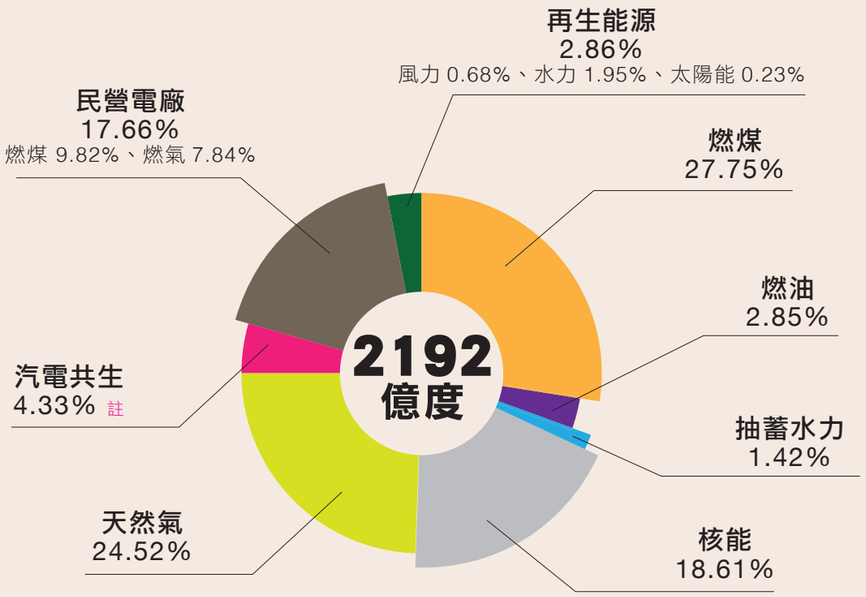
■ 103 年核能實際發電量共 408.01 億度，占當年度電力系統總發電量的 18.61%。

103 年台電公司裝置容量占比



備註：本圖為台電系統發電量資料，不包含未銷售台電之汽電共生機組自發自用電量，爰結構占比與全國系統有所不同。

103 年台電公司發電量占比

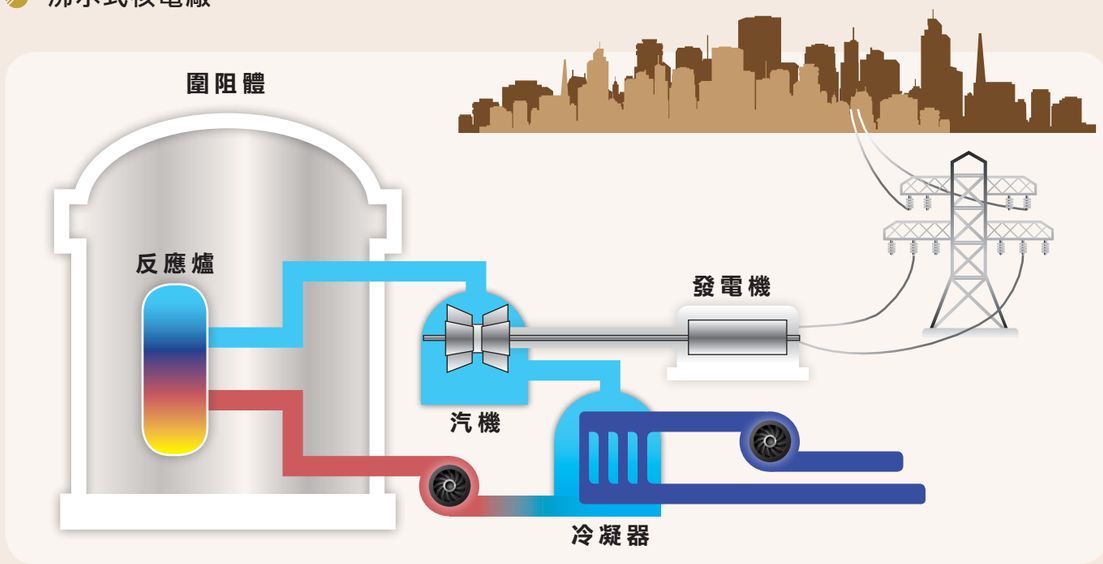


註：含垃圾焚化及沼氣發電

2、核能發電原理

- 利用核分裂或核聚變反應所釋放的能量產生電能的熱力發電廠。
- 由於控制核聚變的技術有障礙，目前商業運轉中的核能發電廠都是利用核裂變反應而發電。

沸水式核電廠



3、全臺核能機組現況

各核電廠規格資訊

裝置容量：萬瓩

	核一廠		核二廠		核三廠		龍門（核四）廠	
	一號機	二號機	一號機	二號機	一號機	二號機	一號機	二號機
商轉日期	67年12月	68年7月	70年12月	72年3月	73年7月	74年5月	安檢後封存	停工
反應器廠商	奇異		奇異		西屋		奇異	
反應器型式	沸水式		沸水式		壓水式		進步型沸水式	
裝置容量	63.6	63.6	98.5	98.5	95.1	95.1	135	135
占總裝置容量比例	3.1%		4.8%		4.6%		---	

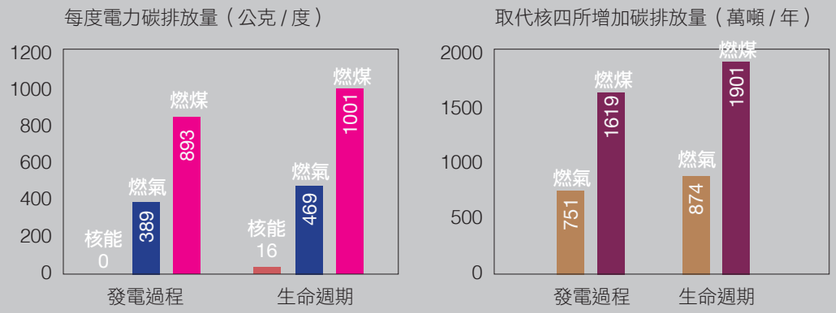
核四一號機：安檢後封存。二號機：停工。

4、核能發電優缺利弊

- 屬於高效率的能源建設，發電過程不排放溫室氣體。
- 核電廠建設成本高昂，技術需求高，養護成本亦高。
- 各國大多向具有豐富經驗之廠商（例如美商 GE）購置全套設備。
- 在控制良好且周邊緊急應對系統完善的情況下，是相當安全的設施。

阿光告訴你

不管怎麼比，燃煤、燃氣電廠的碳排放都比核電高很多→沒了核電減碳難



5、核四封存對臺灣有什麼影響？

- 可能會造成缺電、電價上漲，對經濟發展及國家減碳目標產生重大衝擊。89 年核四一度停建，也曾造成股市下跌與政經情勢不安，而此鉅額損失都是由全民共同承受。
- 就我國過去經驗統計，當備用容量率低於 10%時，就可能有缺電風險；低於 7.4% 時，則限電幾乎無法避免。核四封存即使是樂觀預估，105 年以後就開始有限電風險，107 年以後缺電風險更是大為增加，尤其北部地區的民生及產業用電將遭受重大衝擊。
- 我國電價結構約 70%是反映燃料成本，核能燃料價格相對低廉又穩定（進口一批核燃料可發電一年半）。核四如果不商轉，使用其他能源取代，將增加發電成本，最後勢必反映於電價，造成電價上漲。

阿光告訴你

核能發電碳排放量幾乎為零

發電類型	每度電力碳排放量（公克 / 度）		取代核四[註1] 所增加碳排放量（噸 / 年）	
	發電過程直接排放	生命週期[註2] 碳排放量	發電過程直接排放	生命週期[註2] 碳排放量
核能	0	16	-	-
燃氣	389	469	751 萬	874 萬
燃煤	839	1,001	1,619 萬	1,901 萬

註 1：核四廠每年可穩定發電 193 億度
資料來源：IPCC, Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation, 2011. 取中值 (50th percentile) 代表。生命週期評估為「對產品系統自原物料的取得到最終處置的生命週期中，投入和產出及潛在環境衝擊之彙整與評估」。

3-4 合理電價誰說了算？

能源結構與電價息息相關，國家未來能源結構的改變，將直接影響您我的電費支出。比較各國發電結構與電價，美國、法國及南韓在考量發電成本下，廣泛使用各類能源，也善用核能發電，因此電價較其鄰近國低廉。臺灣與日本的發電結構相似，但日本受到 100 年 3 月 11 日福島核災影響，核能發電占比暫時大幅下降，導致電價快速上漲。德國與義大利皆積極發展再生能源國家，電價相較世界各國，明顯偏高。

1、發電成本何種能源最低？

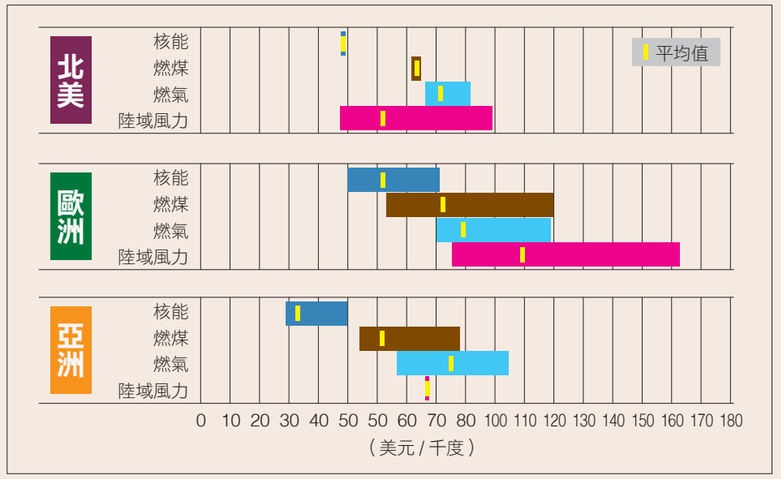
- 103 年我國運轉中發電廠之發電成本，包括燃煤、燃氣及再生能源之發電成本，均較核能發電高很多。
- 核 1-3 廠的建廠成本已攤提完畢，所以發電成本較低僅 0.96 元，未來核四發電成本約為 2 元 (含核能後端營運基金[註1])。

發電方式	103 年發電成本 (新臺幣 [元]/ 度)
核能	0.96[註1]
燃煤	1.3
燃氣	3.92
陸上風力	2.63[註2]
太陽能	4.92~7.16[註2]

註 1: 我國核能後端營運基金運用範圍包括：核能電廠除役、蘭嶼貯存場減容除役、廢棄物運輸、低放廢料最終處置、高放廢料中期貯存與最終處置、及地方回饋等項目。　註 2: 為 103 年經濟部公告之躉購費率　資料來源：台電公司及經濟部能源局

- 國際對於發電成本評估多以國際能源總署 (IEA) 發行的「發電成本評估」為基礎。無論在歐美或亞太地區，以平均而言核能都是最便宜的能源選項。

全球主要地區各類型電力均化成本比較（貼現率 5%）



資料來源：IEA 2010, Projected Costs of Generating Electricity

2、各國發電結構與電價比較

■ 美國、法國及南韓在考量發電成本下，使用多元能源組合，其中包含核能，因此電價較其鄰近國低廉。

■ 臺灣與日本的發電結構相似，但日本受到 100 年 3 月 11 日福島核災影響，核能發電占比暫時大幅下降，導致其電價快速上漲。

■ 再生能源發電成本高，德國與義大利皆積極發展，因此電價相較世界各國，明顯偏高。

國別	2011 年發電結構（單位：%） 化石能源	核能發電	水力發電	再生能源	2011 年電價（新臺幣 [元]/ 度） 民生電價	工業電價
德國	60.5	17.7	3.9	17.4	10.37	4.63
義大利	71.7	0.0	15.8	12.3	8.22	8.23
日本	77.4	9.7	8.7	4.2	7.69	5.28
法國	8.8	78.7	8.9	3.6	5.51	3.58
美國	68.4	18.9	7.9	4.8	3.47	2.05
南韓	68.3	29.6	1.5	0.6	2.80	2.18
臺灣	78.6	16.7	2.7	2.0	2.76	2.35

資料來源：IEA 2013 Electricity Information

■ 能源結構與電價息息相關，國家未來能源結構的改變，將直接牽動電價。

阿光告訴你

核電價格具優勢、國際價格波動不大，維持合理穩定電價需要它

■ 運轉中核電成本只有燃氣發電的 1/4，未來核四發電成本約 2 元 / 度，也比燃氣發電、再生能源都便宜！

■ 103 年較 92 年進口天然氣漲到 2.6 倍，燃煤漲到 3 倍，核燃料相對穩定，免受國際價格波動衝擊！

3、現階段再生能源發電成本相對仍較高

■ 綠色電力是利用再生能源發電產生的電能，相較於其他發電方式 (如火力發電)，綠色電力對於環境衝擊影響較低。各國對綠色電力定價大略可分單獨另定費率或額外附加於現有電價。

■ 現階段各類再生能源發電成本並不相同，各國依地理優勢擇適宜再生能源作為發展重點對象，目前較為廣泛、成熟的能源類別為太陽能及風力能。

Q 您是否願意以較高的電價來使用綠電呢？

A 看看我們為您整理的圖解，答案就在每個人心中。

地區 / 電力公司	電價種類	價格 (新臺幣 [元]/ 度) 每月基本費	每度電價
美國加州 Sacramento Municipal Utility District	一般電價	3.44~5.98	
	50% 綠色電價	當月總電費加 94 元	
	100% 綠色電價	當月總電費加 192 元	
德國 Vattenfall	一般電價	246.89	10.04
	100% 綠色電價	493.79	10.04
澳洲雪梨 British Gas	一般電價	639	6.59
	100% 綠色電率	-	+1.22
英國倫敦 British Gas	一般電價	369.3	5.94
英國倫敦 Good Energy	綠色電價	225.9	7.28

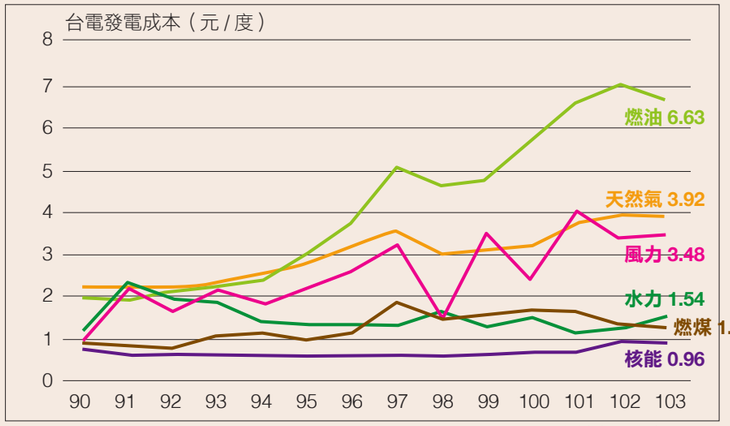
註：一般電價中亦包含部分再生能源。各國綠色電價收費方式不同，部分國家收費是提高基本費。
資料來源：各電力公司網站 2015 年 1 月公告資料

4、核電有助於穩定電價

核能發電成本穩定

■ 過去十多年是史上最嚴重、最長期與影響最廣泛的能源價格飆漲時期，反核團體引述的研究報告都嚴重低估火力發電成本的衝擊。

■ 過去 12 年，臺灣進口燃料成本中，天然氣漲至 2.4 倍，燃煤漲至 3 倍，唯有核燃料價格平穩。



資料來源：台電公司

能源種類	燃料成本增加倍數 (註 1)	燃料成本比較倍率 (註 2)
天然氣	2.4	20
燃煤	3.0	8
鈾燃料	0.2	1

註 1：燃料成本倍數：2012 年 /2000 年價格比
註 2：燃料成本比較倍率：相同發電量所需燃料成本比，以核能為 1
資料來源：台電公司

5、核能發電外部社會成本也較傳統化石能源低

■ 外部社會成本的估算係採生命週期評估法，範圍包括空氣污染、水污染、土壤污染及噪音污染、氣候暖化成本、意外成本 (包括職災、公共風險) 、建築物傷害、廢棄物成本等。

■ 2005 年歐盟執委會評估，歐盟各國每發一度電之平均外部社會成本，燃煤、燃氣等火力發電之社會成本高，核能與再生能源則低很多。

歐盟各類能源發電外部社會成本

Q 核能發電的碳排放量？

A 聯合國跨政府間氣候變遷小組 (IPCC) 報告清楚表示，核能發電生命週期溫室氣體排放低，是成熟的低碳技術；先進國家如美國與英國都將核能列為現階段重要減碳能源選項。

6、核電成本已考慮核後端處理

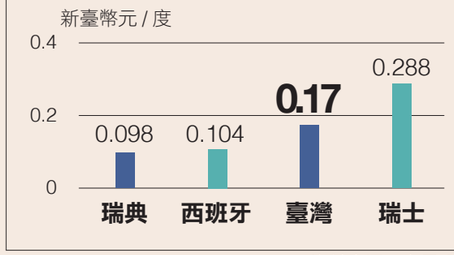
■ 核後端處理費之用途，包含：用過核子燃料最終處置、除役拆廠與低放射性廢棄物之最終處置，核能後端營運費用已經包括核廢料處理費用，政府已持續提撥超過 25 年。

■ 我國高放射性核廢料之處理費用是參考瑞典經驗進行估算，該國預計於 2025 年完成高放射性核廢料貯存場。

■ 我國核能後端營運費用約為每度 0.17 元。

■ 考量各國核能發電規模、所提列費用與支付用途，與世界上其他主要核能國家相較，我國核能後端營運收費約居高水準，並無低估情形。

核能後端營運收費



資料來源：台電公司

阿光告訴你

有沒有核電，我們都得處理醫療、農業及學術研究產生核廢。國際已有成熟技術，核廢料最終處理安全無虞。

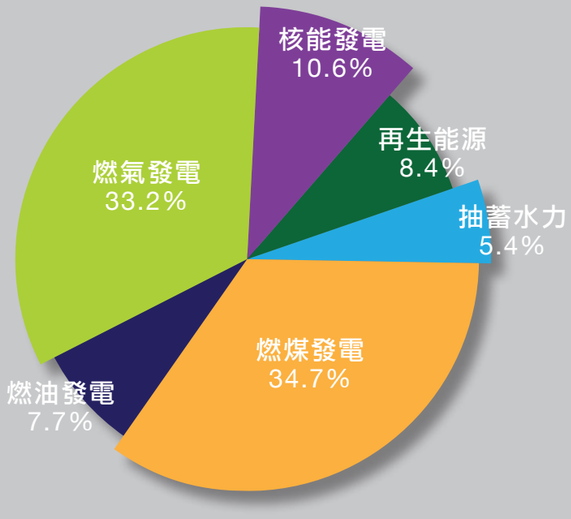
PART 4

永續面：新興能源帶來的希望，何時實現？

石油、天然氣、煤炭等能源消耗量與日俱增
地球能源，總是有消耗殆盡的一天
因此生生不息的再生能源成為發電新星
風力能、水力能、太陽能、地熱能、生質能
此類發展課題全球聚焦注目
臺灣也在這股新興趨勢之下
積極發展再生能源
以降低對進口能源的依賴
提升臺灣能源的自主性
臺灣是否有適合的發展環境？
新興再生能源又能否取代現有的發電需求？
開發潛力的背後，有些困難還須克服…

阿光告訴你

103 年全臺發電裝置容量種類結構
（裝置容量合計 48.54GW）



4-1 太陽光電，幫得了尖峰幫不了離峰

太陽光電需要廣大面積與足夠日照，但是臺灣地狹人稠，土地資源發展有其上限，且每天有效發電時間約 3~4 小時，設備平均年利用率約 14%，即使夏天陽光供應充足能幫得了尖峰時間的用電，卻無法成為穩定持續的供電來源，而且太陽光電成本約每度 5~8 元，為現行電價的 2~3 倍，在成本大幅降低前，如大量使用對產業用電與民生用電都是沈重負擔。

1、太陽光電發電原理

■ 利用太陽光電板吸收光能，轉變成電能輸出的一種發電方式。太陽光照射在太陽光電板上，使太陽光電板吸收太陽光能，透過 p 型半導體及 n 型半導體，產生電子 (負極) 及電洞 (正極)，同時分離電子與電洞而形成電壓降，再經由導線傳輸至負載。

■ 太陽光電板產生的電是直流電，若需提供電力給家電用品或各式電器則需加裝轉換器，將直流電轉換成交流電，才能供應家庭或工業使用。

■ 太陽光電系統設置優點包含：

(1) 環保，無需燃料。

(2) 無轉動組件與噪音，安靜、安全性高、操作簡單。

(3) 系統設備使用年限久，太陽電池壽命長久，可達 20 年以上。

(4) 發電量大小隨日光強度變化，可以輔助尖峰電力之不足。

太陽光電發電特性

圖片來源：陽光屋頂百萬座計畫推動辦公室

2、太陽光電推廣

■ 透過推動「陽光屋頂百萬座」計畫，以「逐步擴大」之策略，搭配相關措施，如「陽光社區」、「公有屋頂設置太陽光電」、「建築法規鬆綁」、「導入太陽光電能源技術服務業 (PV-ESCO)」，逐步擴大太陽光電推廣設置。

我國太陽光電設置案例

永安鹽灘地面型太陽光電
(裝置容量 4,636kW)

澎湖七美地面型太陽光電
(裝置容量 154.56kW)

臺中生水池屋頂型太陽光電
(裝置容量 1,508kW)

大潭電廠生水池屋頂型太陽光電
(裝置容量 651kW)

中部儲運屋頂型太陽光電
(裝置容量 91.4kW)

后里 E/S 屋頂型太陽光電
(裝置容量 91.125kW)

圖片來源：台電公司

3、太陽光電國內外發展現況

- 2013 年全球太陽光電新增容量為 37GW，累計裝置容量達 136.7GW，較 2012 年成長 35%。
- 美、中、日需求快速成長，未來 5 年市場潛力高。
- 歐洲太陽光電工業協會 (European Photovoltaic Industry Association, EPIA) 預估 2017 年新增容量將達 65GW 以上。
- 我國透過 Solar City、Solar Top、Solar Campus、偏遠離島緊急防災系統、農業示範應用、Solar Community、太陽光電電能躉購制度等措施，並成立「陽光屋頂百萬座推動辦公室」，統籌辦理太陽光電推動配套措施，進行相關資源整合。
- 針對設置障礙提供專業協助，並提供國內業者、縣市政府、承裝者完整解決方案，以加速推廣及提升設置成效。
- 我國至 103 年底累計裝置容量為 620.1MW，相較 98 年「再生能源發展條例」通過前 (9.5MW)，成長逾 65 倍。

Q 如果我們積極發展太陽能，是不是就不需要核四？

A 有日照的時候才有太陽光電，臺灣平均每天可用於太陽能滿載發電的時間只有 3~4 小時，平均設備年利用率偏低，無法替代可 24 小時穩定供電之核四廠。即使不考慮供電穩定性，如果要以太陽光電板提供核四的一年發電量，用地就要鋪滿約 168 平方公里 (約 2/3 個臺北市)，在寸土寸金的臺灣幾乎不可能。此外，太陽能發電成本是現有電價的 2 至 3 倍，比燃煤或燃氣都要貴很多，短期大量設置勢必影響發電成本，電價調高也在所難免。

4、我國推動太陽光電發電規劃與挑戰

- 屋頂型太陽光電可設置量約為 300 萬瓩，地面型太陽光電中長期估計可設置約 570 萬瓩，合計 870 萬瓩 (預計 119 年達成，年發電量達 109 億度，占當年度電力系統總發電量 3.9%)。
- 現階段太陽光電發電相較傳統燃料發電成本仍高，仍需要政策性推動，未來亦需要提升太陽光電發電技術，以降低設置成本；另推廣地面型太陽光電土地資源不足，將面臨土地開放使用法規限制的問題。
- 推動「陽光屋頂百萬座計畫」，採「初期以推動屋頂型設置，並逐步推動土地型大規模開發」之策略進行。
- 太陽光電發電主要集中在日照強烈的時間，其發電可以填補尖峰時段之用電，惟受天候因素的影響大，且只能在有陽光的狀況下發電，每天有效發電時間約 3~4 小時，設備平均年利用率約 14%。
- 即使夏天陽光充足能幫得了尖峰時間的用電，卻無法成為穩定持續的供電來源，故屬於間歇性能源，無法為基載電力。

Q 太陽能及風力發電能否取代核電？

A 太陽能及風力發電等再生能源，目前仍然屬於間歇性能源，因此還不能夠作為 24 小時必須穩定發電的「基載供電」，短期內還是無法取代核能或火力基載發電。

阿光告訴你

再生能源有其發展限制

- 臺灣地狹人稠，2/3 為高山丘陵，可發展再生能源的土地面積有限，同樣發電量，太陽光電或風力發電需要的面積約傳統火力電廠 290~400 倍。
- 要發出核四 193 億度年發電量，約需 2/3 的臺北市面積舖滿太陽能發電板，或是 3,500 架風機插滿臺灣一圈，但沒太陽、沒風，也沒輒。
- 多數再生能源成本高，其中太陽能發電收購價格約現在電價 2~3 倍。

4-2 風力發電未來潛力在海域，有待發展

風機需建置於良好風能之區域，因風力時有時無，因此無法穩定供電，臺灣平均每天發電時數約 6~7 小時，設備利用率僅約 28%。陸上風機因低頻噪音、光影閃爍等問題易招致民眾抗爭，且臺灣夏季用電高峰恰是風力最弱季節，風電難以適時負擔夏季尖峰用電，海上風機設置具未來潛力，但設置成本高，面臨海事工程難度高及海洋生態保育等問題尚待克服。

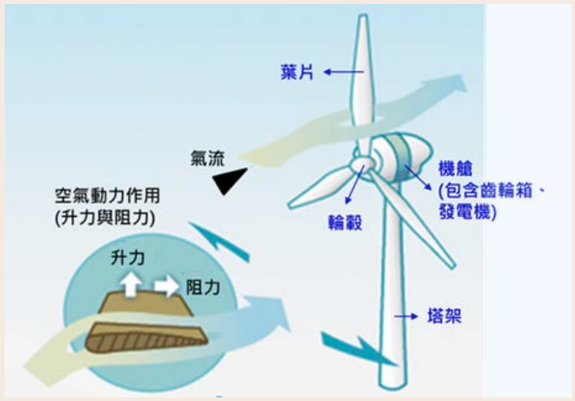
1、風力發電原理

■ 風力機主要是藉由空氣流動 (即風) 轉動葉片來發電。葉輪 (rotor) 為風力機轉換利用風能最重要的系統之一，葉片鎖定於輪轂 (hub) 構成葉輪，受風吹之空氣動力作用 (包括升力及阻力) 繞軸旋轉，擷取風的動能，進而轉換成有用的電能。

■ 目前風力發電約 90% 以上都是與電網併聯方式使用，當風力旺盛時儘量使用風力機發電，當風小或無風時再使用市電；而獨立或與其他能源混合發電系統，一般則使用在偏遠地區或電力網無法到達的地方。

■ 因為陸上風況好的場址有限，海上有更好的風力資源，可大規模開發，因此風力發電已從目前的陸域為主，逐漸朝向海域發展，離岸式風力發電更是具有發展潛力，惟開發挑戰性高。

風機構造圖與空氣動力作用圖



圖片來源：千架海陸風力機計畫推動辦公室

阿光告訴你

風力發電機主要使用方式包括

(1) 與電力網直接併聯發電系統
(2) 與柴油機 / 太陽光電混合發電系統
(3) 獨立使用

2、我國現有風力發電設施

■ 透過推動「千架海陸風力機」計畫，陸域以「先開發陸域風場，續開發離岸風場」及海域以「先技術示範，後區塊推廣，先淺海後深海」之策略，搭配「風力發電離岸系統示範獎勵辦法」之措施，逐步擴大風力發電推廣設置。

我國陸域風電設置案例

澎湖湖西風力
廠牌：Enercon E44 單機容量：900kW

雲林麥寮風力
廠牌：Vestas V80 單機容量：2,000kW

王功風力
廠牌：Enercon E70 單機容量：2,300kW

觀園風力
廠牌：GE 1.5s 單機容量：1,500kW

臺中港風力
廠牌：Zephyros Z72 單機容量：2,000kW

香山風力
廠牌：Gamesa G80 單機容量：2,000kW

圖片來源：台電公司

3、設置風力發電考量因素

■ 風力資源的好壞對風力發電機的發電量極為重要，在規劃時需考量設置區域的風性，以及地理條件是否能形成穩定且充足的風。

■ 風速越高的地區，風力發電機獲得的風能越多，相對的經濟效益越好；風向穩定少紊流的環境對風力發電機本身的磨耗較低，機組較不易受損，運轉壽命較長。因此需慎選周遭環境，避免風機設備受建築物、樹木遮擋產生擾流影響。

■ 風機運轉產生的噪音與對環境生態的影響也應列入選址考量，需避免設置於人口密度高的地區，以避免噪音干擾居民生活。

■ 風機設置亦應盡量避開候鳥遷移路徑，以減低對鳥類生態之影響。且風力機組相當高聳而龐大，宜謹慎選擇設置位置，並藉由適當之色彩塗裝，融入當地景觀，降低視覺衝擊。

Q 如果我們積極發展風力發電，是不是就不需要核四？

A 風力發電須有夠強的風才能發電，無法持續穩定發電，因此無法替代可 24 小時發電之核四電廠，也無法提供夏季用電高峰所需之電力（夏季風力最弱）。就算不考慮風場設置的成本效益與地方民眾的抗爭，想要發出一座核四廠 193 億度的電，需要臺灣環島一圈都插滿了風機才夠，實務上也不可行。

4、風力發電國內外發展現況

■ 根據全球風能委員會資料顯示，2013 年全球風力發電累計裝置量達 2822GW，預估 2018 年累計裝置量將可望達 536GW，中國大陸、美國、德國為主要發展國家。

■ 離岸風力發電近年亦加速成長，國際能源總署指出，全球離岸風電 2012 年已新增 32% 裝置量，累計總裝置量達 5.4GW，其中約 90% 的新增量來自於歐盟，發展最為積極的國家包含英國、德國、比利時與丹麥。

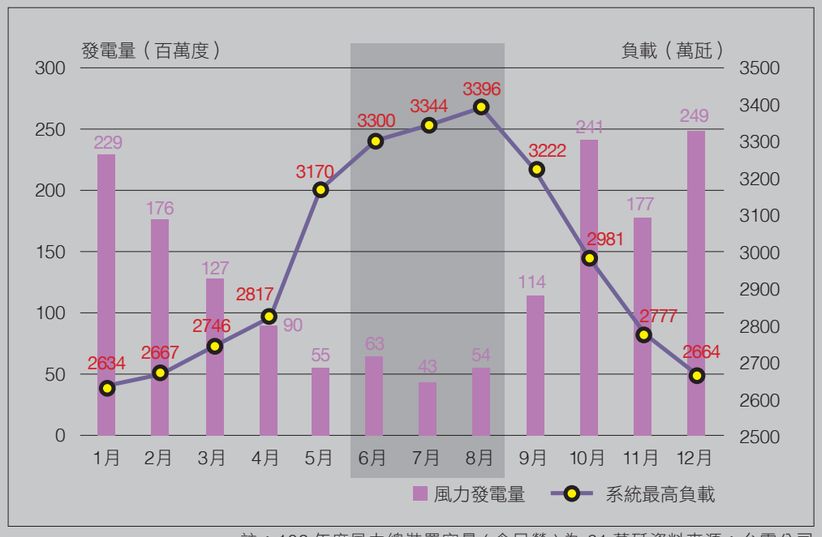
■ 103 年底，我國陸域風力發電裝置容量達 637.2MW，針對離岸大型風電的推動，我國已於 101 年公告實施風力發電離岸系統示範獎勵辦法。

■ 102 年 10 月 28 日經濟部完成示範獎勵案簽約儀式，正式啟動我國離岸風電發展。

阿光告訴你

臺灣夏季用電高峰，剛好風力最弱

102 年台電系統各月份風力發電量統計



註：102 年度風力總裝置容量 (含民營) 為 61 萬瓩資料來源：台電公司

5、我國推動風力發電規劃與挑戰

■ 陸域風電可設置量估計約 120 萬瓩，離岸風電可設置量為 400 萬瓩，合計 520 萬瓩 (預計 119 年達成，年發電量達 165 億度，占當年度電力系統總發電量 5.9%)。

■ 陸域風電開發遭遇地方溝通問題，業者籌設困難，另我國尚無任何離岸風場開發經驗，產業未具足夠能量，工作船隊等機具設備尚未到位。

■ 推動「千架海陸風力機計畫」，採「先開發陸域風場 (先優良風場，後次佳風場)，並續開發離岸風場 (先淺後深，先示範後區域)」為推動策略。

■ 風機需建置於良好風能之區域，方具發電效益，然而我國土地資源有限，高山坡度過大或土石流區域並不適合設置風力發電，且風力時有時無，使風機無法穩定供電，平均每天發電時數約 6~7 小時，設備利用率僅約 28%。

■ 臺灣夏季用電高峰洽是風力最弱季節，風電難以適時負擔夏季尖峰用電。

4-3 其他新興能源科技仍待技術成熟

新興能源雖有助於低碳環保愛地球，但有各方面條件的限制，我國淺層地熱因觀光價值不宜大量開發，深層地熱成本高、技術尚未成熟，海洋能發電也有各種技術課題難克服，國際間還沒有商業運轉機組，唯一技術較成熟的只有水力發電，但亦有其發展限制，尚無法取代現有的發電模式。

1、水力能發電

- 規劃 2030 年水力發電政策目標開發量為 220 萬瓩 (預計 119 年達成，年發電量達 49 億度，占當年度電力系統總發電量 1.75%)。
- 受地形、地質及水文氣象等天然條件限制，優良區位多已開發利用，另開發具經濟規模之水力發電設施，環境議題須面對。
- 推動策略採「台電與民間雙管齊下；開發對環境友善水力資源」。

台灣水力發電廠

碧海發電廠 (和平溪) (裝置容量 61,200kW)

卓蘭發電廠 (大安溪) (裝置容量 80,000kW)

萬大發電廠 (濁水溪) (裝置容量 15,300kW)

石門發電廠 (大漢溪) (裝置容量 90,000kW)

馬鞍發電廠 (大甲溪) (裝置容量 133,470kW)

圓山發電廠 (蘭陽溪) (裝置容量 18,000kW)

圖片來源：台電公司

2、地熱發電

- 地熱是源自地表下的能源。當地層內的上升熱水遇到不透水的岩層，而被限制在地底岩石的孔隙及裂縫中，形成所謂的「地熱儲集層」(geothermal reservoir)，其溫度比地表溫泉高出許多，形成極有用的能源。
- 地熱資源不易受天候影響，輸出穩定，可開發為穩定基載電源。
- 地熱系統依據開採方式可分為傳統地熱系統（或稱淺層地熱系統）與非傳統地熱系統（或稱深層地熱系統）兩種，主要差異在於非傳統地熱系統採用工程手段將地下熱能取出地表進行發電，儲集層中不需具備大量地熱流體。
- 目前大部分國家已開採或開採中之地熱均屬淺層地熱系統，利用儲存於天然裂隙發達地層內的豐富高溫水體發電，多與地表地熱徵兆相關，且分布範圍有限。
- 淺層地熱可根據熱量來源的不同分為火山型與變質岩裂隙型兩種，地熱發達國家 (如美國、菲律賓) 均屬火山型地熱；我國除大屯火山地區屬火山型地熱外，其餘均屬變質岩裂隙型地熱，發電效益相對較低。
- 非傳統地熱系統主要利用自然的地溫梯度，往地層深處鑽井，並以水力破裂方法灌注高壓流體，於目標岩層製造裂隙，再利用人工注入流體方式，由注入井灌注低溫流體經由高溫裂隙儲集層加熱後，再由另一孔生產井將地熱流體取出發電，其鑽鑿深度通常超過 3,000 公尺，因而較不受地形及地層條件影響。
- 目前國際間深層地熱系統發展仍處於小規模示範階段 (1~3MW)，尚未有中、大型 (大於 30MW) 商業運轉機組。

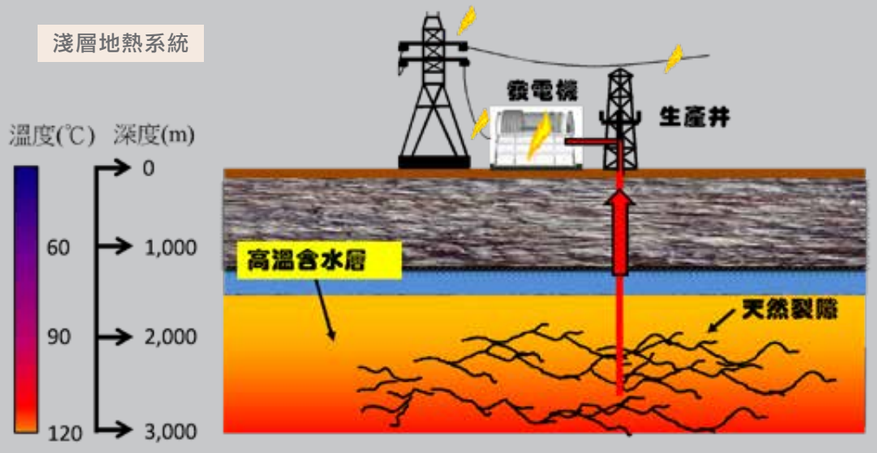
阿光告訴你

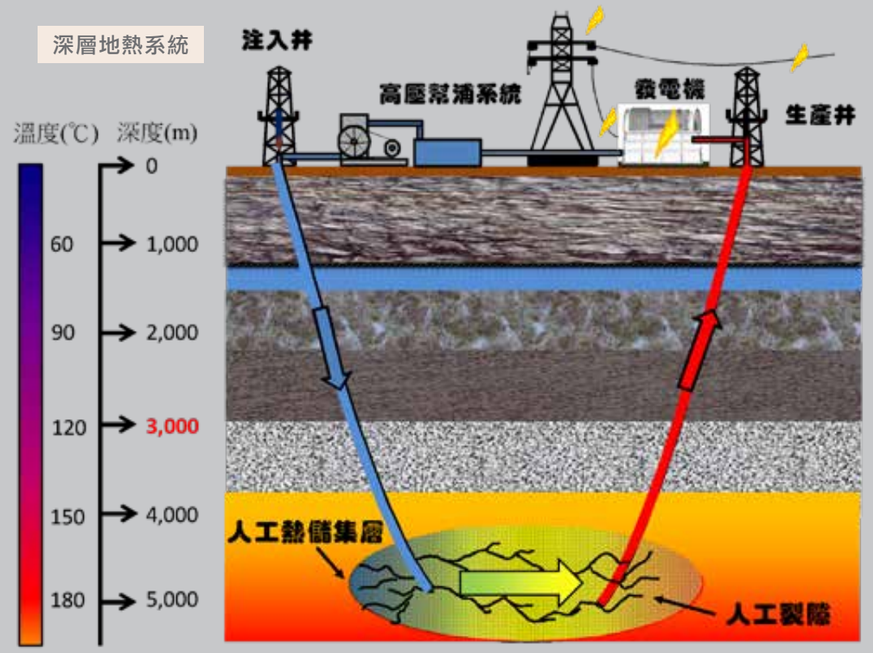
地熱可分為淺層地熱與深層地熱系統

■ 目前我國淺層地熱係以溫泉觀光為主，因觀光發展之附加價值大，故不宜大量開發進行發電，如大屯火山區之地熱開發僅能在國家公園外圍進行，且仍有高酸度地熱水造成高開發成本與土地變更使用等問題。

■ 深層地熱開發成本高、開發技術尚未成熟，目前國際間尚無具經濟規模之商轉電廠。

地熱系統發電示意圖





■ 國內外地熱發電發展現況

◎ 根據美國地熱能源協會 (Geothermal Energy Association) 最新統計，全球地熱裝置容量以每年 4~5% 的速度穩定成長，2013 年共計增加 530MW，使全球地熱發電裝置容量到達 12,013MW。

◎ 全球至 2013 年止以美國、菲律賓、印尼、墨西哥與義大利為地熱發電前五大的國家，其中美國裝置容量達 3,442MW，約占全球總裝置量的四分之一。

◎ 各國持續積極發展地熱發電，目前共計約有 700 項地熱發電計畫正在 76 個國家進行中。

◎ 臺灣位處環太平洋火山帶，國內共有百餘處溫泉與地熱徵兆，具地熱發電開發潛能。

◎ 我國積極進行地熱開發驗證計畫，目前能源局委託工業技術研究院於宜蘭清水地熱區進行地熱發電潛能評估、地熱井新增及修復、地熱儲集層生產管理技術研發，以及發電技術與電廠設置的整體開發規劃，亦於清水地熱區建立國人自主開發之「清水地熱 50kW 地熱增強型雙循環發電示範系統」，已可穩定供應清水地熱公園全區用電。

Q 如果我們積極發展地熱等其他再生能源，是不是就不需要核四？

A 我國淺層地熱發電推估可開發量僅約 15 萬瓩，只有核四廠總容量 5.6%；深層地熱發電與海洋能發展技術尚未成熟，國際間也還沒有商轉機組。生質能部分，僅有都市垃圾焚化廠、少部分事業廢棄物及沼氣等發電運用，而國內生質柴油主要做為運輸工具的燃料，因此這些再生能源都無法取代核四。

■ 我國地熱發電之規劃與挑戰

◎ 初步評估淺層傳統地熱發電約 73 萬瓩，進一步扣除國家公園及地質敏感地區等限制開發區域後，實際可開發量約 15 萬瓩 (預計 114 年達成，年發電量達 10 億度，占當年度電力系統總發電量 0.37%)，另深層地熱部分，學理推估其潛能可達 3,100 萬瓩，惟此部分屬於前瞻技術，先進國家至今雖已投入研發近 40 年，迄今仍無商業運轉規模之電廠。惟至 119 年假設有 5 萬瓩商轉機會，則地熱總發電量可達 13 億度 (占當年度電力系統總發電量 0.45%)。

◎ 現階段地熱設置成本高於一般再生能源，業者投資風險大，且國際深層地熱技術尚未成熟。

◎ 推動策略採「優先開發淺層地熱區域及關鍵技術」及「長期發展深層地熱發電技術」方向進行。

3、沼氣發電

■ 沼氣 (Biogas) 是透過有機廢物的厭氧分解或發酵作用而產生，屬於一種廢棄物能源，主要成分包括甲烷 (50 ～ 65%)、二氧化碳 (30 ～ 45%)、水氣、少量硫化氫及微量氣體等，根據廢棄物來源不同而有不同的組成比例。

■ 當甲烷純度越高，則其熱值越接近天然氣，一般沼氣熱值約在 5,000~6,000 kcal/m^3。

■ 沼氣發電即是利用燃燒儲存於動植物或動物排泄物的化學能源，釋放出熱能，推動發電機以產生電力。

■ 由於沼氣中可燃成分單純，燃燒條件容易控制，可有效完全燃燒，因此排放污染較低，符合潔淨能源之要求。

■ 產生沼氣的廢棄物主要來自農牧業、垃圾掩埋場、生活廢水、工業廢水等有機物質。

■ 這些沼氣若未予以善加利用，不但浪費資源，更將使得溫室效應日趨惡化，因此利用上述沼氣直接燃燒產生熱水、蒸汽、乾燥等用途，或作為引擎燃料並帶動發電機產生電力。

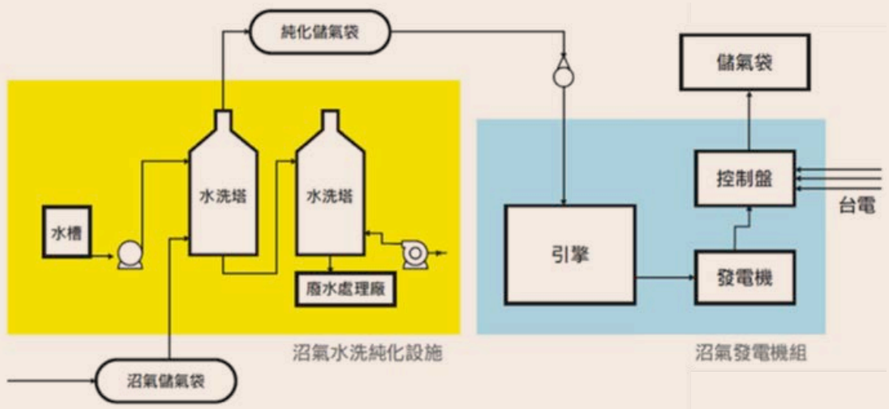
■ 沼氣發電原理

◎ 在沼氣產生後，會先經由純化前處理去除硫化氫等腐蝕性氣體，再導入沼氣引擎發電機產生電力。沼氣純化的目的主要在將硫化氫濃度降至 350ppm 以下，以保護管線與後端設備不被侵蝕。

◎ 目前主要的純化方式為生物脫硫與水洗法。純化後的沼氣導入引擎燃燒，將化學能轉換為機械能，帶動發電機產生電力，再藉由控制盤輸出電力供給使用。目前國內常見沼氣發電機主要兩種，一為燃氣引擎發電機 (Gas Engine Generator)，另一為微型氣渦輪發電機 (Micro Turbine Generator)。

◎ 在大規模沼氣發電場所，可以利用併聯控制盤將輸出電力與市電併聯，將產生電能賣給電力公司。發電機產生之廢熱，則可用來保溫厭氧發酵反應槽或進行廢水污泥乾燥。

以水洗塔純化設施為例之沼氣發電程序 (能源期刊 2013 年 8 月)



■ 國內外發展現況

◎ 因應生質沼氣在對抗氣候變遷的重要性，國際能源總署成立沼氣能源工作小組，目的在於集結各成員國技術發展與研究的能力及推動經驗，提供相關技術指引與施行案例分享。

◎ 目前 14 個工作小組成員國中，以德國的生質沼氣發電量最高，2012 年德國約 9,000 座生質沼氣場共發電 40 TWh，其次為英國的 10TWh，其他國家則約介於 0.5~2 .0TWh 之間。

◎ 在沼氣利用方面，歐洲國家與中國大陸仍以發電利用為主，且多數採用汽電共生方式，能源使用效率高。

◎ 沼氣收集、純化處理與發電過程中仍有溫室氣體逸散與排放等問題。為此，國際能源總署的沼氣發電工作小組正積極投入相關研究工作，期能持續改善各階段技術並降低整體發電成本。

◎ 我國因地處亞熱帶，對於供熱需求不高，畜殖場分散且周遭多無使用蒸汽、熱水之其他工業，因此沼氣直接燃燒供熱的利用比率相對低，大部分以發電利用。而發電利用產生之大量餘熱（約占消耗沼氣熱值之 50% 以上）也未能妥為利用。

◎ 我國沼氣發電應用主要為垃圾掩埋場、畜牧業廢水與少量工業 / 食品廢水，除垃圾掩埋場之外，其他沼氣來源分散且並非以產生沼氣為主要目的，因此規模小，產氣率相對差，目前總發電裝置容量 19.05 MW。

◎ 經濟部能源局自 102 年起，展開四年「沼氣發電系統推廣計畫」，攜手各縣市政府推廣沼氣發電系統，核定各縣市每年申請 1 案計畫補助，102 年通過彰化縣漢寶畜牧場與屏東縣麟洛鄉中央畜牧場兩案，合計補助沼氣發電機組裝置容量 390 kW，預估每年發電可達 252 萬度以上，二氧化碳減量每年約 1,350 公噸。

■ 我國推動沼氣發電之規劃與挑戰

◎ 為提高沼氣發電設置意願，經濟部於「再生能源發展條例」中訂定生質能沼氣發電躉購費率，其中具厭氣消化設備之生質能沼氣發電躉購費率已於 103 年起提升至 3.2511 元 / 度，較 102 年度之 2.8014 元 / 度大幅增加 16%。

◎ 未來政府將持續鼓勵妥善利用現有農牧廢棄物、廢 (污) 水處理廠產出之沼氣，預計 2030 年完成開發沼氣發電總裝置容量達 26MW 以上。

◎ 我國沼氣發電現階段最大問題，主要為沼氣來源分散、不穩定，且配合環保規定，業者需有一定程度廢水處理與沼氣發電設備之運轉維修技術，故在初期設備成本高、發電量小的情況下，相對不符合經濟效益。未來可進行熱電整合應用，以提升整體能源利用效率。

4、海洋能發電

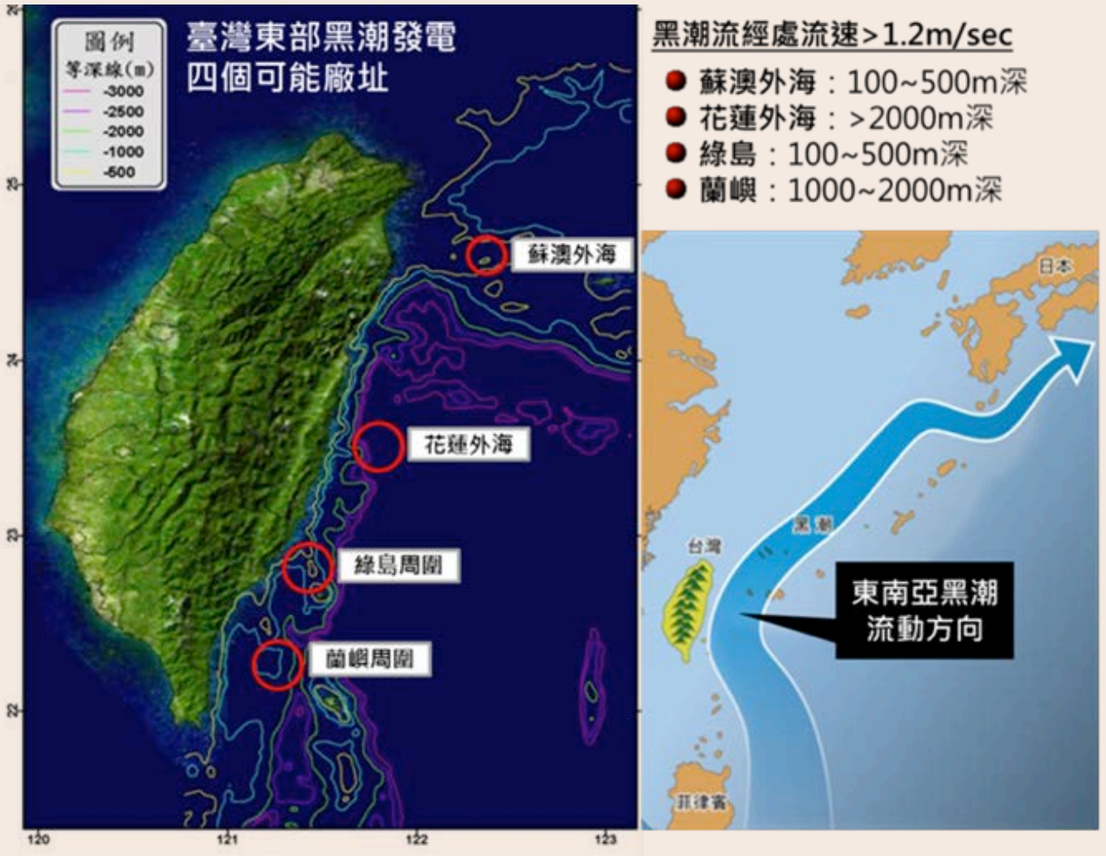
■ 黑潮發電背景說明與潛能評估

◎ 海流發電 (Marine Current) 係利用海洋中的洋流，推動水輪機再轉換成電能 (擷取能源方式類似風力發電)。

◎ 臺灣地區可供開發海流發電應用之海流，以黑潮流經處為佳，黑潮起源於太平洋北赤道流，為太平洋西方邊界強流。在亞洲地區黑潮沿菲律賓東岸向北流，經過呂宋海峽後，繼續沿臺灣東岸北上流往日本。

◎ 黑潮流經臺灣週邊，海流速度及流量大。透過研究模擬推估，臺灣黑潮高潛能區位於宜蘭海脊海域與臺東綠島海域，最大年平均流速 1.53 m/sec 出現在宜蘭海脊淺處。在蘇澳外海、花蓮外海、綠島及蘭嶼平均流速在 1.2m/sec 以上，若以此四個廠址進行評估，初步估計具有 4GW 的可開發容量。

臺灣東部黑潮發電四個可能廠址與黑潮流動方向



資料來源：工業技術研究院；國立海洋生物博物館

■ 黑潮開發建議與發展規劃

◎ 國際上英國、美國、加拿大、義大利、瑞典、中國與韓國已相繼投入海流發電之研究，首座海流發電廠是由英國 MCT 公司採用 1.2MW 的 SeaGen 建置，並於 2008 年 7 月正式於海上運轉測試，目前正進行 2MW SeaGen-S 研發與測試。

◎ 海流發電發展至今，已有多種型式，適合不同的水深以及海流特性，惟目前國際上尚無成熟可商業化機組。

◎ 臺灣東部海域黑潮之數值模擬及調查已完成高潛能區之判識，由於黑潮電廠開發均在水深大於 300 米之海域，投資成本過高，導致經濟誘因不足。

◎ 我國科技部能源國家型科技計畫，刻正推動研究開發黑潮發電，如技術能有突破，且依現有之調查資料評估確具有開發之經濟價值時，再考量做進一步潛能調查，以進行電廠開發。

◎ 海洋能於發展規劃上，將由「概念驗證階段」發展至「中小型系統開發階段」，再發展至「大型系統開發階段」，最後進展到「商業化電廠階段」，期能進行大規模開發我國海洋能。

◎ 海流 (黑潮) 發電開發則將建立海流發電共通技術，先行開發高潛能區之潮流發電 (如富貴角海域)，由淺海而深海，再逐步發展困難度高之黑潮發電。

■ 我國海洋能發電之規劃與挑戰

◎ 我國海洋能源蘊藏豐富，初步評估，可開發潛能達 1,000 萬瓩，何時能達成潛能開發，需視技術發展情形。

◎ 現階段海洋能發電成本無法與傳統化石能源競爭，國際上仍以示範型電廠建置為主，尚無大規模商業開發。

◎ 透過分布調查、建立利用共通技術及研發抗颱耐震系統等推動策略，開發多元化海洋電力。

阿光告訴你

我國海洋發電之發展有其侷限，除颱風與海象外，尚有各種技術課題需克服

■ 波浪發電：需提高機組可用率與安全性，並降低發電成本。

■ 溫差發電：大型化機組需要佈放至少 2 公里長，及直徑大於 2 公尺之冷水管，工程施工不易。

■ 海流發電：臺灣黑潮場址大都位於坡度陡且水深大於 300 公尺處，開發之安全性與經濟性仍待克服。

5、氫燃料電池

■ 氫燃料電池主要是透過氫氣與空氣中的氧氣反應釋放電能，只要氫氣來源持續供給，就可以持續提供電力，是一種發電裝置。

■ 氫燃料電池在發電的過程中，會同時釋放熱能與水，其熱電共生特性是主要的應用優勢。

■ 氫燃料電池需要持續有氫氣供給方可發電，而氫氣並非大量蘊藏於自然界中，目前氫氣製造方式需要額外能源投入，例如將天然氣或水轉變為氫氣。

■ 目前氫燃料電池技術發展與應用

◎ 氫燃料電池目前應用發展方向主要為固定式發電設備，作為家庭用熱電共生系統以及備用電力，此外亦應用於車輛及 3C 產品之電力供給，國際間以日本推廣最為積極。

◎ 日本家用氫燃料電池設備主要為了滿足其熱電共生系統的需求，福島核災後，因大規模停電與預期供電不足的心理，家用氫燃料電池設備銷售量大增，但須搭配設備以天然氣產生氫氣，方能供應住宅或大樓的電力與熱水需求。

阿光告訴你

氫氣生產與供應是氫燃料電池的發展限制：

■ 水電解方法：若考量整體產氫與發電過程，水電解產氫方法電解效率約 80%，燃料電池發電效率約 40%，因此整體效率僅為 32%，亦即需花費 4.5 度電力，方可產生 1 立方米氫氣，再以此氫氣產電，只能產生 1.4 度電。搭配再生能源使用則屬儲能應用。

■ 天然氣重組方法：產氫過程中會伴隨二氧化碳的排放，適合以既有天然氣或瓦斯供應的地區使用。

■ 成本與供電能力挑戰

◎ 氫燃料電池目前價格仍高且耐久性須再提升，在日本積極推動下，氫燃料電池現階段價格仍難讓一般市場接受，各國也處於逐步研發推廣階段，尚無法作為立刻具經濟效益的替代能源技術。

◎ 目前日本家用氫燃料電池價格約為每台 200 萬日幣 (約新臺幣 60 萬元)，可供應最大電力約 750W，無法完全滿足一般家庭日常所需的電力 (例如一般家庭夏日基本電器僅冷氣使用就需約 2000W)，仍需自電網購買不足之電力。

◎ 車用方面，除需佈建加氫站與氫氣儲存裝置外，還需考慮高壓儲存裝置的安全性及氫燃料電池本身的抗震性，應用難度極高。

◎ 在 3C 產品應用上，現有鋰電池體積優勢很難超越。

4-4 減碳問題，有解嗎？

日本福島核災後，政府全面檢討再生能源發展，加速開發再生能源潛能及擴大各類再生能源推廣目標，規劃 114 年裝置容量達 9.9GW，預估發電量約 244 億度電，積極拓展能源自主，雖然再生能源發電過程不排碳，但受到天然環境、土地使用、發電成本、間歇供電等多項因素影響，短、中期尚難以作為基載電源，智慧電網及碳捕捉封存在技術上也受到挑戰，核能發電似乎是減碳問題的最佳解套。

1、因應氣候變遷—多數國家認為「減碳」重於「廢核」

■ 減碳是全球趨勢

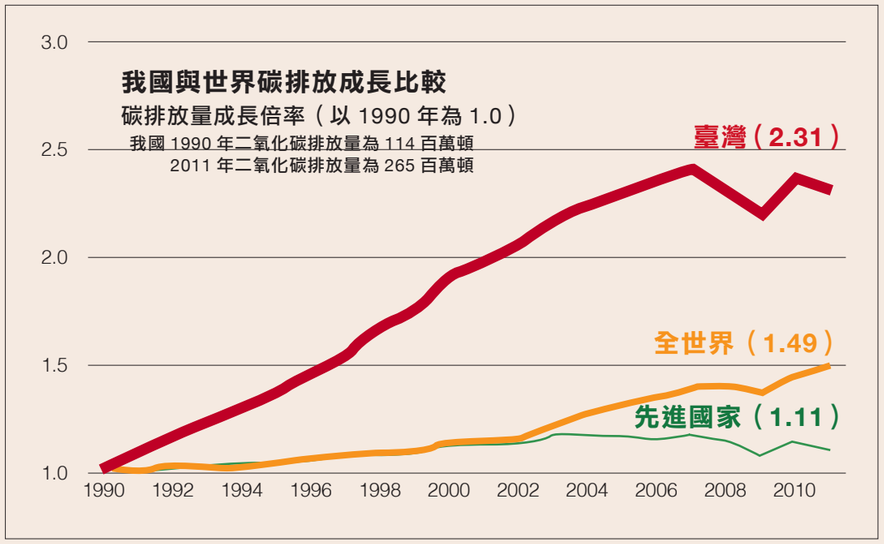
◎ 近年全球氣候變遷劇烈，旱澇交替、酷熱急凍等極端氣候造成的環境衝擊年年可見，根據全球氣候與健康聯盟報告指出，每年因氣候變遷死亡人數估計 40 萬人以上。

◎ 近期國際發生多起極端氣候對電力供需設施影響的案例，如美國暴風雪造成煤炭與天然氣管線結凍、中國大陸與菲律賓遭受颱風侵襲致風力發電與地熱設施的損壞、紐西蘭與韓國在乾旱與酷暑下造成的水力發電廠關閉與用電需求激增。

◎ 透過節約能源、多元的能源使用，進行溫室氣體減排，同時考量氣候風險預留合理的備用容量率，將可有效降低氣候變遷對我國能源系統的衝擊。

◎ 觀察世界各國能源及電力供應的理性決策，均將氣候變遷及節能減碳列為最重要的政策前提，因此多數國家都未輕言放棄發電過程潔淨、穩定能源特性的核能發電。

我國碳排放成長率遠超過世界平均值



資料來源：IEA CO_2 Emissions From Fuel Combustion Highlights, 2013

各國致力於推動減碳策略

國家	減碳策略
英國	■ 視減碳為能源政策首要目標，制定具約束力的國家減量目標，2050 年前將較 1990 年減量 80%，未來將以再生能源與核能並重而且導入碳捕捉與封存技術 (CCS)，邁向多元低碳能源發展。
美國	■ 能源政策法，主張核能是確保能源自主與減碳的重要一環，目標 2020 年與 2050 年將分別較 1990 年減量 17% 與 83%。 ■ 歐巴馬政府 2013 年公布對抗氣候變遷計畫，將減少碳排放作為重要能源政策，並將核能作為低碳能源選項之一。
日本	■ 哥本哈根協議後，日本訂定二氧化碳減量目標為 2020 年較 1990 年減量 25%，但在福島核災後，因大量燃氣替代核電導致二氧化碳排放增加，日本政府不得不重新調整減碳目標為 2020 年較 1990 年增加 3.1%。
南韓	■ 2014 年發布溫室氣體減量路線圖，將透過節約能源、再生能源以及核能的使用，規劃至 2020 年將可減少 2.33 億噸二氧化碳排放。
德國	■ 為減碳廢核，推動能源轉型，訂定 2020 年較 1990 年減少 40% 減碳目標及 35% 以上的電力消費來自可再生能源。惟自 2000 年「可再生能源法」通過至 2013 年，民生及工業用電已分別成長超過 1.0 倍及 1.3 倍。

阿光告訴你

臺灣「節能減碳」需求面策略

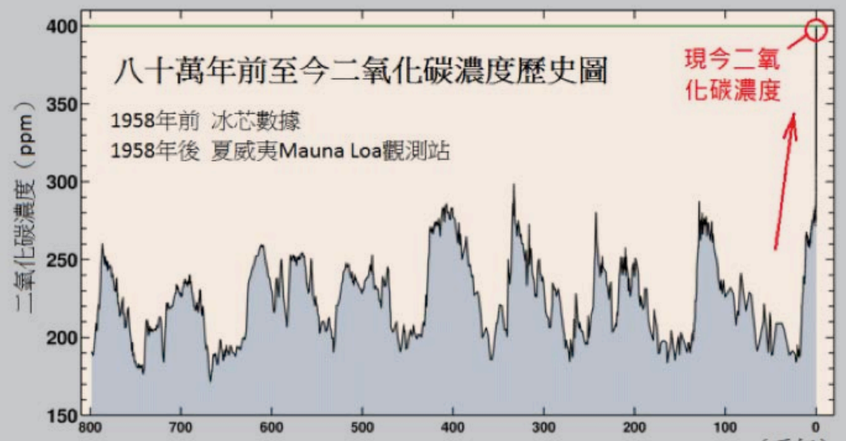
■ 97 年開始，政府設定每年能源密集度下降 2% 以上（即每單位 GDP 產出能源使用），規劃以知識與創新驅動經濟成長動力，發展低耗能新興產業及加速既有產業結構轉型。

■ 加速能資源技術系統整合應用及示範推廣，並積極強化節能減碳配套措施、倡導節能減碳新生活。

■ 推動智慧便捷之節能減碳生活環境，如：建構智慧便捷交通網絡、普及綠建築、布建節能與綠能發展基礎建設，打造低碳社區與低碳城市，並完善有助於節能減碳之市場機能及法制基礎，促使外部成本內部化，奠定減碳能力基石。

阿光告訴你

2013 年地球大氣中的二氧化碳（CO_2）濃度曾一度超過 400ppm（每單位體積含有 0.04%CO_2）。目前 CO_2 的濃度比工業化之前的 280 ppm 濃度高得多，人為因素是導致 CO_2 濃度急劇上升的主要原因，若無更積極之作為，大氣 CO_2 濃度將持續增加。

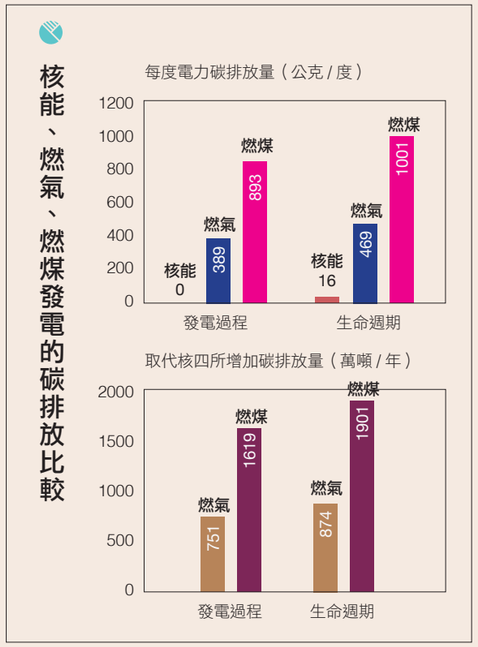


■ 核能是減碳的一種能源選項

◎ 聯合國跨政府間氣候變遷小組 (IPCC) 報告清楚表示，核能發電的生命週期溫室氣體排放低，是極具效率的溫室氣體 CO_2 減排選項工具；而世界先進國家如美國與英國，都將核電作為達成減碳目標的重要工具之一。

◎ 四位氣候學家聯合建言 (Ken Caldeira, James Hansen, Kerry Emanuel, Tom Wigley, 2013.11.3)：「再生能源發展速度不夠快，採用風力與太陽能不足以避免全球暖化帶來的災難，各國領袖與環保人士應支持研發更安全的核能系統，以降低使用化石燃料造成的污染。」

◎ 若核四不商轉，目前技術上最可能取代的電力是燃氣及燃煤機組，但是每年會增加 751 萬噸到 1,619 萬噸的碳排放。



2、各類能源使用影響氣候變遷

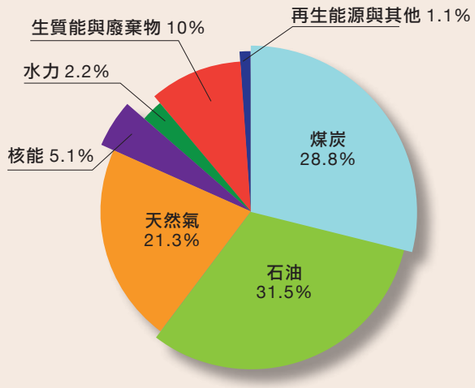
■ 全球能源供給與溫室氣體排放

◎ 根據國際能源總署 (International Energy Agency, IEA) 估計，2012 年全球能源

供給為 13,113 百萬公秉油當量，其中石油占 31.5%，其次煤炭占 28.8%、天然氣占 21.3%、再生能源占 13.3%，核能占 5.1%。

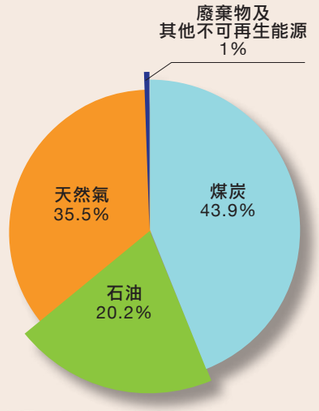
◎ 因能源使用之燃燒所排放二氧化碳總排放量為 31,342 百萬公頓，各類能源燃燒使用所產生的二氧化碳排放主要來自煤炭占 43.9%，其次為天然氣占 35.5%、石油占 20.2%，其他包括廢棄物及再生能源僅占 0.5%。

2012 年全球初級能源供給



資料來源：IEA(2014), Energy Balances of NON-OECD Countries

2012 年全球溫室氣體排放

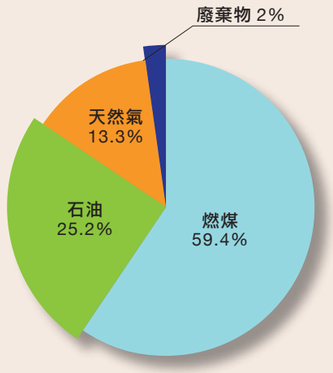


資料來源：IEA(2014), CO2 Emissions From Fuel Combustion Highlights

■ 臺灣能源供給與溫室氣體排放

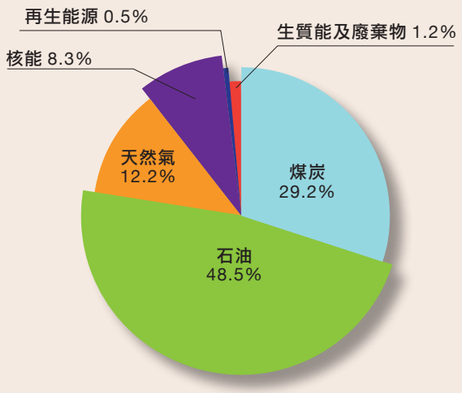
◎ 根據我國 103 年能源統計資料顯示，能源總供給為 147.5 百萬公秉油當量，其中石油占 48.5%，其次為煤炭占 29.2%、天然氣占 12.2%、其他包含生質能與廢氣物及再生能源占 10.1%。而 102 年因能源使用之燃燒所排放二氧化碳總量為 254.9 百萬公噸，來自於煤炭占 59.4%，其次為石油占 25.2%、天然氣占 13.3%，其他廢棄物則占 2.0%。

102 年我國溫室氣體排放



資料來源：經濟部能源局

103 年我國能源供給



資料來源：經濟部能源局

3、聯合國對各類能源減碳立場

發電類型	每度電力碳排放量（公克 / 度）		取代核四 * 所增加碳排放量（噸 / 年）	
	發電過程直接排放	生命週期 ** 碳排放量	發電過程直接排放	生命週期 ** 碳排放量
核能	0	16	-	-
燃氣	389	469	751 萬	874 萬
燃煤	839	1,001	1,619 萬	1,901 萬

* 核四廠每年可穩定發電 193 億度
** 資料來源：IPCC, Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation, 2011. 取中值 (50th percentile) 代表。生命週期評估為「對產品系統自原物料的取得到最終處置的生命週期中，投入和產出及潛在環境衝擊之彙整與評估」。

■ 以生命週期 (LCA) 來看，核能及再生能源為低碳能源：依據聯合國政府間氣候變化專門委員會 (IPCC) 以生命週期方式計算各種發電方式之 CO2 排放係數 (單位 : 克 CO2 當量 / 度)，其中以燃煤最高為 1,001、其次為燃油 840、燃氣 469，再生能源中風力發電為 12、太陽光電為 46，核能發電則為 16。

■ 聯合國氣候變遷委員會將核電視為成熟的低碳基載電力：根據聯合國政府間氣候變遷委員會 (Intergovernmental Panel on Climate Change，IPCC) 於 2011 年出版的「針對再生能源與氣候變遷調適特別報告」中評估各種發電所產生的溫室氣體量，核能遠低於傳統化石能源，甚至比太陽光電還低，因此該報告將傳統燃煤、燃油電廠改為核能發電視為減緩的策略選項之一。IPCC 於 2014 年出版之第五次評估報告 (IPCC AR5) 中指出核能是成熟的低碳排放基載電力來源。

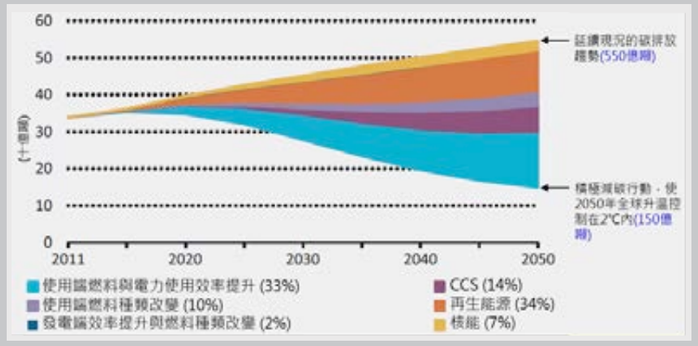
■ 核能發電屬低碳能源，但不列入「清潔發展機制」下減量方法：聯合國「京都議定書」下「清潔發展機制」(CDM) 係由已開發國家提供資金或技術，協助開發中或未開發國家執行減量計畫。核能發電因不屬於「清潔發展機制」下認定之方法，僅表示已開發國家無法藉由提供他國核能發電技術或資金而取得碳權，惟不表示運用核電技術的國家不能減少碳排放量。

4、未來各節能減碳關鍵技術之國際展望

■ IEA 全球各類能源發電結構，2011 年化石能源是占比最高 68%，再生能源（含水力）占比 19%、核能占比 13%。其中發電過程無碳排放之再生能源及核能對碳排放已有貢獻。依據 IEA(2014) 能源技術展望指出，若以 2011 年基期，至 2050 年時，新增減量中各類技術貢獻分別為能源使用端效率提升貢獻 33%，碳捕獲與封存 14%，能源使用端燃料轉換 10%，再生能源可貢獻 34%，發電效率與燃料轉換 2%，核能發電 7%。

阿光告訴你

全球各技術措施未來減碳貢獻比例

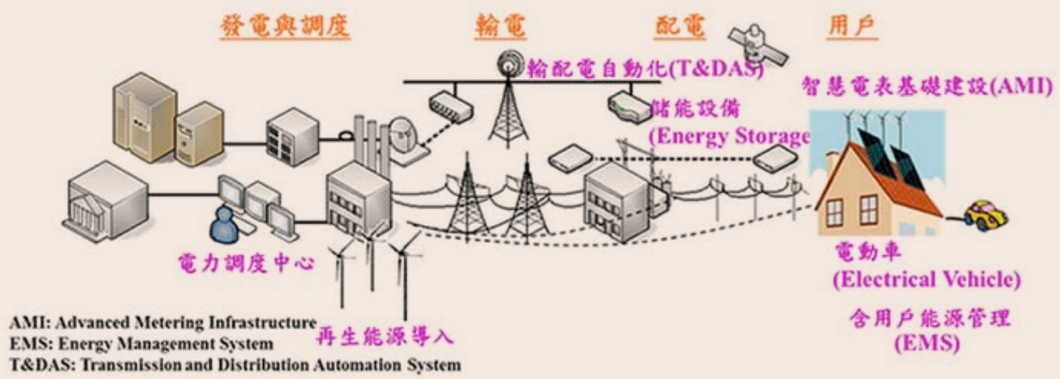


資料來源：IEA, Energy Technology Perspectives 2014

5、智慧電網建置的挑戰 (Smart Grid)

■ 電力網路為一包含發電、輸電、配電及終端用戶的複雜系統，智慧電網則是透過資訊、通信與自動化科技，建置具智慧化的整合性電力網路，強調自動化、安全及用戶端與供應端密切配合，利用先進的感測器、測量技術及雙向通訊控制等技術，以提升電力系統運轉效率、供電品質及電網可靠度，並可對其中資訊加以整合分析，以達到電力資源的最佳配置。

智慧電網整體架構



圖片來源：智慧電網教育宣導與人才培育計畫網站

Q 智慧電網與傳統電網最大的不同？

A 在於系統「雙向溝通」的能力，讓供電量與耗電量資訊數位化與可視化，不僅電力公司可以完整且遠端掌握用戶的用電情形，便於實施時間電價、尖峰用電即時管理、快速偵測停電故障元件等措施，用戶也可掌握自身用電與電價等資訊，進而改變用電行為，節省電費。對整體電網系統而言，智慧電網可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。

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

◎ 基礎建設是智慧電網建置的首要步驟，以智慧型電表來量測、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。

◎ 近年各國積極投入研發與投資，美國自總統歐巴馬於 2009 年宣布將智慧電網納入「經濟復甦與再投資法案」以來，截至 2013 年底公私部門共已投資近 70 億美元於相關設備，且全國共計已裝設超過 4,600 萬台智慧電表，建置率達 30% 以上。而包括中國、歐盟、日本、韓國、英國等亦紛紛推動國家智慧電網發展規劃與實證試行計畫。

◎ 我國於 99 年即開始推動 AMI，首先推動高壓用戶，再啟動低壓用戶之 AMI 布建，已於 102 年完成全數 (2.4 萬戶) 高壓 AMI 及 1 萬戶低壓 AMI 建置，將評估低壓 AMI 效益，以逐步擴大建置。

■ 智慧電網的效益

相較於傳統電網，智慧電網的高度自動化特性可對電力系統產生許多實質效益

◎ 提高全國電力供給效率：智慧電網的即時用電資訊，可協助推動以時間為基礎的電價方案，誘導用戶轉移用電時段，縮小尖峰與離峰負載量的差距，降低電力公司尖峰負載量。

◎ 減少全國停電時間：智慧電網可提升供電穩定度，預計可降低每年每戶的停電時間，預計 119 年可較 100 年減少 5.5 分鐘。

◎ 促進我國節能減碳：電力使用效率提升之節電效果，預計 119 年可降低 114.71 百萬噸溫室氣體排放。

◎ 增進用戶電力使用效率：藉由智慧電表瞭解用戶之用電特性，再從中設計合適的電能管理措施，例如改善或汰換效率特別低的負載，以減少用戶電力浪費，增加電力使用效率。

■ 我國推動智慧電網的挑戰

◎ 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，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。

◎ 我國在智慧電網規劃上，將採取滾動式管理，由小規模佈建計畫配合時間電價及負載管理等配套措施，確實評估成本效益，方能作為是否擴大推動 AMI 佈建之依據，發揮其整體節能減碳效益。

6、碳捕捉與封存技術的挑戰

■ 碳捕捉與封存 (Carbon Capture and Storage, CCS) 是國際間重要的減碳工具之一，可以協助將大型排放源如火力發電、水泥、鋼鐵、化材業與油氣開採等產生的二氧化碳分離，經過壓縮之後透過運送設施送到適當地點進行封存，避免二氧化碳排放到大氣中造成溫室效應。

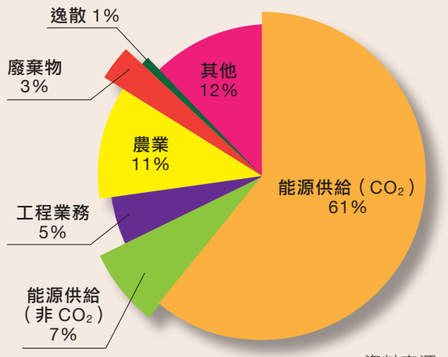
■ 二氧化碳封存方式主要分為地質封存、海洋封存與礦化封存，我國現階段以地質封存為主要研發對象。各種封存方式都必須謹慎評估場址環境，包括安全性限制、氣體洩漏問題以及造成的環境衝擊等。

■ CCS 為未來重要減碳工具

◎ 由於低碳能源技術與市場尚未成熟，國際間中、短期內對化石燃料的依賴仍舊持續增加的情況下，根據國際能源總署能源技術報告，以 2008 年而言，全球有 68% 溫室氣體來自能源供應，而 CCS 技術可以減少 90% 化石燃料電廠的碳排放，對溫室氣體減量有相當的貢獻。

◎ 根據國際能源總署預估，若是要將全球溫度上升控制在攝氏 2 度以內，則 CCS 技術的導入可以貢獻整體減碳量的 14%，相當於至 2025 年時，每年減碳貢獻達 226 百萬噸。

2008 年全球溫室氣體排放結構



資料來源：
IEA, Energy Technology Perspectives 2012.

■ 我國 CCS 已展開示範試驗計畫

◎ 自 95 年起，我國即開始投入 CCS 技術推動

◎ 經濟部並於 99 年成立「CCS 研發聯盟」，責成能源局整合中央地質調查所、台電、中油、中鋼與其他相關單位，投入 CCS 研發工作。

◎ 我國積極發展 CCS 技術與示範計畫，累積 CCS 操作經驗，於 102 年由工研院與台泥合作，完成先導型捕獲試驗場。

◎ 封存技術方面，CCS 研發聯盟預定於 104 年執行 1 萬噸碳排放封存示範點試行計畫。

■ CCS 現階段仍有諸多限制

◎ 碳捕捉與封存 (Carbon Capture and Storage, CCS) 是國際間重要的減碳工具之一，可協助將大型排放源如火力發電、水泥、鋼鐵、化材業與油氣開採等產生的二氧化碳分離，經過壓縮之後透過運送設施送到適當地點進行封存，避免二氧化碳排放到大氣中造成溫室效應。

◎ 我國自 2006 年起即開始投入 CCS 技術推動與示範計畫，然現階段研發仍面臨大型機組技術效率限制，以及成本效益過低等問題，且捕捉後 CO_2 封存廠址亦需考量地震等安全性限制、氣體洩漏問題，以及造成的環境衝擊。

◎ 近年來各國的 CCS 發展進度有落後現象，歐盟於 2007 年時提出於 2020 年建有 12 座 CCS 廠的目標，目前已降低為 5 座，美國 CCS 廠則需透過政府大量補助方能進行商轉，顯示 CCS 技術尚不具備經濟可行性。

PART 5

看看別國怎麼做

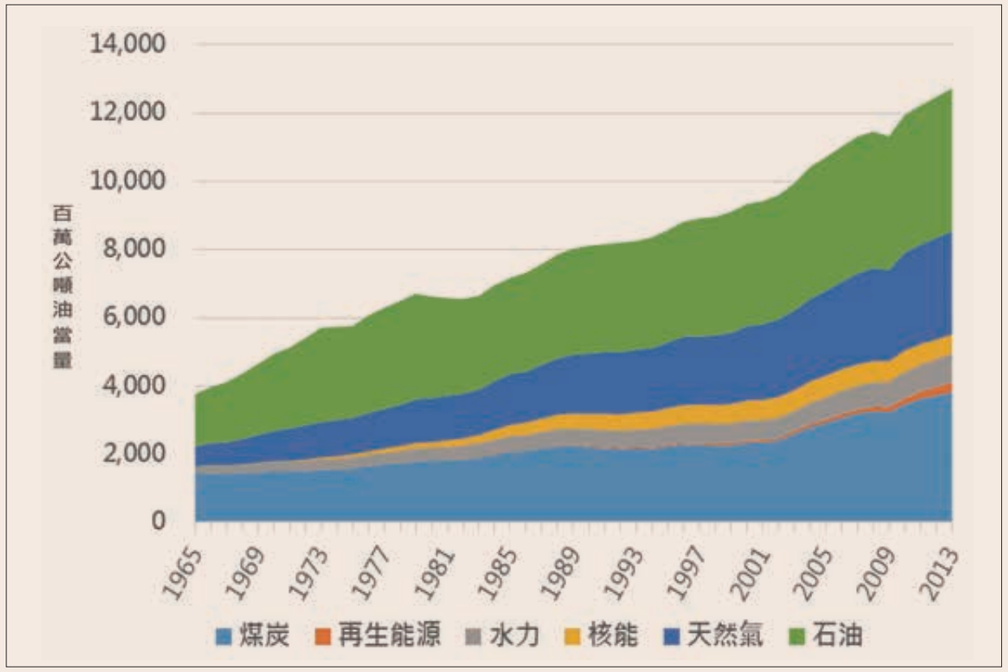
日本福島 311 事件後
核電問題引起世人的關注
可替代性的發電選擇在理性與感性間徘徊
反核之聲沸揚
畢竟攸關人民福祉，未雨綢繆是必須
部分核電發展較早國家
如美國、法國、瑞士、比利時、西班牙及韓國等
卻陸續將屆齡核電廠之延役，列為未來電力供應的選項
日本也因嚴重缺電的殘酷事實重啟核能發電
對於我國面臨核四通過安檢後封存
日後是否運轉交由公投決定的未知數
不妨先看看其他國家的選擇與做法

5-1 全球能源發展趨勢

各國將在確保不限電、維持合理能源價格及達成國際減碳承諾三原則下，積極實踐各項節能減碳與穩定電力供應措施，全力推動再生能源發展、擴大天然氣合理使用，並佐以燃煤使用為原則，打造綠能低碳環境，而無碳排放的核能發電也自然是必須的選擇。

1、全球能源消費現況

- 依據英國石油公司 (Birtish Petroleum, BP)2014 年公布的能源統計報告，全球 2013 年能源消費量合計為 12,730 百萬噸油當量 (其中臺灣能源消費量為 111 百萬噸油當量，約占全球的 0.87%)。
- 相較於 2012 年成長約 2.3%，近 10 年 (2002-2013 年) 全球能源消費年均成長率約為 2.5%。
- 2013 年全球能源消費結構中，以石油占比為最高，達全球能源消費量 32.9%，其次依序為煤炭 (30.1%)、天然氣 (23.7%)、水力 (6.7%)、核能 (4.4%) 以及再生能源 (2.2%)。
- 其中，石油消費占比已連續 14 年呈下降趨勢。

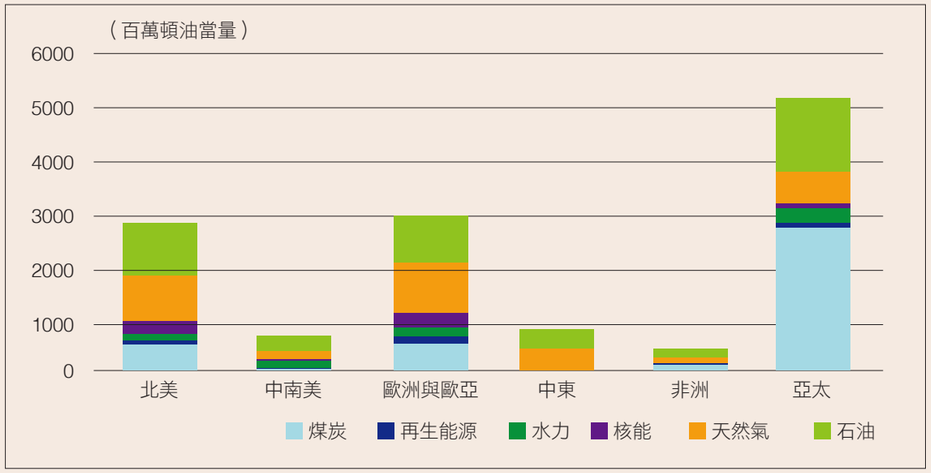


資料來源：BP Statistical Review of World Energy, British Petroleum (2014)

2、以區域化分能源消費量與使用種類

- 從區域別檢視全球能源消費量，以亞太地區占全球能源消費量為最大宗，達到 40.5%，其次為歐洲與歐亞大陸地區為 23.0%，北美地區於全球能源消費占比則為 21.9%，其餘地區為 14.6%。
- 依國別檢視全球能源消費量，2013 年中國大陸已超越美國，成為全球最大的能源消費國，能源消費占比達全球的 22.4%，其次為美國，能源消費占全球的 17.8%，俄羅斯則排名第三，達全球能源消費之 5.5%。
- 由於各地區生活形態與能源生產之差異，2013 年全球各地區能源消費結構有顯著差異，其中亞太地區能源消費種類以煤炭使用為最大宗，歐洲與歐亞地區則以天然氣為主要能源，中東地區則以石油與天然氣為核心能源，其餘地區包含北美、中南美及非洲皆以石油為主要能源供給。

2012 年全球區域別能源消費



資料來源：BP Statistical Review of World Energy,British Petroleum (2014).

3、全球未來能源供需展望

- 依據國際能源總署 (IEA)2013 年世界能源展望報告，預估全球能源需求至 2035 年將成長 1/3，其中以中國大陸、印度和中東地區成長最快。
- 未來 10 年中國大陸處於能源需求主導地位，但 2020 年後印度將取代中國大陸成為能源需求成長的引擎。
- 中國大陸與印度合計建造的新電廠占全球約 40%。在 OECD 國家，60% 的新電廠將用來替代除役的電廠。
- 中國大陸將是再生能源發電量增加最大的國家，超過歐盟、美國和日本增加的總和。
- 全球能源結構中，目前化石燃料占 82%，與 25 年前相同，到 2035 年再生能源強勁成長也僅降低化石燃料占比至 75%。

4、全球潔淨能源發展進程

■ 國際能源總署 (IEA) 於 2014 年能源技術展望報告 (Energy Technology Perspectives, 以下簡稱 ETP) 揭示全球潔淨能源發展進程，探討各類能源技術在邁向潔淨生產上，進度是否達成預期目標。綜觀各項技術，政府除以持續性政策支持之外，更需確保各項技術成本競爭力；故除了制定長期政策，亦需以財政落實以反映實際成本。

■ 全球電力部門現階段發展相對 ETP 2DS 情境[註]2025 年目標如下：

◎ 再生能源 (符合發展目標，但仍需持續的支持與發展)：水力發電、陸域風力與太陽光電發展迅速。離岸風力、生質電力、集中式太陽能發電 (CSP)、海洋能與地熱等技術則相對落後。

◎ 核能 (不符合發展目標)：至 2025 年裝置容量將可能低於 ETP 2DS 情境目標 5~25%。

◎ 燃氣 (改善中但需要更加努力)：再生能源快速發展與國際煤炭價格降低，將對燃氣發電成本帶來挑戰。

◎ 目前全球仍持續增加燃煤發電趨勢：與 ETP 2DS 情境相互矛盾，後續仍需加速發展碳捕獲與封存 (CCS) 技術。

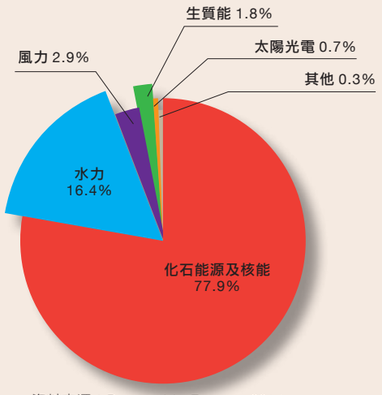
◎ 碳捕獲與封存 (不符合發展目標)：2020 年全球碳捕獲與封存量約達 50 MtCO2，未來十年 CCS 技術必須以加倍速度成長。

註：ETP 2DS 係指依據國際能源總署，推估未來在全球溫度上升不超過 2℃ 的假設，擬定未來全球各類能源與技術應發展之目標量，途徑包含提高能源效率、轉換為低碳燃料、增加再生能源發電、使用核能以及引進 CCS。

5、全球再生能源發展趨勢

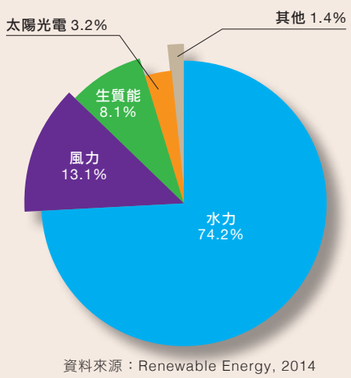
■ 全球再生能源概況

◎ 2013 年全球發電系統中，仍以化石能源與核電為主，占比達 77.9%，再生能源發電占比則達 22.1%。



資料來源：Renewable Energy, 2014

◎ 全球 2013 年再生能源發電中，以水力發電為最大宗，發電占比達 74.2%，其次依序為風力發電 (13.1%)、生質能 (8.1%) 及太陽光電占 (3.2%)。

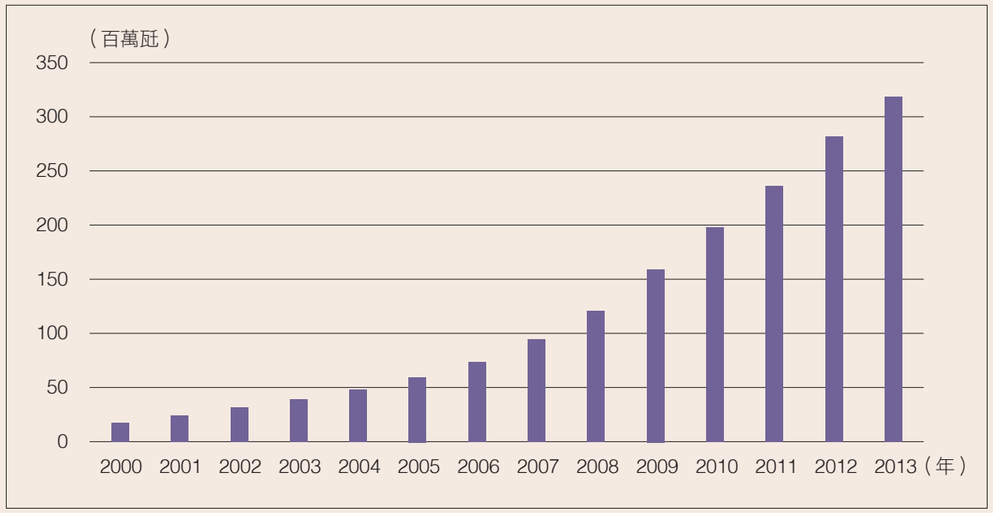


資料來源：Renewable Energy, 2014

■ 風力發電

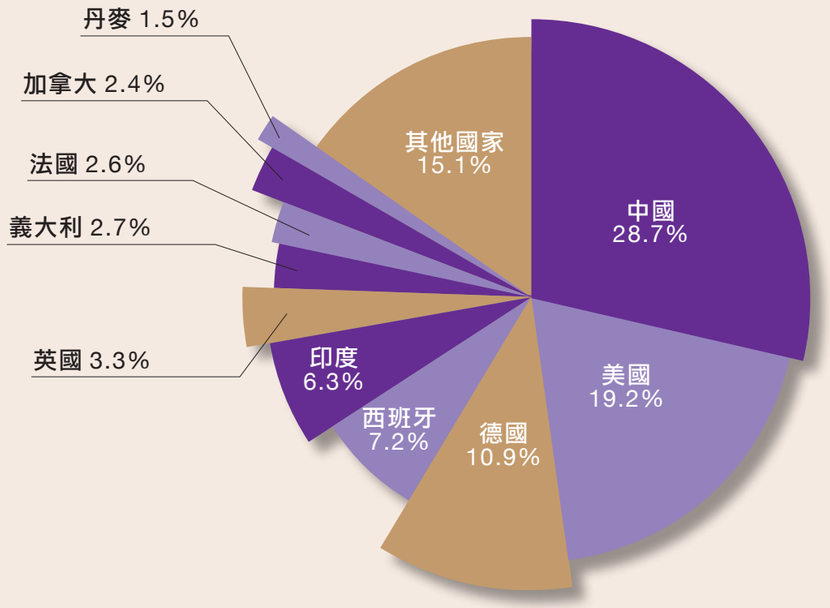
◎ 2013 年全球風力發電新增裝置量達 35GW，累積裝置容量達到 318GW，自 2008 年底，全球風力發電裝置量平均年新增率為 21.4%。

全球風力發電裝置容量變化趨勢



資料來源：REN21, Renewable 2014 Global Status Report, 2014

◎ 全球風力發電 2013 年以中國大陸裝置量為最多 91.4GW(占 28.7%)，其次為美國的 61.1 GW(占 19.2%)，德國則為第三大的國家，達 34.7GW(占 10.9%)。



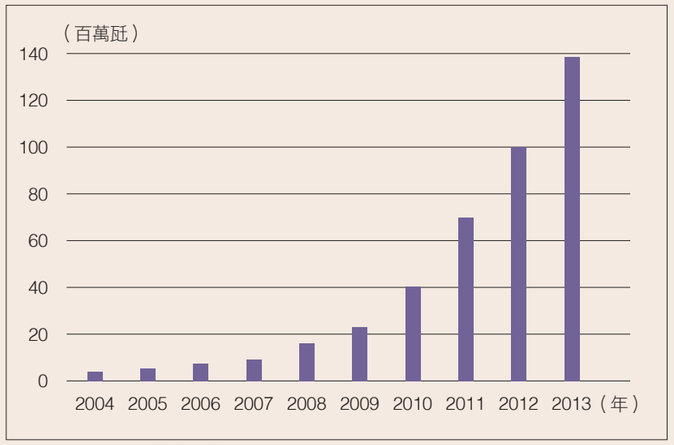
資料來源：REN21, Renewables 2014 Global Status Report, 2014

■ 太陽能發電

◎ 2013 年太陽光電裝置量新增比例已超越風力發電，太陽光電新增裝置量約 39GW，其中，中國占新增裝置量約三分之一，為全球之冠，其次為日本與美國。

◎ 太陽光電近五年持續快速增長，平均年成長率達到將近 55%，累積裝置量亦達到 139GW，其中一半的裝置量是近兩年裝置完成，而 98% 的裝置量是 2004 年後裝設。

全球太陽光電裝置容量變化趨勢

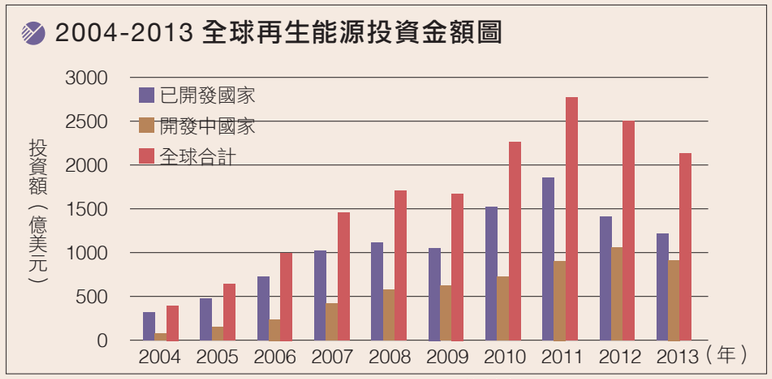


資料來源：REN21, Renewable 2014 Global Status Report, 2014

■ 再生能源投資與綠色就業

◎ 全球再生能源的投資在 2011 年達到高峰，之後有減緩的趨向，在 2013 年共約投資 2,140 億美元，其中已開發國家投資 1,220 億美元，開發中國家投資 930 億美元。

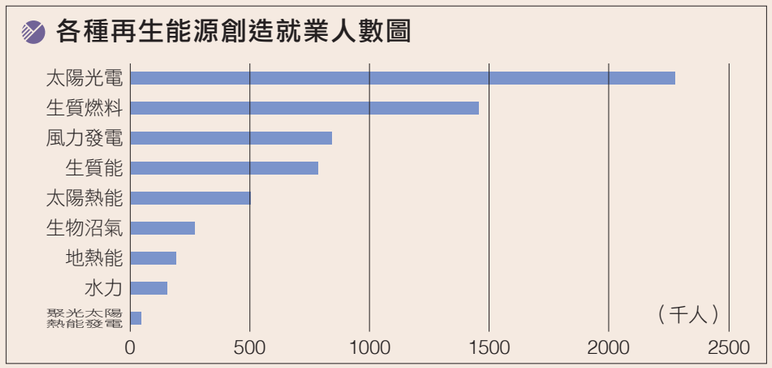
2004-2013 全球再生能源投資金額圖



資料來源：Renewable Energy 2014

◎ 透過再生能源的發展，目前全球約創造 650 萬個綠能就業。其中以太陽光電最高，創造約 227 萬人就業，其次為生質燃料，創造就業人數達 145 萬人，風力發電就業人口則約為 83 萬人。

各種再生能源創造就業人數圖



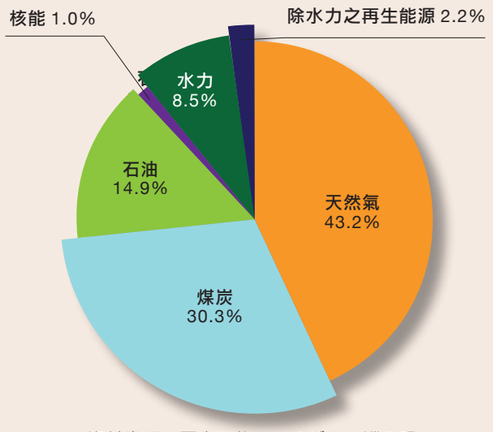
資料來源：Renewable Energy and Jobs, 2014

6、亞洲各國再生能源發展趨勢

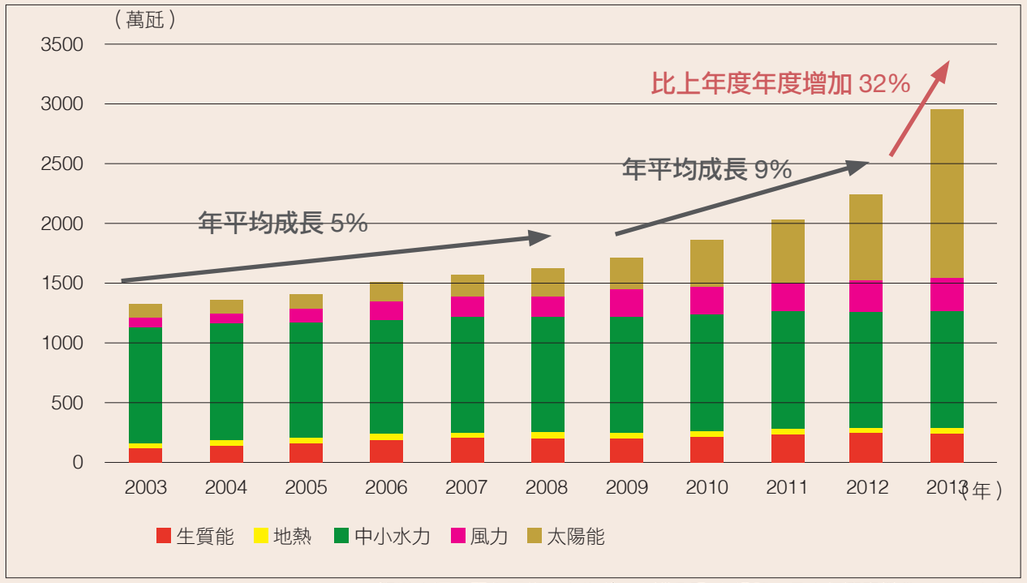
■ 日本

◎ 自 2009 年起，針對 500 瓩以下的太陽光電實施「剩餘電力購買制度」後，再生能源 (大水力除外) 設備容量之平均年成長率從 5% 提高至 9%。

◎ 自 2012 年 7 月起，實施「固定價格躉購制度」後，至 2014 年 3 月末再生能源設備導入量累計達 2,955 萬瓩，2012 年 4 月至 2013 年 3 月設備容量比前一年度大幅增加 32%。



資料來源：再生可能エネルギーを巡る現 と課題，日本經濟產業省，2014/6/17



資料來源：再生可能エネルギーを巡る現 と課題，日本經濟產業省，2014/6/17

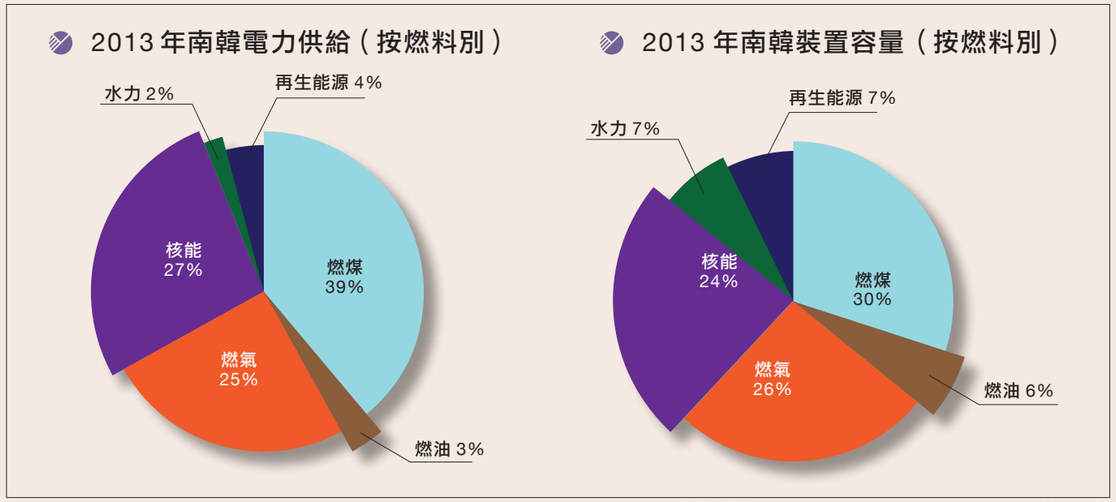
1.2013 年度的發電量中，再生能源 (含水力) 約占 10%。

2. 目標：再生能源發電 2020 年占 13.5%、2030 年占 20% 以上。

3. 除水力外之再生能源，2011 年度占 1.4%，在 2012 年 7 月導入固定價格躉購制度後，2013 年度占比提高至 2.2%。

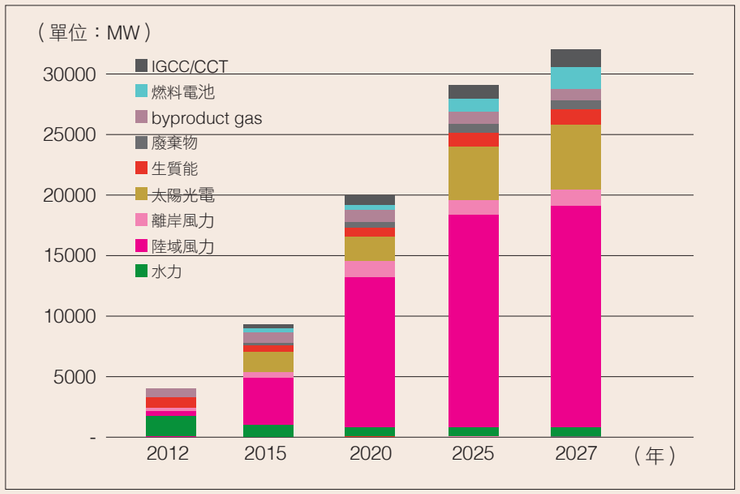
■ 南韓

◎ 截至 2013 年底，南韓整體再生能源占裝置容量約達 6 GW，占比 7%；發電量 23,738 百萬度，占比 4%。



資料來源：Electricity Market Statistic, KPX（2014）

◎ 南韓政府於 2013 年出版之「第六次長期電力供需基本計畫」，規劃至 2027 年再生能源裝置容量占比目標為 20%、發電量占比目標為 12%。根據此次計畫對於再生能源之政策目標，將於 2014 年公布的「第四次再生能源總體規劃發展計畫」，找出未來南韓綠能產業之市場潛力，並擴大發展再生能源，未來各類再生能源發展目標占比。



資料來源：第六次長期電力供需基本計畫，產業通商資源部 (2013)

◎ 依據 2014 年 1 月公布之「第二期國家型能源基本計畫」，明確將再生能源第一期計畫 (2008 年公布) 之目標，至 2035 年再生能源於最終能源消費占比仍為 11%。

> 太陽光電、太陽熱能、風力及地熱等再生能源占比，較第一期計畫增加，其中以太陽光電提升最多，達 10%。

> 廢棄物能、生質能、水力與海洋能目標占比皆下修，其中生質能占比大幅降低 13%。

「國家型能源基本計畫」再生能源最終能源消費占比

單位：%	太陽光電	太陽熱能	風力	地熱	廢棄物	生質能	水力	海洋能
第一期 (2008)	4	6	13	4	33	31	4	5
第二期 (2014)	14	8	18	9	29	18	3	1

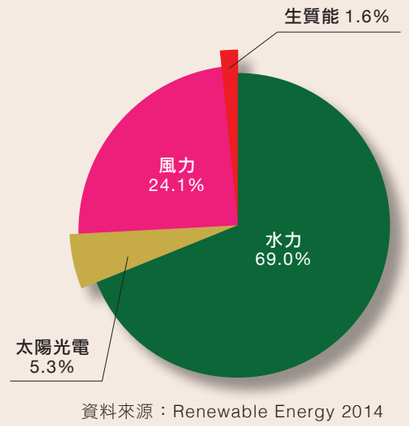
資料來源：第二期國家型能源基本計畫，產業通商資源部 (2014)

■ 中國大陸

◎ 依據 REN21 統計 (REN21, 2014)，2013 年中國大陸再生能源電力總裝置容量合計 378GW，其中水力達到 260GW(占 69.0%)、風力 91GW(占 24.1%)、太陽光電 19.9GW(占 5.3%)、生質能 6.2GW(占 1.6%)。

◎ 中國大陸再生能源近年來發展快速，2013 年其水力與風力累計裝置容量皆為全球首位，太陽能亦排名全球第二，落在德國 35.9GW 之後。

◎ IEA 預期 2035 年中國大陸新增設的再生能源發電裝置容量將超過美國、歐洲及日本之總和。



資料來源：Renewable Energy 2014

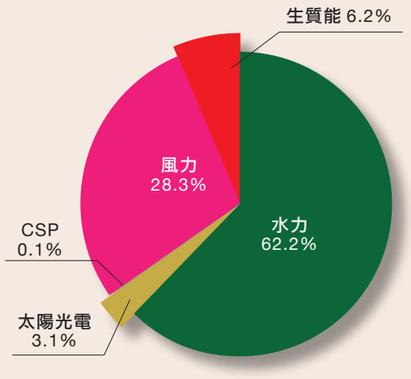
◎ 在十二五計畫中，預期 2015 年太陽光電裝置容量將達 35 GW、水力發電達 290 GW、生質能電力達 13 GW，至於風電裝置容量 2015 年達 100GW，2020 年達 200GW。

■ 印度

◎ 依據 REN21 統計 (REN21, 2014)，2013 年印度再生能源電力總裝置容量合計約 71GW，其中水力達到 44GW(占 62.2%)、風力 20GW(占 28.3%)、生質能 4.4GW(占 6.2%)、太陽光電 2.2GW(占 3.1%)。

◎ 印度 2013 年再生能源裝置容量中，風力排名全球第 5、水力則排名全球第 6。

◎ 從 2012 年到 2017 年，再生能源電力增加 30 GW，其中風力增加 15 GW、太陽光電增加 10 GW、生質能增加 2.7 GW、水力增加 2.1 GW。



資料來源：Renewable Energy 2014

5-2 德國、日本、英國、韓國，能源政策轉彎各有苦衷

多數國家都無法斷然廢核的情況下，臺灣該不該廢核？事實上德國、日本、英國、韓國，在能源政策轉彎時各有苦衷。為化解國人對於核四的疑慮，核四 1 號機完成安檢後封存，核四 2 號機全部停工，是希望能夠替下一代保留能源選擇的空間。如果立即廢除核四，日後核一、核二、核三也屆齡除役，將對臺灣整體的電力穩定供應產生衝擊，因此政府期盼保留因應國內外能源發展情勢所需要的彈性，也就是為我們的下一代保留一個選擇權。

1、全球核能發展現況

■ 全球 2013 年核能發電量為 2 兆 3,590 億度電，約占全球總發電量之 11%，其中以法國核能發電占比為最高，達 73.3%，其次為比利時，核能發電占比為 52%。

■ 至 2015 年統計，全球有 31 個國家與地區使用核電，總面積佔全球 46%，總人口佔全球 62%，另有 18 國計畫興建核電廠，共合計 49 國占全球土地面積達 54%、人口 76%、GDP88%。其中包括曾發生核災國 (俄羅斯、美國)、主要產油國家 (石油大國伊朗、沙烏地阿拉伯、阿拉伯聯合大公國)、綠能發展國 (瑞典、芬蘭、英國)，皆考量為能源安全穩定、多元自主，並兼顧成本及減碳，持續使用或將啟用核電。

世界各國使用核能發電之 31 個國家

資料來源：2014，世界核能協會 (World Nuclear Association)

2、世界各國使用核電情形

■ 全球目前使用核電的國家中，有核能機組增建或計畫建造之國家共有 17 國，另外使用核電但目前無核能機組增建或計畫建造中的國家共 11 國，同時另有 3 國則明定廢核時程。

■ 全球目前未使用核電，但計畫興建核能機組之 18 國中，包含印尼、以色列、泰國、阿拉伯聯合大公國…等國。

世界各國使用核電情形分析表

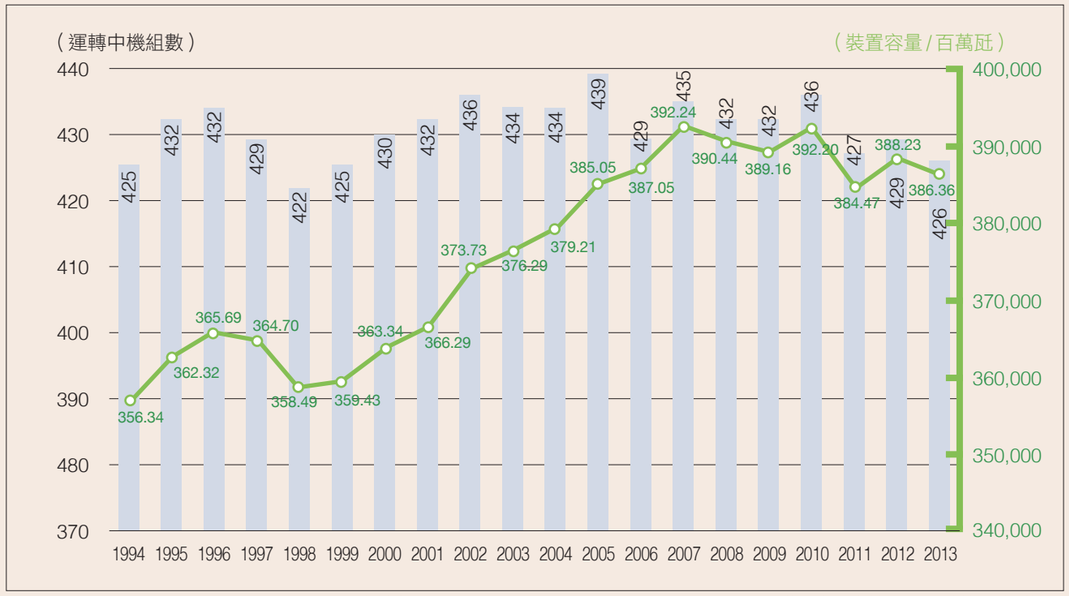
分類	說明	國名	數目
使用核電國家	使用核電，並有核能機組增建或計畫建造中	阿根廷、保加利亞、巴西、中國大陸、芬蘭、法國、美國、英國、印度、伊朗、日本、南韓、巴基斯坦、斯洛伐克、俄羅斯、烏克蘭、臺灣	17
	使用核電，但目前無有核能機組增建或計畫建造中	亞美尼亞、加拿大、捷克、匈牙利、墨西哥、荷蘭、羅馬尼亞、瑞典、西班牙、斯洛維尼亞、南非	11
	使用核電，但明定廢核時程	德國、瑞士、比利時 [註]	3
未使用核電，但計畫興建核能機組之國家		孟加拉、白俄羅斯、智利、埃及、印尼、以色列、約旦、義大利、哈薩克斯坦、北韓、立陶宛、馬來西亞、波蘭、沙烏地阿拉伯、泰國、越南、阿拉伯聯合大公國、土耳其	18
未使用核電之國家		澳洲、紐西蘭及大部分亞洲、非洲、拉丁美洲及大洋洲等國家	

註：比利時於法條中保留檢討修正政策的彈性　資料來源：2014，世界核能協會 (World Nuclear Association)

3、全球核能裝置容量

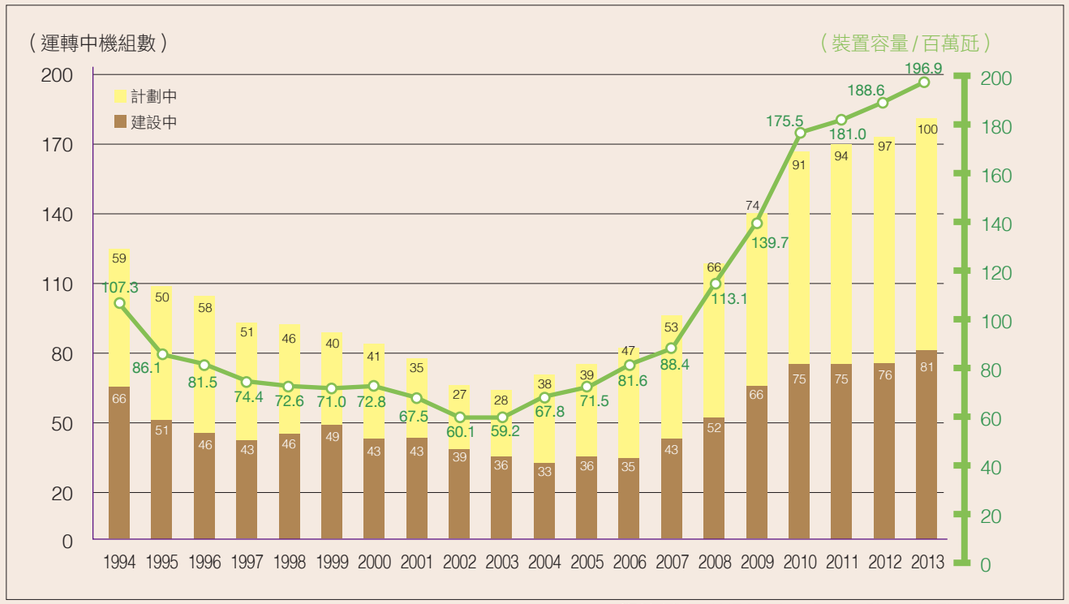
■ 依 2014 年世界核能學會 (WNA) 統計，全球正在運轉中的核子反應爐共 434 部，總裝置容量 37,461.1 萬瓩，正興建中的反應爐有 73 部，總裝置容量 7,753.8 萬瓩，另外計畫中的反應爐有 172 部，總裝置容量 18,875.5 萬瓩。

1994-2013 年 世界運轉中核能機組數及裝置容量



資料來源：" World Nuclear Power Plants 2014"(JAIF)：裝置容量大於 10MW 的機組才列計。

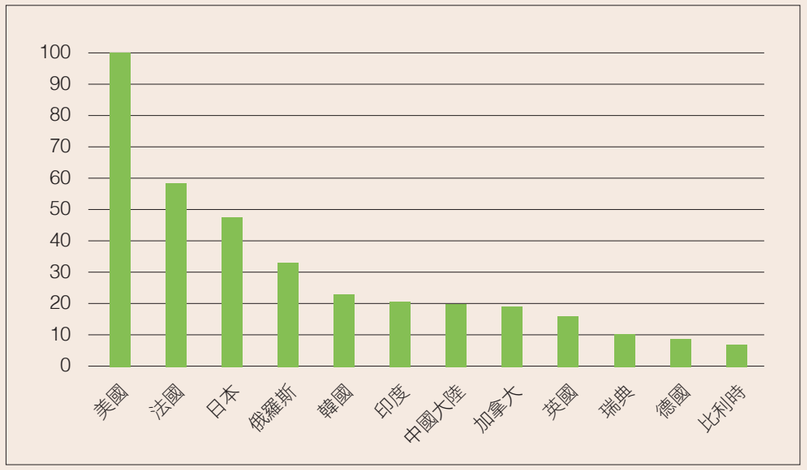
1994-2013 歷年世界建造中及計劃中核能機組數及裝置容量



資料來源：JAIF-Nuclear Power Plants In The World, 2013

■ 主要採行核能國家之核能發電機組 (Reactors) 分別為：美國 (100)、法國 (58)、日本 (48)、俄羅斯 (33)、韓國 (23)、印度 (21)、中國大陸 (20)、加拿大 (19)、英國 (16)、瑞典 (10)、德國 (9)、比利時 (7)。

世界各國核電機組數



資料來源：2014，世界核能協會 (World Nuclear Association)

4、亞洲各國核電立場

■ 日本

◎ 2006 年訂定「核能立國計畫」，目標 2030 年核能發電占比 30%~40%。

◎ 2011 年福島事件後，核電全面停轉安檢。

◎ 2012 年 12 月首相安倍晉三上任後重新檢討核電歸零政策，後於 2013 年表示，如經原子力規制委員會之嚴格審查且符合安全基準者，應可重啟運轉核電。

◎ 2014 年 4 月發布「能源基本計畫」，定位核能為重要的基載電源，並將努力推動核電廠的重新運轉。

◎ 2014 年 9 月新成立「原子能規制委員會」通過九州鹿兒島縣川內核電廠兩部機組的審查，2014 年 11 月 7 日，鹿兒島縣知事宣布可望在 2015 年恢復運轉。

阿光告訴你

日本暫停核電運轉後，曾經實施大規模分區限電，並增加高額燃料成本，造成高額貿易赤字，此外日本電價也上漲 10%-20%，而降低二氧化碳排放量的原訂目標也無法達成。目前安倍政府正重新檢討能源政策，首相安倍晉三日前曾表示減核而非廢核，並繼續興建島根及大間 2 核電廠。

■ 中國大陸

◎ 中國大陸的電力供應目前已是全球最大，截至 2012 年底，中國大陸電力裝置容量達到 1,140 GW。2013 年 ~ 2030 年中國大陸平均每年將新建 88 GW 的電廠，相當於英國全國境內現有電廠裝置容量之總和。預計到 2030 年，中國大陸可能會超過 1,500 GW 的裝置容量。

◎ 至 2013 年境內共有 20 座核電機組，裝置容量合計為 17,055MW，年發電量為 1,048 億度電，約占總發電量之 2.1%。

◎ 未來將積極發展核電，目前於 2040 年核能將占總體發電量的 11%。

阿光告訴你

世界各國使用核電情形

- 使用核電的有 31 個國家
- 未使用核電但計畫興建有 18 個國家
- 使用中的核電機組共 434 部
- 興建中或計畫興建的核電機組有 245 部

資料來源：103.04.01 世界核能協會 (WNA)

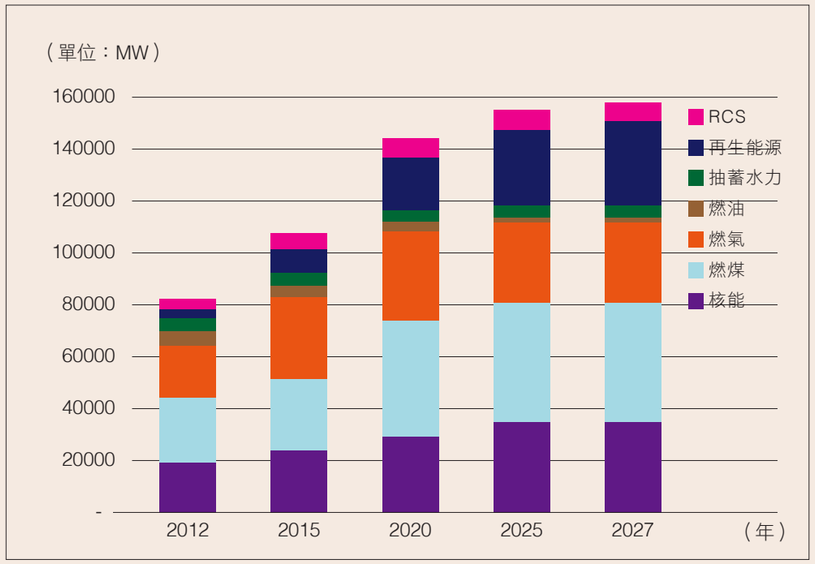
■ 南韓

◎ 南韓在福島核災前，積極發展核能發電與核電產業。福島核災後，仍規劃在 2027 年前新增 8 座核能機組約 11,800 MW，但因 2013 年南韓核能電廠使用非法零件及核電廠事故頻傳，遂於 2014 年公佈之「第二期國家能源基本計畫」中，將核能裝置容量占比由原先規劃之 2035 年占 41% 下修至 29%。雖目標占比下修，惟依據 2013 年南韓「第六次電力基本計畫」，為因應未來增加之電力需求，南韓 2027 年之發電裝置容量將較 2012 年增加約一倍。

◎ 南韓目前共有 23 部核電機組運轉，合計裝置容量為 20,656MW。

◎ 2013 年核能發電量為 1,325 億度電，約占境內發電量之 27.6%，另有 11 部核電機組規劃或興建中。

◎ 依據 2013 年 12 月 10 日國會報告內容，南韓考量境內溫室氣體減量、能源安全、以及參考民間工作小組建議，已於 2014 年 1 月 14 日公布第二期國家能源型計畫，目標明訂核電裝置容量占比將由 2012 年的 25% 提升至 2035 年的 29%，相較於 2012 年的 20.7GWe 成長超過 1 倍，達到 43 GWe。



資料來源：南韓第六次長期電力供需基本計劃，產業通商資源部（2013）

◎ 韓國也大力發展核電產業，製造核電機組外銷，2010 年已出售 4 部機組給阿拉伯聯合大公國，並計劃在 2030 年以前外銷 80 部機組，預計到 2030 年，南韓建造核電廠全球市場佔有率將達 20%。將因此成為世界第 3 大核電反應爐出口國，僅次於美國與法國，而且超越日本。

■ 印度

◎ 印度現為全球第 4 大能源消費國家，在 1990 年代經濟改革初期，計有 40% 能源仰賴進口，至 2011 年已提升至 70%。

◎ 於 2013 年底境內共有 21 座核電機組，裝置容量為 5,302MW，年發電量為 300 億度電，約占境內年發電量之 3.4%，預計至 2020 年總裝置容量將擴增至 20 GW。

◎ 新能源暨再生能源部長 2014 年 3 月表示，印度基於經濟發展需求，必須使用核能，如果再生能源發展成熟，才可能放棄火力和核能發電。

5、各國核電廠延役現況

■ 推動廢核國家延役 (執照更新) 現況：

◎ 比利時 (7 部)：Doel #1 及 #2 將於 2015 年屆齡除役，Tihange #1 延役 10 年，其餘四部機 (Doel #3,#4 及 Tihange #2,#3) 於 2025 年屆齡除役。

◎ 瑞士 (5 部)：2011 年 6 月 7 日表決通過核能機組將在 50 年執照到期後除役 (最後一部機將於 2034 年除役)。

■ 持續發展核能國家延役現況：

◎ 美國 (100 部)：至 2015 年 1 月止，已有 74 部機組取得延役 20 年執照 (60 年役期)，NRC 持續 19 部機組延役執照審查，另有 5 部機組表態將提出申請。

◎ 西班牙 (8 部)：管制單位裁定 Garoña 核電廠可營運到 2019 年 (役期 48 年)，Garoña 核電廠若欲在 2019 年後繼續營運，必須加強核安和輻射防護標準，並在 2012 年 9 月前送交必要文件。

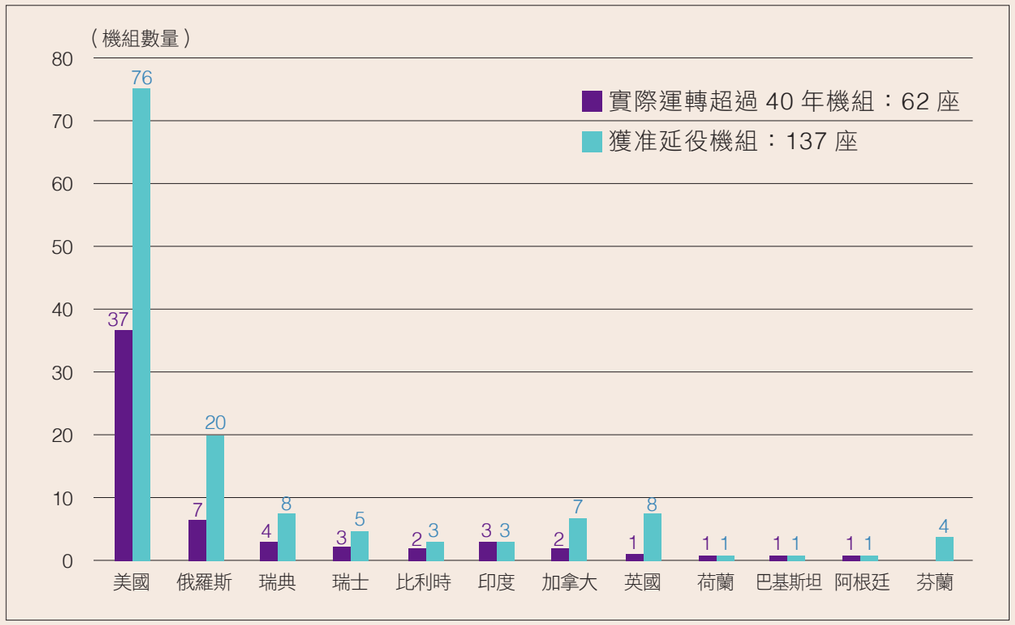
◎ 法國 (58 部)：採取每 10 年評估作為機組是否可運轉之管制方式。2010 年 7 月 EdF 公司評估旗下所有核能機組之役期皆為 60 年。

◎ 韓國 (23 部)：正進行延役評估工作，其中 Wolsong #1 已獲延役至 2036 年 (役期 53 年)。

■ 國際核電機組延役規定：

◎ 美國核電機組運轉年限 40 年並非基於安全與技術理由，而是反托拉斯法規定。歐洲大多數國家並無運轉年限，以每 10 年整體安全評估替代，合格即可再運轉。

◎ 目前全球已有 12 國、137 部機組獲准延役，美國即有 76 部。實際運轉年齡達 40 年者即有 11 國 62 部機組。福島核災後日本已開始重啟核電計畫，目前有 5 部機組通過安全審查、17 部機組審查中，且高浜 -1、2 號機已申請延役。



資料來源 :IAEA,Power Reactor Information System, 統計至 :2015/5/31

6、德國廢核，臺灣也可以嗎？

德國放棄核能有先決條件，為何大多數國家不能？其實是因為德國有能源轉型的關鍵優勢

■ 全面廢核並大幅增加再生能源占比：福島核災後，德國宣布於 2022 年達成廢核。核電缺口將由再生能源替補，其發電量占比將由 2012 年 22% 提高至 2030 年之 50%。

■ 德國能源轉型具民意支持、地理環境優勢與財政況狀良好之優勢：

◎ 德國位於歐洲大陸中心，與 9 國電網聯網。

◎ 地理環境優勢：德國位於歐陸中心境內多屬地勢平坦平原，適宜發展再生能源，且與鄰近國家電網連結完整，可減緩再生能源供電不穩定問題。

◎ 德國政府財務狀況良好：德國政府具有良好財政基礎，可因應廢核後所需投入的各項能源基礎建設。

◎ 民眾願意承擔廢核代價：德國民眾不選擇核能，有共識願意承擔發展綠能所需付出電價上漲的代價。

◎ 德國即使在諸多優於其他國家的能源轉型優勢之下，近年仍付出了代價，民生與國家經濟皆受到波及。

■ 德國能源轉型的代價

◎ 能源轉型，造成電價大幅上漲：德國電價較英國、法國高約 3 至 4 成，2013 年平均電價約 8.8~10.0 元新臺幣 / 度，2013 年較 2005 年上漲 55%。

◎ 德國能源支出超過家戶所得的 10% 之能源貧窮現象加劇。依據德國明鏡報導，因電價調漲，德國能源貧窮戶數比例已由 2008 年之 14% 增加至 2011 年之 17%(約 690 萬戶)。

◎ 電力成本增加，導致產業外移：到 2020 年，廢核之能源轉型支出將達 2,500 億歐元，後續更將引發產業關廠、外移及失業等現象。

◎ 再生能源占比過高，電力穩定供應面臨挑戰：

> 德國輸配電設施未能配合再生能源快速發展，導致電力系統無法穩定供應，2011 年德國停電超過 3 分鐘次數高達 20 萬次。

> 儘管德國目前再生能源裝置量已接近其尖峰需求量，但多數再生能源無法作為基載穩定供電，仍需仰賴境內火力電廠支援。

> 隨著再生能源發電占比逐步提高，德國未來必須依靠儲能系統建置以穩定供電，但目前儲能建置成本仍高，發展期程仍具不確定性。

阿光告訴你

德國廢核推動能源轉型→民眾有共識承擔代價

■ 德國廢核能源轉型，電力成本增加，影響產業競爭力，預估到 2020 年能源轉型支出將達 2,500 億歐元 (相當 10 兆新臺幣)，將引發產業關廠、外移及失業等現象。

■ 德國國民高所得，住宅電價歐洲第 2 高，民眾也甘願。→臺灣住宅電價亞洲第 2 低

■ 德國廢核後 2013 年住宅平均電價較 2005 年上漲 55%，是臺灣的 3~4 倍。但民眾每人國民所得為臺灣 2~3 倍，民眾對廢核較有能力承擔。

■ 德國能源支出超過家戶所得的 10% 之能源貧窮現象加劇。依據德國明鏡報導，因電價調漲，德國能源貧窮戶數比例已由 2008 年之 14% 增加至 2011 年之 17% 。

7、德國放棄核能，為何各國不要？

■ 為何德國能，日本不能？

◎ 日本曾核電歸零，國家財富大幅外流：日本 2011 年福島核災後，核電廠全面停機進行安全檢查，核電暫時歸零，導致日本發電燃料成本上漲，國家財富大幅外流，經濟惡化的惡性循環。

◎ 貿易逆差增加：日本 2013 年度的貿易逆差達 11 兆 4,803 億日圓，比 2012 年度增加 65.4%。

◎ 電價上漲壓力：福島核災以來日本 7 家電力公司調漲電價，2013 年 7 月較 2010 年 7 月家庭電費漲幅約 7~25%。

◎ 電價上漲導致產業競爭力下降：多數企業表示電價上漲後將壓縮企業獲利，部分企業表示將加速產業外移。

◎ 排碳量增加：以大量傳統火力發電替代核電下，日本難以達到減碳目的，並對外宣示調降對國際減碳承諾。

◎ 進口燃料費大增：日本 2013 年燃料費較震災前增加 3.6 兆日圓；其中因核電廠停止運轉改採火力發電之費用約 2.5 兆日圓。

◎ 日本減核而不廢核：日本首相安倍晉三 2012 年上任後重新檢討核電政策，宣布政府會在安全無虞的情況下，再啟動核能發電。

◎ 2014 年 4 月最新出爐的能源基本計畫中，將核能定位為可穩定能源供需結構的重要基載電源，將在確認核電廠的安全性後重新啟動運轉。

◎ 2014 年 9 月，日本新成立「原子能規制委員會」通過九州鹿兒島縣川內核電廠兩部機組的審查，2014 年 11 月 7 日，鹿兒島縣知事宣布可望在 2015 年初恢復運轉。

■ 為何德國能，英國不要？

◎ 減碳為英國首要目標，邁向多元低碳能源發展：因為重視溫室氣體效應與氣候變遷災害，英國制定法定減碳目標，2050 年前將較 1990 年減量 80%。

◎民眾在慎重考量氣候變遷致災的高風險和核能可管理的極低風險下，支持政府以再生能源與核能並重方式，平衡發展以同時滿足減碳目標與能源穩定。

◎ 電價不斷上漲，民意支持核電發展：英國因為能源進口增加，且仰賴較低碳的天然氣發電，電力價格逐年成長，導致每年有超過 400 萬戶能源貧窮家庭。由於核電能提供便宜潔淨電力，且民眾對核安管理具信心，故日本福島核災後仍支持核電發展。

◎ 開發核電刺激經濟，協助核電產業拓銷國際：英國計畫藉由國家核能發展計畫，扶植本土核能產業供應鏈，並藉此拓展國際市場，鎖定全球核電廠新建之商機，維持英國經濟動能。

■ 為何德國能，韓國不要？

◎ 加強能源安全與穩定供應，提升自主能源：韓國屬天然資源匱乏的國家，能源多仰賴進口，因此南韓主要政策任務為加強能源安全與穩定供應，故將極力發展核能產業。

◎ 維持高核能占比，增加產業競爭力：韓國為繼續維持低電價，核能發電裝置容量占比之目標至 2034 年將達 43GW。並藉此降低產品碳足跡，增加產業外銷競爭力。

◎ 看好全球核能發展，核能技術外銷：韓國積極發展核能出口產業，預計到 2030 年，南韓建造核電廠全球市場占有率將達 20%。

■ 臺灣要不要？

◎ 臺灣地狹人稠，再生能源發展受侷限：德國國土面積較臺灣大 10 倍，且中部與北部地區多平原。我國地形多高山，國土僅 30% 為平原，再生能源發展受限。

◎ 臺灣自產能源匱乏：臺灣能源 98% 依賴進口，與韓國相似，同為缺乏自產資源且電網獨立之國家，一旦缺電將危及國家安全。

◎ 工業用電價格影響產業出口競爭力：臺灣與南韓均為出口導向之經濟體，工業用電價格是影響產業競爭力的要素之一。南韓 2011 年工業電價為 2.18 新臺幣 / 度，較我國 2.35 新臺幣 / 度為低，仍繼續發展核能以繼續維持低電價。

◎ 多元合適之能源結構組合是臺灣追求的方向：由於各類能源的來源多寡、穩定與否，使用特性、價格及對環境影響都不相同，我國整體能源配比需考量各種能源之優點，朝多元且適當的能源結構發展，才能提供民眾與產業一個穩定、不短缺、付得起、少污染的能源供給環境。

阿光告訴你

德國自產能源占比 27%，進口中斷可以撐。→臺灣只有 2%

國家	德國	臺灣
2012 每人 GDP（萬美元）	4.1	2
2012 住宅電價（新臺幣 / 度）	10.0	2.7
土地面積（平方公里）	357,021	35,980
自產能源佔比	27%	2%

資料來源：1.OECD Statistics；2. 行政院主計總處，國民所得統計；3.IEA,Energy Balances of OECD Countries,2013；4. IEA, Energy Balances of OECD Countries,2013。

註：1. 住宅電價之各國匯率換算，係參考中央銀行「我國與主要貿易對手通貨對美元之匯率」資料。新臺幣對歐元換算匯率以 2012 年平均匯率（1 歐元 =38.051 新臺幣）計算。 2. 自產能源占比資料依據 IEA 能源統計，並將核能由自產能源扣除。

5-3 日本福島核災後，臺灣能源選擇為何陷入困境？

在日本福島核災事件之後，臺灣民眾對核能電廠的安全疑慮升高，但政府不能直接宣佈核四停建，因為這樣做違反了預算法並有違憲之虞。現階段選擇封存核四而不直接停建，是希望為未來能源保留選擇的機會，針對民眾的疑慮，經濟部也責成台電在102 年 4 月2日成立「強化安全檢測小組」，而行政院原子能委員會特別要求台電公司進行核能電廠的安全總體檢，未來核四啟封前必須經過公民投票決定，並經再次安全確認後才會裝填燃料。臺灣跟日本在核能發電的條件上其實並不相同，我們有義務與責任告訴大家，核能發電在臺灣的真實現況。

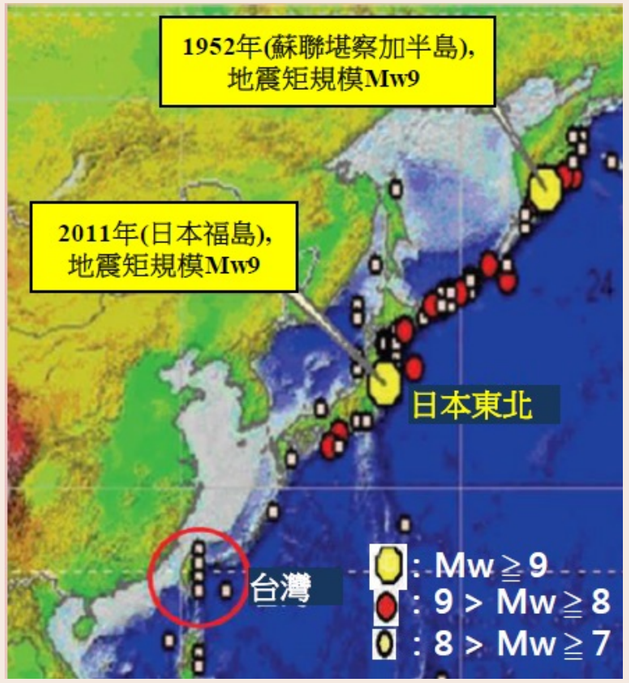
1、臺灣地質條件不能發展核電嗎？

■ 臺灣地理不同於福島，若發生地震海嘯衝擊遠低於日本

◎ 依據大型地震紀錄，日本東北外海有大型海溝斷層，所以 500 年來多次發生地震矩規模 8.0 (Mw8) 以上的超大規模地震。

◎ 臺灣雖然常有地震，但外海沒有平行海岸的大型海溝斷層，所以即使發生地震造成海嘯，海嘯也不容易直撲海岸釀成災害，衝擊遠低於日本。我國已建構嚴密地震與海嘯監測網絡，準備各種防災措施，保障民眾安全。

1530-2011 年臺灣與日本附近大規模地震紀錄：

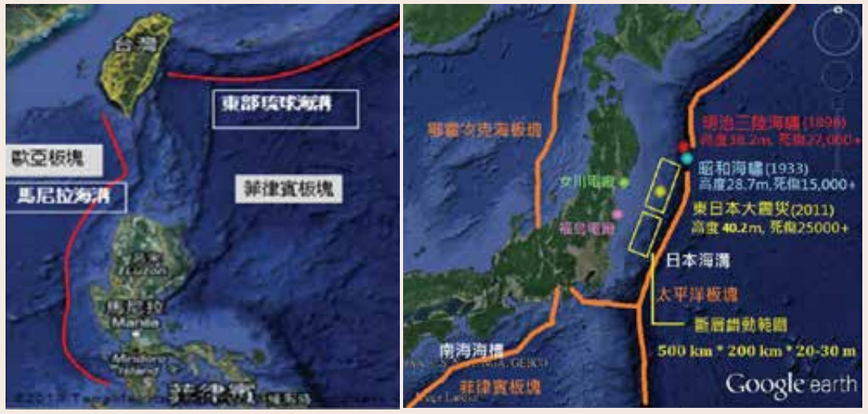


註：國際上已用「地震矩規模」取代「芮氏規模」，來表示地震強度，地震矩規模 6.0 以上的地震即為強震。如汶川地震達到 Mw7.9。

■ 臺灣海溝斷層與海岸線不平行，不易受大海嘯直接衝擊

◎ 如果海溝斷層與海岸線平行，引發的海嘯容易直接衝擊沿岸；福島附近的海溝斷層在過去 120 年間曾發生 3 次大規模地震，誘發大規模海嘯，造成嚴重災情；分別為明治三陸大海嘯、昭和大海嘯和東日本大震災，最大上溯高度分別為 38.2 公尺、28.7 公尺和 40.2 公尺。

◎ 臺灣東部琉球海溝與臺灣東北海岸幾乎垂直，以及臺灣南端海岸與菲律賓西部馬尼拉海溝平行部分只有很短一段；所以臺灣不易遭受大海嘯直接衝擊。



■ 日本福島複合型天災 (地震、海嘯) 衍生核災

◎ 日本 2011 年 311 地震來襲時，福島電廠各機組立即自動停機，反應爐相關設備並未因地震受損。

◎ 隨之而來的超大海嘯到達福島電廠時為 14 公尺高，但因為廠址高程只有 10 公尺，因而沖毀了海水幫浦、淹沒緊急發電機，廠區停電，無法注水，爐心不能充分冷卻；然而在附近的女川電廠，由於廠址高程高於海嘯，故未受影響。

◎ 福島電廠廠址高程不夠，防護設備不足、決定救援時已錯過黃金時間，導致爐心熔毀、產生氫氣並引發氫爆，造成廠房損壞與輻射外洩。

◎ 事故後 3 年，截至 2014 年 5 月 23 日全日本避難民眾還有 25 萬 8 千人。七成是地震與海嘯造成，福島核災疏散民眾約占三成。

◎ 2013 年世界衛生組織對日本福島核災事故健康風險評估結果，事故發生後到 2012 年 3 月為止，福島民眾平均所受輻射劑量低於全球天然背景輻射值，沒有人因輻射而受傷或死亡。

◎ 日本政府長期追蹤縣民健康狀況，並積極進行環境善後與除污作業。除污工作優先進行學校小孩生活區域、幼兒園和公園等設施，至 2014 年 3 月底學校和幼兒園已基本完成，公園和體育設施已完成約 98%，住房去污約完成 87%進度。

◎ 聯合國科學委員會 2014 年 4 月 2 日發表「福島核電事故輻射線影響」之報告，認為並未增加成人罹癌風險，輻射汙染源之兒童，並無法斷定今後仍必要加強詳細評估。

2、核四多重防護優勢，務實防備不可測的天災

■ 核四廠較福島一廠有多重防護優勢

◎ 臺灣核電廠都建築在堅固岩盤上，廠房與重要設備都採高標準防震設計，如果真發生大地震，也有自動急停設計，以確保民眾安全為最高考量，隨時作好應變準備。

◎ 防止類似福島型核災發生，最重要就是事先準備多重備援「電力」與「水源」。我國核電廠比福島電廠多出多重防護優勢，並設置多套發電機、電源車、抽水幫浦、空壓機等救援設備，未來還將建置防海嘯牆，層層防護確保核安。

防護優勢比一比 (有〇；沒有 x)		
防災項目	福島一廠	核四廠
1 緊急海水泵室保護	X	〇
2 廠址高程	10 公尺	12 公尺
3 氣冷式柴油發電機	X	〇
4 氣冷式氣渦輪發電機	X	〇 (辦理中)
5 生水池注水反應爐	X	〇
6 核電廠斷然處置措施	X	〇
7 增設防海嘯牆	X	〇 (辦理中)

移動式發電機夜間演練緊急供電

4 kV 大型電源車

3、杜絕大量輻射外洩

■ 面對不可測的天災，萬一現有防護措施還是無法防止核災事故發生時，將在核燃料還沒有損壞前就把水源注入反應器，確保燃料不會熔毀，避免大量輻射外洩與大規模民眾疏散，徹底杜絕核災可能性。

■ 台電已規劃裝設圍阻體排氣過濾系統，可以把萬一核災時，污染環境最嚴重的放射性銫與碘外洩量大幅減少 1,000 倍以上，確保不致發生大規模環境污染與民眾疏散。

反應爐注水演練 (夜間演練)

4、核四廠址安全

■ 臺灣位於地震帶，因此我國核電廠廠址選擇與設計，都是以最嚴格且高標準的方式，優先考量過去歷史最大地震強度及海嘯高度，並預留相當大的安全餘裕。

■ 核四廠址經專家勘查確認安全沒有問題，廠房設計能承受 7 級強震與 14.5 公尺高的海嘯。

■ 100 年學者專家針對引發日本 311 海嘯的海溝型大地震，模擬推估影響核四廠海岸的可能海嘯高度為 3.4 公尺，而核四廠址高程為 12.0 公尺，因此廠址高程設計標準相當安全。

■ 福島事件後，台電更依照原能會要求規劃興建防海嘯牆，得以抵擋約 14.5 公尺高之海嘯，足以防止海水倒灌。

比較項目　單位：公尺	核四廠
電廠所在位置距離海平面的高度 (廠址設計高程)	12
模擬海嘯上溯高程結果 (100 年)*	3.4**
規劃建置防海嘯牆後之抗海嘯高程	14.5

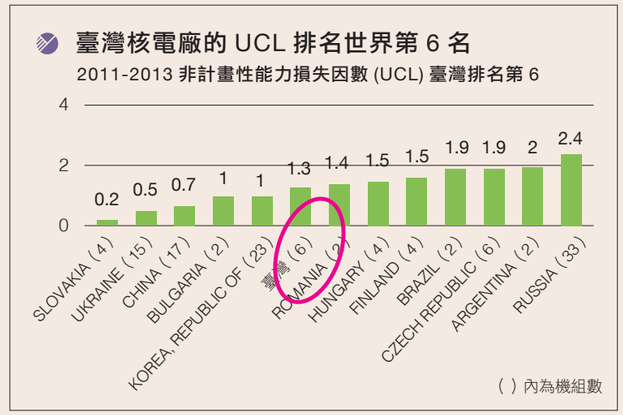
* 參考國科會 100 年補助中央大學執行之「臺灣潛在高於預期之海嘯模擬與研究」計畫報告

** 核四廠防海嘯設計是依 74 年「台灣電力公司核能四廠最大可能海嘯及暴潮之評估」最大海嘯溯上高程為 8.07 公尺

5、台電核電廠經營績效好嗎？

■ 我國核電廠運轉績效優於世界平均水準

◎ 國際原子能總署 (International Atomic Energy Agency，IAEA) 成立於 1957 年 7 月 29 日，隸屬於聯合國，為致力推廣以和平方式使用核能的國際組織。其每年會針對各國核能電廠進行評比，UCF 及 UCL 為國際電力業者共同採用之指標。



資料來源：國際原子能總署 (IAEA)，Power Reactor Information System (PRIS)/ World Statistics

◎ 非計畫性能力損失因數 (Unplanned Capability Loss，UCL) 代表電廠經大修後，機組再啟動立即可維持穩定安全滿載發電的能力。

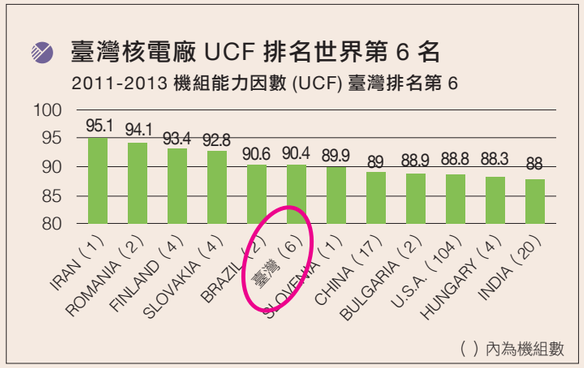
◎ UCL 數值愈低表示其設備可靠度及設備安全性之管理能力愈佳，可以維持機組長時間安全且穩定的運轉，避免不必要的降載檢修及機組跳機 (或急停)。

◎ 由國際原子能總署的評比結果顯示，臺灣的 UCL 排名為世界第 6 名，績效優異。

■ 臺灣核電廠 UCF 排名世界第 6 名

◎ 機組能力因數 (Unit Capability Factor，UCF) 係指核能機組正常運轉 18 個月，每 3 年二次大修，大修若能確保維護作業品質優良且有效縮短工期，進而提高設備的可靠度，減少機組因設備故障而須降載或停機的情形，則 UCF 成績就會提升。

◎ UCF 是國際上常用的核能績效指標，如世界核能運轉協會 (WANO) 亦引用此指標評估核電廠績效。



資料來源：國際原子能總署 (IAEA)，Power Reactor Information System (PRIS)/World Statistics

◎ 由國際原子能總署的評比結果顯示，臺灣的 UCF 排名為世界第 6 名，成績優異。

台電核能發電廠比較

	核一廠		核二廠		核三廠		龍門（核四）廠	
	一號機	二號機	一號機	二號機	一號機	二號機	一號機	二號機
商轉日期	67 年 12 月	68 年 7 月	70 年 12 月	72 年 3 月	73 年 7 月	74 年 5 月	安檢後封存	停工
反應器廠商	奇異		奇異		西屋		奇異	
反應器型式	沸水式		沸水式		壓水式		進步型沸水式	
裝置容量	63.6	63.6	98.5	98.5	95.1	95.1	135	135
發電量占全國電力系統比 (103 年)	4.46%		7.48%		6.67%		---	

核四一號機：安檢後封存。二號機：停工。　資料來源：台電公司

■ 台電公司經營績效不遜於先進國家

台電線路損失率低，不浪費電

◎ 台電公司於 35 年成立，為包含發電、輸電與配電的綜合電業，目前員工數約 2 萬 6 千人，提供全臺近 1,320 萬戶用電。(2014.1 資料)

◎ 比較 2010~2012 年間，世界上裝置容量較大且資料齊全的綜合電業公司，台電公司在線路損失率、每戶停電時間及員工生產力等方面，表現都不遜於歐美日等先進國家。

台電公司與他國電力公司線路損失率比較表

電力公司	線路損失率 (%)
1. 韓電 (KEPCO)	3.57
2. 台電 (TPC)	4.42
3. 日本中部電力 (CHUBU)	4.5
4. 日本東京電力 (TEPCO)	4.8
5. 日本關西電力 (KANSAI)	5.0
6. 德國萊茵集團 (RWE)	5.0
7. 義大利電力 (ENEL)	6.0
8. 美國南方電力 (SC)	6.1
9. 法國電力 (EDF)	7.2
10. 南非電力 (ESKOM)	10.25
11. 魁北克電力 (Hydro-Québec)	10.5

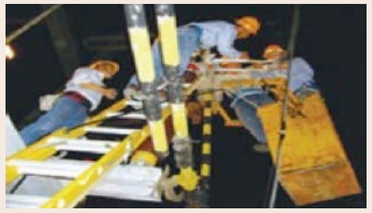
資料來源：台電公司彙整世界各國資訊

■ 臺灣每戶停電時間短，服務效能佳

◎ 臺灣是孤島，系統獨立無外援電網，電能又無法儲存，因此颱風來時，強風豪雨很容易造成停電事故。

◎ 停電事故發生時，台電員工加班搶修，不分日夜，努力在最短的時間內回復送電。

◎ 為確保對用戶穩定供電，台電除了定期檢討各種事故原因，追蹤改進外，並加速推動饋線自動化、配電圖資更新與無停電施工。



台電員工實施夜間斷線搶修情形

台電公司與他國電力公司停電時間比較表

電力公司	每戶停電時間 (分 / 戶 年)
1. 日本東京電力 (TEPCO)	9
2. 美國南方電力 (SC)	12.2
3. 韓電 (KEPCO)	12.4
4. 德國萊茵集團 (RWE)	18.1
5. 台電 (TPC)	19.05
6. 義大利電力 (ENEL)	45
7. 日本關西電力 (KANSAI)	45
8. 日本中部電力 (CHUBU)	46
9. 法國電力 (EDF)	95.1
10. 魁北克電力 (Hydro-Québec)	150
11. 南非電力 (ESKOM)	2513.4

資料來源：台電公司彙整世界各國資訊

■ 台電員工生產力，水準以上

◎ 在全國用電負載變化大且區域電力供需不平衡等因素下，須配置相當人力日夜輪值。

◎ 台電員工生產力，平均每人售電量 876 萬度，為世界水準以上。

高壓電塔作業

台電公司與他國電力公司員工售電量比較表

電力公司	每員工售電量 (萬度)
1. 韓電 (KEPCO)	1,466
2. 魁北克電力 (Hydro-Québec)	1,027
3. 台電 (TPC)	876
4. 日本中部電力 (CHUBU)	757
5. 日本關西電力 (KANSAI)	713
6. 美國南方電力 (SC)	694
7. 日本東京電力 (TEPCO)	693.1
8. 法國電力 (EDF)	547
9. 南非電力 (ESKOM)	473
10. 德國萊茵集團 (RWE)	389
11. 義大利電力 (ENEL)	283

資料來源：台電公司彙整世界各國資訊

6、總體強化方案

■ 第一階段總體檢強化方案

◎ 核一、二、三廠強化措施共 96 項，103 年 4 月 30 日止已完成 93 項，其餘 3 項將於 104 年 2 月完成。主要方案如下表：

項次	強化措施	功能
1	緊急水源	提供緊急替代水源，確保核燃料可被水淹蓋
2	移動式電源	提供緊急注水及操作所需臨時電源
3	生水池管路增設明管	確保強震時管路不會受損

註：表中措施適用核一 / 核二 / 核三 / 核四

■ 第二階段核安總體檢強化方案

◎ 原能會於 101 年 8 月 3 日奉行政院核定之「國內核能電廠現有安全防護體制全面體檢方案總檢討報告」，要求新增 32 項要求辦理事項，包含：

項次	強化措施	功能	預定完成日期
1	增建防海嘯牆 (核一 / 核二 / 核三 / 核四)	原設計廠房已具有防海嘯能力，因保守考慮要求再增建，加大防海嘯能力	105 年 6 月
2	加裝圍阻體排氣之過濾器 (核一 / 核二 / 核三 / 核四)	防止嚴重事故時放射性物質外洩	105 年底
3	增建隔震緊急應變中心 (核一廠已符合要求，僅需部分改善)(核二 / 核三 / 核四)	確保嚴重事故時可以監控機組狀況並下達指令	105 年 6 月

◎ 各核電廠防海嘯設計遠高於海溝型地震可能引發之海嘯高度

項目	核一廠	核二廠	核三廠	核四廠
海嘯牆建置後之防海嘯高程	17	17	19	14.5
廠址設計高程	11.2	12.0	15.0	12.0
最終安全分析報告 (FSAR) 分析海嘯溯上高度	10.73	10.28	12.03	8.07

◎ 臺灣核電廠與福島一廠複合式防災措施比較

防線	複合防災項目	福島一場	核一 / 二 / 三四廠
一	緊急海水泵室保護	x	O
二	廠址高程	1 0 公尺	11.2~15 公尺
三	後備電源 (氣冷式柴油發電機)	X	O
四	後備電源 (氣冷式氣渦輪發電機)	X	O
五	生水池注水反應爐	X	3.6~10.6 萬噸
六	核電廠斷然處置措施	X	O
七	增設防海嘯牆	X	14.5~19 公尺 (辦理中)

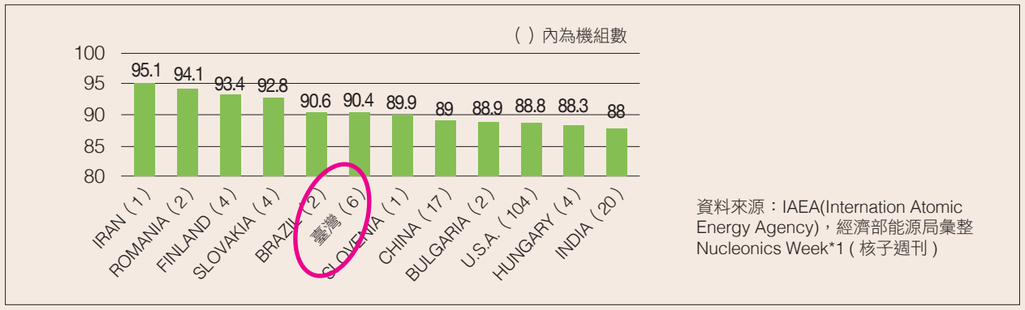
102 年 3 月原能會邀請國際經濟合作暨發展組織核能署 (OECD/NEA) 專家團來臺評估我國核電廠進行壓力測試結果，結論認為：我國壓力測試的標準及程序與歐盟相同，各強化措施也與歐盟各國類似。

7、我國核全營運績效評比表現優異

■ 國際績效評比，表現優異

IAEA (國際原子能總署) ：機組能力因數全球第 6 名

2011-2013 機組能力因數 (UCF) 臺灣排名第 6



資料來源：IAEA(Internation Atomic Energy Agency)，經濟部能源局彙整 Nucleonics Week*1 (核子週刊)

年度	容量因素	全球排名
2009	92.2%	第 4 名
2010	92.3%	第 2 名
2011	93.06%	因福島事故未進行排名
2012	89.90%	第 4 名

註 1. Nucleonics Week 為美國 McGraw-Hill 公司 Platts 部門所發行，自 1960 年即為全球核能相關訊息的重要來源之一

註 2. 容量因數 (Capacity Factor) = 全年毛發電量 /(裝置容量 x 全年時數)x100 % 為各種發電機組最常用之運轉發電績效指標

註 3. 2012 年排名資料統計自 2013.2.14 Nucleonics Week

■ 核安管制紅綠燈 97 年～ 102 年全年綠燈

◎ 原能會為使核能電廠運轉安全狀況更透明化，參採美國核管會反應器監管方案，建構核安管制紅綠燈

評估結果定期 (每季) 公布於原能會網站

指標 / 機組		核一廠		核二廠		核三廠	
		1	2	1	2	1	2
肇始事件	臨界 7000 小時非計劃性反應爐急停 (自動或手動)	●	●	●	●	●	●
	非計劃性反應爐急停且喪失正常熱移除	●	●	●	●	●	●
	臨界 7000 小時非計劃性功率變動 > 20% 額定功率	●	●	●	●	●	●
救援系統	高壓冷卻水系統 (HPCI/HPCS) 不可用率	●	●	●	●	●	●
	反應爐爐心隔離冷卻水系統 (RCIC) 不可用率或輔助飼水系統 (AFW) 不可用率 (核三廠)	●	●	●	●	●	●
	餘熱移除系統 (RHR) 不可用率	●	●	●	●	●	●
	緊要柴油機 (EDG) 不可用率	●	●	●	●	●	●
	安全系統功能失效	●	●	●	●	●	●
屏障完整	反應爐冷卻水系統比活度	●	●	●	●	●	●
	反應爐冷卻水系統洩漏率	●	●	●	●	●	●
緊急應變	演練 / 演習績效指標		●		●		●
	緊急應變組織演練參與指標		●		●		●
	警示及通報系統可靠性指標		●		●		●
輻射防護	職業輻射曝露	●	●	●	●	●	●
	民眾輻射防護	●	●	●	●	●	●

註 1：● ：無安全顧慮 ○ ：低微安全顧慮 ● ：中度安全顧慮 ● ：顯著安全顧慮

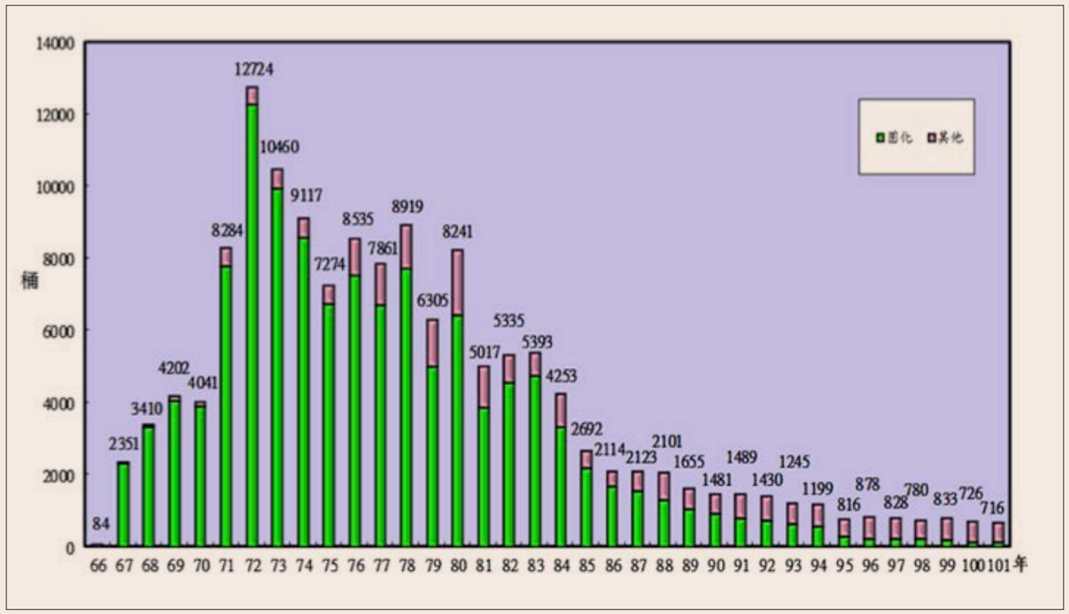
資料來源：原能會網站 http://www.aec.gov.tw/ 核能安全 / 運轉中電廠管制 / 核安管制紅綠燈

非計畫性自動急停次數逐年降低

註：■ 部分，為輸電系統故障、颱風、地震等非電廠因素之急停次數。

非計劃性自動急停：指設備出現異常情形時，基於安全保護，反應爐會自動、安全而快速的停止運轉。

低放射性廢棄物可經減容後桶數顯著減少



註：其他指其他廢棄物可經減容處理後之相當捅數

5-4 台灣對能源選擇態度符合世界主流趨勢？

既然非核家園是朝野共識，我們是應該選擇驟然廢核？還是有配套地穩健減核？在選擇之前，必須思考臺灣的經濟發展需仰賴穩定的能源，此時決定核四不商轉及既有核一、二、三不延役，適當嗎？核四在按部就班通過安檢並運轉後，即可為臺灣未來四十年提供便宜又穩定的電力，我們難道現在就要輕言放棄？既忽視了可能的缺電和增加碳排放所導致之經濟衝擊，又少了發展替代能源的緩衝時間。另外，廢核真的就符合環保嗎？能源選擇的問題值得大眾共同思考。

1、廢核環保嗎？減碳怎麼辦？

■ 必須面對的事實—極端氣候正影響你我生活

◎ 工業革命開始後，人類消耗的能源大部分來自化石能源，所產生的溫室氣體，使地球面臨前所未有的危機。「暖化」、「水災」、「熱、旱災」、「海平面上升」、「氣候極端化」…等環境問題正影響你我的生活。

◎ 世界面臨自相矛盾的窘境，國家必須滿足日益增長的能源需求，又須避免因使用石油、煤等化石燃料，而增加溫室氣體的排放。

◎ 2009 年莫拉克颱風在中南部多處降下刷新歷史紀錄的大雨，是臺灣氣象史上傷亡最慘重的侵臺颱風，就是極端氣候的展現。

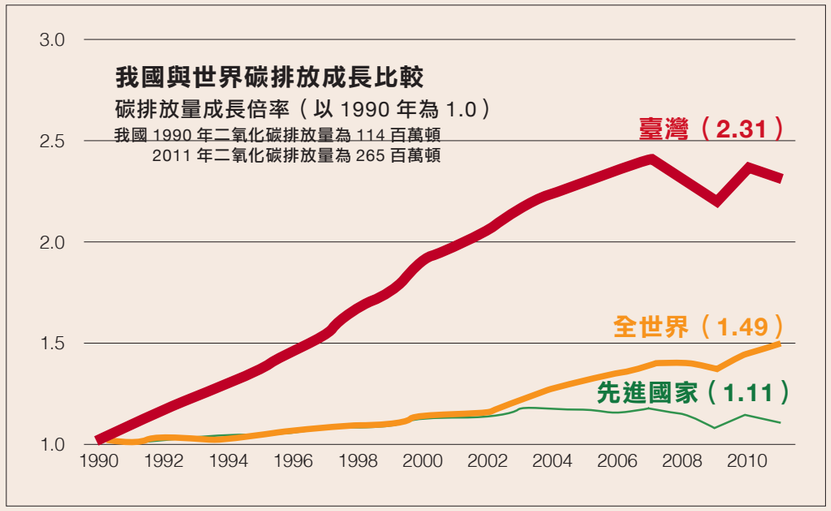
知本溫泉金帥飯店於莫拉克颱風中倒塌

資料來源：經濟部水利署

■ 溫室氣體 CO_2 濃度節節上升

◎ 2013 年地球大氣中的二氧化碳（CO_2）濃度曾一度超過 400 ppm（每單位體積含有 0.04% CO_2）。目前 CO_2 的濃度比工業化之前的 280 ppm 濃度高得多，人為因素是導致 CO_2 濃度急劇上升的主要原因，若無更積極之作為，大氣 CO_2 濃度將持續增加。

我國碳排放成長率遠超過世界平均值



資料來源：IEA CO_2 Emissions From Fuel Combustion Highlights, 2013

■ 若以火力電廠電廠替代，其空氣汙染物也影響環境。

■ 火力發電廠會排放大量的二氧化碳，化石燃料燃燒後的煙與氣體會被排放到大氣中，其主要成分是二氧化碳、水蒸氣、以及其他的氣體，像是氮氣、氮氧化物、氧化硫等，如果是燃煤發電廠，還會有粉煤灰、汞等發電後的產物。

■ 二氧化硫 (SO_2) 等氣體會和空氣中的水分產生化學作用，隨著雨水下降形成酸雨，損害植物、水體及露天的人類文化遺產。

■ 二氧化碳 (CO_2) 會在大氣中累積，加強溫室效應，造成全球氣溫上升，產生連鎖性的效應，例如造成海水上升及導致部分島國將消失等。

2、核能是減碳的能源選項

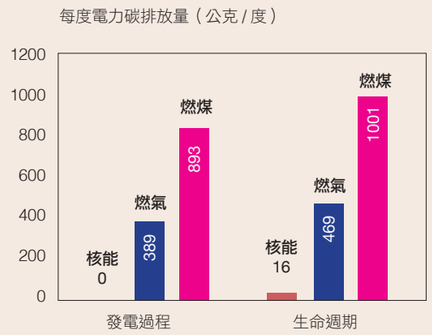
■ 聯合國跨政府間氣候變遷小組 (IPCC) 報告清楚表示，核能發電的生命週期溫室氣體排放低，是極具效率的溫室氣體 CO_2 減排選項工具。

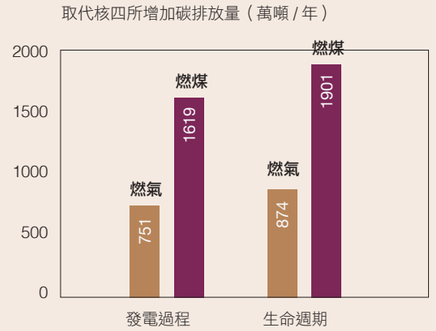
■ 先進國家如美國與英國，都將核電作為達成減碳目標的重要工具之一。

■ 四位氣候學家聯合建言 (Ken Caldeira, James Hansen, Kerry Emanuel, Tom Wigley, 2013.11.3)：「再生能源發展速度不夠快，採用風力與太陽能不足以避免全球暖化帶來的災難，各國領袖與環保人士應支持研發更安全的核能系統，以降低使用化石燃料造成的污染。」

■ 若核四不商轉，目前技術上最可能取代的電力是燃氣及燃煤機組，但是每年會增加 751 萬噸到 1,619 萬噸的碳排放。

核能、燃氣、燃煤發電的碳排放較





3、核廢料是廢核的理由嗎？

■ 不論是否有核電廠，均須處理低放射性廢棄物！
低放射性廢棄物來自全國各界

◎ 除了核能發電，癌症放射線治療、根莖類蔬菜抑制發芽、食品加工消毒與放射性標靶藥品製造等，都是應用放射線來造福人群；所以不論是否有核電廠，都必須面對核廢棄物既存的問題，要積極處理，才不致成為子孫的負擔。

◎ 國內低放射性廢棄物，主要放置於核能研究所及核電廠；而蘭嶼貯存場存放的核廢棄物桶中，10% 來自於全國各界，且自 85 年貯滿後即不再運入，未來皆將運至最終處置場。蘭嶼全島已裝設即時輻射監測系統，監測結果皆屬安全。

◎ 目前全世界已有日本、法國、西班牙與瑞典等 34 個國家，共 80 座低放射性廢棄物最終處置場安全使用中。

■ 低放射性廢棄物是什麼？

◎ 核能發電廠、醫院與學術研究單位接觸放射性物質，用過的手套、鞋套、工作衣、廢紙、更換零組件及過濾用之廢樹脂等都是低放射性廢棄物的主要來源。

◎ 低放射性廢棄物所含放射性核種，以鈷 -60、鍶 -90 和銫 -137 為最需防護之核種。鈷 60 經過 50 年及後兩者經過 300 年後，輻射值皆會降低至與我們日常生活之自然背景值相近，不會危害人體。

◎ 國際上最終處置技術皆以地底下坑道等工程屏障來阻絕輻射，確保環境與民眾安全。

■ 低放射性廢棄物最終處置場找到了嗎？

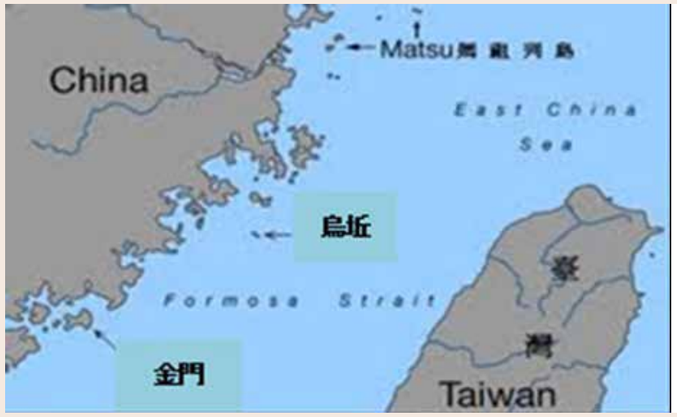
◎ 經濟部已於 101 年 7 月 3 日核定公告「烏坵」與「臺東縣達仁鄉」2 處為「建議候選場址」，現正與地方洽商溝通中。

◎ 候選場址，必須符合以下條件：

> 其活動斷層、地質條件與地下水文不足以影響處置設施安全。

> 其地質條件利於有效抑制放射性核種遷徙，防止污染範圍擴大。

> 屬低人口密度之地區。



烏坵地理介紹
1. 屬福建省莆田縣，現由金門縣代管
2. 位於臺灣海峽；屬獨立孤島
3. 岩性為花崗岩
4. 實際居住人口低於 50 人

■ 給核廢料一處安全的家是你我共同的責任
技術成熟，吸取先進國家經驗

◎ 核一廠於 67 年商轉以來，加上核二、三廠，每年為全國電力系統提供 18% 以上的電力，在我們享受核能所帶來的便利同時，面對其產生的廢料，也要積極吸取國外經驗來處理。

◎ 瑞典與芬蘭對於高階核廢料最終處置，已選定場址，並正施工中；其他核能先進國家如美、加、英、法、日等，也均有相關研究成果，技術成熟，可以安全處理。

◎ 台電公司目前正積極推動核一、二廠用過核燃料乾式貯存設施的興建及持續推展用過核子燃料最終處置計畫。

瑞典

是個自然資源豐富的國家，其水力發電佔 47%；核能發電佔 37%。當初高階核廢料最終處置場設置時，獲得 83% 地方民眾支持。2013 年完成最終處置場地下實驗坑道，2015 年開始興建，預計 2020 年後營運。(WNA 世界核能協會網站)

■ 高階核廢料是什麼？

◎ 各核能電廠每運轉 18 個月，須自核反應器爐心退出部分的發電用過核燃料，即為高階核廢料。

◎ 用過後的核燃料如何隔離處理？

> 初期一置於燃料池冷卻貯存，用水隔離。

> 中期一待冷卻後再乾式貯存，並以密封鋼筒包覆外加水泥屏蔽隔離。

> 最終一深埋地下，利用包封容器、工程障壁及周圍岩層等構成層層保護隔離。

■ 用過核燃料中期貯存，請大家支持

◎ 核一廠的用過核燃料中期乾式貯存設施目前正向新北市府申請核發水土保持計畫完工證明書，才能進一步進行熱測試，以取得使用執照。

◎ 密封鋼筒材質為 304L 不銹鋼，經過美國金屬協會測試證明，不易腐蝕；而且乾貯期間之密封鋼筒溫度高於環境溫度 (約 70℃)，會產生空氣自然對流，鹽分不易潮解，不易有氯離子腐蝕現象，過程中並有完整監測計畫，不會造成放射性物質外洩。

Q 核一廠乾式貯存採露天存放，安全嗎？

A 乾貯設施以密封鋼筒包覆，同時外加水泥屏蔽，宛如室內處置；且過多的障蔽反不利空氣對流散熱，國外也多是露天存放。

高放射性用過核燃料棒，國外已有最終處置技術並有最終處置場址施工中

最終處置技術能力與國外同步： 高放射性用過核燃料棒處理，有瑞典與芬蘭選定最終處置場址並施工中，預計 2020-2025 年啟用，其他先進國家如美、加、英、法、日等，均有成熟技術可安全處理，我國積極吸收國外經驗來處理。

阿光告訴你

用過核子燃料乾式貯存技術介紹

■乾式貯存的特色：

將用過核子燃料置於金屬容器內並填充惰性氣體後加以密封，藉由空氣的自然對流冷卻，外部有混凝土護箱來保護金屬容器並降低輻射劑量，此種貯存方式稱為「乾式貯存」。乾式貯存因運轉維護容易、操作成本較低、燃料較不易腐蝕也不會產生二次廢棄物及發生輻射洩漏等因素，已廣為世界各國核能電廠所採用。

■國際上使用狀況：

依據原能會網站公布之資料，截至 103 年底止，世界上的乾式貯存設施共有 124 座，分布於歐洲、美洲、亞洲及非洲共 22 個國家；其中美國的乾式貯存設施已有 70 座，德國 16 座、加拿大有 7 座。且國際上已有 26 年以上的安全運轉經驗，技術成熟。

■國際上共有四種乾式貯存技術：

混凝土護箱

混凝土模組

■國際上實務使用案例之照片：

美國康乃狄克州 Haddam Neck 核電廠

乾式貯存設施 (混凝土護箱)

美國 Surry 核電廠用過核子燃料

乾式貯存設施 (金屬護箱)

韓國月城核電廠用過核子燃料

乾式貯存設施 (混凝土護箱)

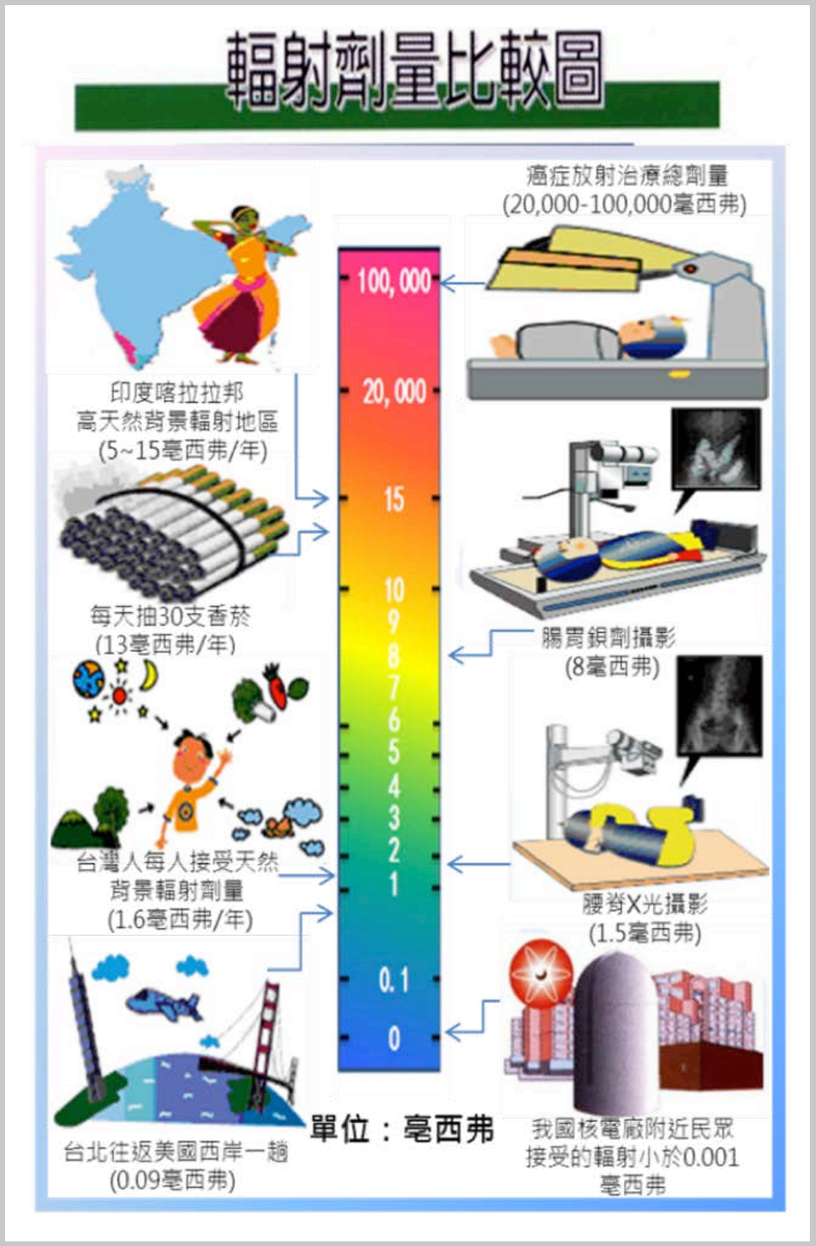
4、輻射是廢核的理由嗎？

■大自然中輻射到處都有

◎ 我們的生活環境裡，空氣、飲水、大地與食物中都含有各種天然輻射，此外為了提升生活品質，人造輻射也廣為應用在醫療、農業、工業與研究等各方面。

阿光告訴你

臺灣平均每人接受的天然背景輻射為 1.62 毫西弗 / 年



資料來源：原能會出版品「輻射您有所不知」

◎ 北投地熱谷溫泉區環境裡富含釷、鈾、鉀等天然放射性元素，是名聞中外的天然輻射溫泉區。

◎ 居住在高緯度、高山地區或搭乘飛機，所接受到的天然輻射 (宇宙射線) 較強。

◎ 依據游離輻射防護安全標準，臺灣民眾接受各種人造非醫療輻射年劑量限值為 1 毫西弗，而臺灣居民每年接受大自然輻射劑量平均為 1.6 毫西弗。

◎ 健康檢查常用的 X 光、電腦斷層掃描、正子造影等核子醫學都有輻射劑量。

◎ 適當運用輻射的能量來照射食品，可以抑制發芽、殺蟲滅菌或防腐保鮮，例如以輻射照射大蒜可以抑制發芽、運用輻射避免香蕉得黃葉病。

◎ 輻射應用於工業方面，例如利用放射線照相技術檢測焊接點和金屬鑄件的裂縫。

◎ 消費性產品如偵測火災用煙霧器及夜光錶面等，皆為利用輻射達到特定功能實例。

去年一年您接受了多少的輻射劑量？

(請依實際狀況乘上次數後加總，即為您一年累積接受的輻射劑量；輻射劑量表示對人體影響大小，單位為毫西弗)

來自 背景輻射

- 來自居住地地表及建物－臺灣的平均值 0.64 毫西弗／年
- 宇宙輻射 0.26 毫西弗／年
- 來自食物或空氣
- 食物中的鉀 40 等 0.28 毫西弗／年
- 空氣中的氡氣 0.44 毫西弗／年

來自 生活型態
例如搭飛機 (來回一趟)

- 臺北—紐約 0.156 毫西弗／趟
- 臺北—阿姆斯特丹 0.099 毫西弗／趟
- 臺北—洛杉磯 0.093 毫西弗／趟
- 臺北—雪梨 0.048 毫西弗／趟
- 臺北—新加坡 0.015 毫西弗／趟

來自 人造輻射
醫療輻射及其他

- 癌症放射治療總劑量 (20,000-100,000 毫西弗)
- 心臟冠狀動脈電腦斷層掃描 16 毫西弗／次
- 胸部電腦斷層掃描 7 毫西弗／次
- 乳房 X 光攝影 0.7 毫西弗／次
- 胸部 X 光攝影 0.02 毫西弗／次
- 牙科單齒 X 光攝影 0.005 毫西弗／次

如果你住核電廠附近，整年接受的輻射劑量小於 0.001 毫西弗 / 年 (102 年統計數據)

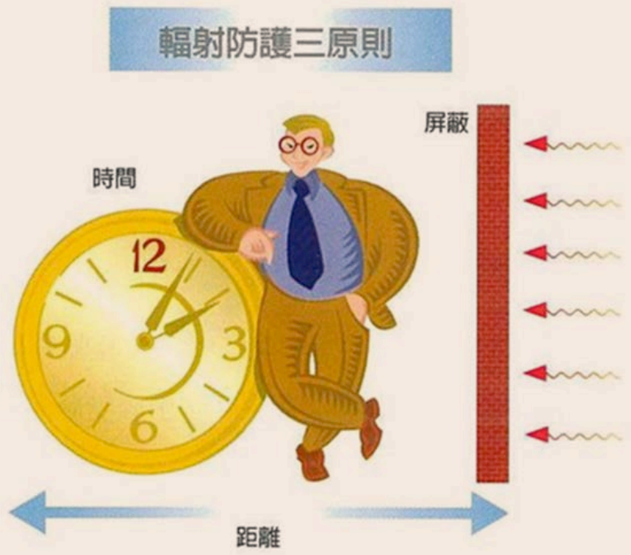
5、核能發電不是原子彈，有隔離屏蔽，輻射不釋放到環境中

■ 核發電利用鈾 235，只有 3~5% 濃度；原子彈鈾 235 濃度則高達 90%；核燃料不像原子彈一樣會發生爆炸。

■ 鈾 235 經中子撞擊後分裂，會產生碘及銫等放射性核種，在電廠內置於燃料池冷卻貯存，並用水屏蔽；我國核電廠附近民眾整年接受的輻射劑量皆小於 0.001 毫西弗 (102 年資料)。

■ 面對放射性物質，防止過量游離輻射對健康危害的作法：

◎ 縮短曝露時間　◎ 有適當物質屏蔽　◎ 遠離輻射源



■ 國內環境輻射監測，24 小時無休，結果無異常，安全無虞。

◎ 原能會輻射偵測中心定期對台電核能電廠和蘭嶼貯存場周圍以及全國環境取樣分析。並且設置輻射自動監測站 (如圖)，24 小時即時監測。

◎ 國內環境輻射數值皆在原能會的監測中，即時資訊亦公布在網路 (http://www.trmc.aec.gov.tw/utf8/big5/)，並無發現異常情形，更新資料可在原能會網站 > 輻射安全 > 環境輻射監測即時查詢。

◎ 萬一核子事故發生且有放射性碘外釋時，對可能接受曝露的民眾，主管機關會在適當時機發布服用碘片，以減少甲狀腺對放射性碘的攝取，有效降低甲狀腺的曝露。

◎ 數十年流行病學研究證實世界許多高自然背景輻射地區居民的罹癌率與一般人相同甚至更低。所以並不是接受低劑量輻射就會罹癌。

◎ 國際輻射防護委員會 (ICRP)103 號報告強調：「終生累積接受 100 毫西弗以下劑量，並沒有任何器官或組織會發生功能損傷的臨床症狀。」

6、核電廠若發生核子事故，如何應變？

■ 核子事故發生不會瞬間導致輻射外洩，以福島事故為例，至少有 1 天緩衝時間，有足夠時間進行防護。

■ 事故惡化前就會啟動預警通知、室內掩蔽、服用碘片或疏散收容等防護措施。

■ 假如事故演變到需採取疏散，政府將依風險及疏散效率，優先疏散 3 公里內民眾；再視氣象和風向狀況，逐步增加下風向 8 公里、16 公里疏散範圍。

■ 日本福島核災發生後，原能會即參酌國際組織及世界核能先進國家的資訊，對我國核電廠進行安全總體檢；若真的發生超乎預期的核子事故，核電廠會以保障人民健康為首要任務，在有輻射外洩的可能性前，立即執行注水 (生水或海水) 冷卻反應爐，也就是寧願廢棄核電廠，也不能讓核電廠有任何發生核災的機會。

阿光告訴你

核電廠和核廢料貯存場→輻射量遠低於國際安全標準

■ 按照國際輻射防護組織標準，非背景輻射的游離輻射，每年不超過 1 毫西弗 (亦即 1000 微西弗) 為安全。

■ 核電廠週遭民眾整年接受核電廠輻射量介於 0.001-0.015 毫西弗，是安全標準的千分之一。

■ 蘭嶼核廢料貯存場只存放低放射性核廢棄物，環境輻射 (0.043 微西弗 / 時) 均在自然背景變動範圍內 (0.2 微西弗 / 時以下)，並未因這些低放射性的廢棄物而異常的高。

7、釷 - 核能發電應用

■ 潛在核燃料—釷 (Thorium, 232Th)

◎ 釷為存在於自然界之放射性元素，因蘊藏量較豐富，曾被考慮用來作為核燃料，且產生的核廢料之放射性半衰期較鈾核燃料為短，曾被認為是一種潛在核能源。

◎ 目前為止釷的實際利用率與應用可行性仍不高，僅於 1970~1980 年代零星運用於實驗爐。

◎ 近年世界各國釷儲量 (以二氧化釷 (ThO2) 計) 初步估計為 538.5 萬噸，其中印度釷蘊藏量約為 84.6 萬噸占全球第一，其次依序為土耳其 74.4 萬噸、巴西 60.6 萬噸、澳洲 52.1 萬噸與美國 43.4 萬噸。

釷的全全球蘊藏量預估

國家	蘊藏量 (萬噸)	全球蘊藏量占比
印度	84.6	15.71%
土耳其	74.4	13.82%
巴西	60.6	11.25%
澳洲	52.1	9.68%
美國	43.4	8.06%
埃及	38	7.06%
挪威	32	5.94%
委內瑞拉	30	5.57%
加拿大	17.2	3.19%
俄羅斯	15.5	2.88%
南非	14.8	2.75%
中國	10	1.86%
格陵蘭	8.6	1.60%
芬蘭	6	1.11%
瑞典	5	0.93%
哈薩克	5	0.93%
其他國家	41.3	7.67%
全球	538.5	100.00%

資料來源：World Nuclear Association，2011

◎ 根據核能研究所的調查，臺灣在嘉義、臺南外海一帶，蘊藏有約 55 萬噸的重砂，其中含可提煉釷的「黑獨居石」約 3 萬多噸與「黃獨居石」約 0.4 萬噸，約可提煉接近 0.3 萬噸二氧化釷 (ThO2)。

■ 釷燃料於核能發電的應用仍於實驗階段

◎ 鈾 -233、鈾 -235、鈽 -239、鈽 -241 為四種可用於核反應的可分裂元素，可作為核能發電的燃料。其中僅鈾 -235 存在於自然界中，而釷 -232 可以藉吸收中子蛻變成為鈾 -233，理論上可應用於「快滋生反應器」中，提高核燃料的使用率。但由於鈾 -238 此種自然元素亦可吸收中子蛻變成為鈽 -239 或鈽 -241，現階段以鈾 -238 滋生為鈽 -239 之經濟與能源效益遠高於以釷 -232 滋生為鈾 -233。

◎ 以氟化釷 -232 與氟化鈾 -233 製成的液態熔鹽核燃料，放入快滋生反應器可以大幅度提高可分裂核種的滋生率，燃料使用效益遠優於傳統輕水式反應爐。

◎ 惟目前這類快滋生反應器仍是以鈽 -239 與鈾 -238 作為核燃料的材料，而釷 -232 的利用仍處在實驗階段。

阿光告訴你

國際正積極研發運用已用過核燃料之發電技術

全球也積極發展小型的核反應器如微軟創辦人比爾蓋茲於 2010 年投入新創公司，研發運轉久、更安全之小型發電廠反應爐，希望讓貧窮國家用得起電，還解決氣候變遷、貧困與核武擴散等問題。

■ 釷燃料—應用於核能發電之挑戰

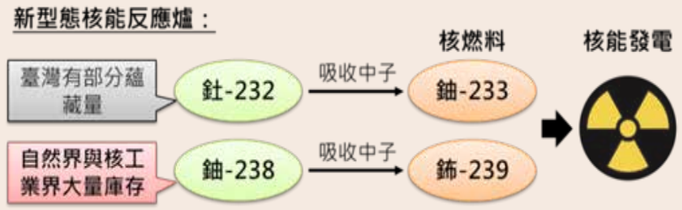
◎ 釷 -232 可應用於快滋生反應爐與液態熔鹽核燃料反應爐中，作為滋生鈾 -233 的可孕元素。

◎ 美國、俄羅斯、印度等都曾針對釷進行研究，然現階段仍面臨技術未成熟與成本高昂的挑戰，且其滋生鈾 -233 的中子來源 (鈽或鈾) 亦需另外取得，以致於現階段直接應用釷於核能發電之概念仍有商業現實需要克服

◎ 目前只有印度因釷資源豐富，且印度不想受限於「禁核武條款」，仍致力於「釷 - 鈾燃料」與「釷 - 鈽燃料」的開發利用。

◎ 除了釷 -232 應用技術限制外，使用鈾 -238 於核反應中之效益遠高於使用釷 -232，且自然界與核工業界之庫存中，目前存有大量的鈾 -238，可供未來快滋生反應爐使用 1,000 年以上，相對地使得釷 -232 利用的商業化機會變得十分渺茫。

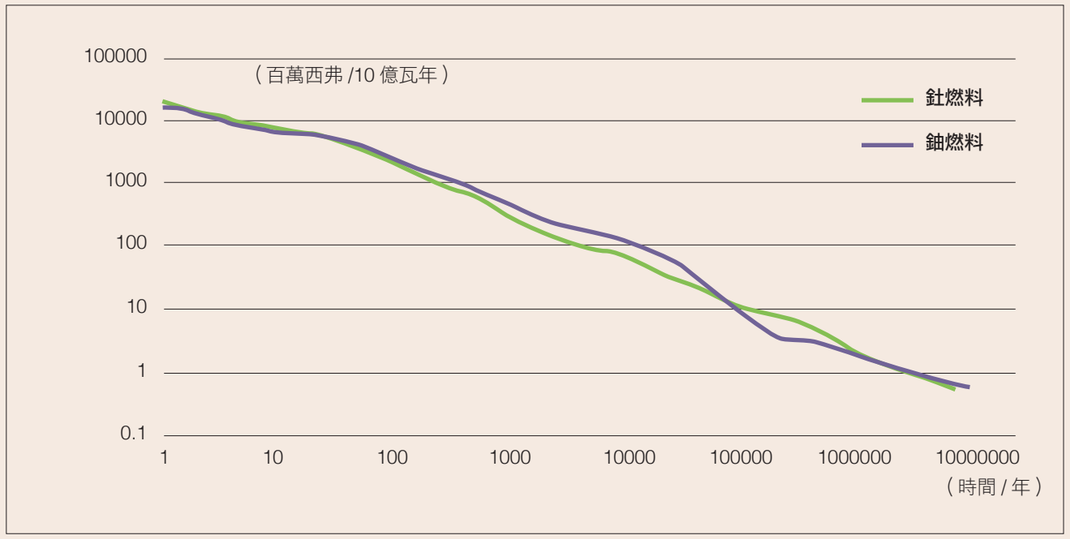
釷 -232 與鈾 -238 應用於新型核能反應爐示意圖



■ 釷 -232 在核能應用仍無法避免放射性核廢料問題

◎ 依據英國國家核能實驗室之研究，在產生相同的能量下，釷核燃料廢棄物放射性僅在反應後的 1 百年 ~10 萬年間較鈾核燃料來的低，在 10 萬年後，甚至又再次高於鈾核燃料，因此認為目前尚未有充份的理由來進行釷發電的投資。

釷與鈾燃料廢棄物放射性衰變比較



資料來源：英國國家核能實驗室 , 2012

8、政府的核能政策和立場是什麼？

■ 確保核安，穩健減核，打造綠能低碳環境，逐步邁向非核家園

■ 續建核四的理由

◎ 我國能源 98% 依賴進口，核能可以提供穩定的電力，降低對進口能源的依賴。

◎ 追求能源多元化、提升能源自主性，才能確保我國能源安全。

◎ 再生能源發展有其限制，短期內仍無法取代核能發電。

◎ 政府已經很努力推動節約用電，但電力需求仍會因經濟持續發展及民生需求增加而持續成長。

■ 廢核的代價

◎ 若核四停建，最快 105 年起會面臨缺限電風險。

◎ 若核四停建，北部地區缺電風險最大，對經濟和民生都將造成嚴重衝擊。

◎ 核能發電成本相對較低（已將廠址除役及核廢料處理成本計算在內）若停建核四將造成電價上漲。

◎ 核能發電的碳排放遠低於火力發電，若以天然氣發電取代核四，增加的碳排放需要 19000 座大安森林公園才能吸收。

■ 在安全的前提下我們應該支持核四運轉

◎ 核能發電是否安全，應該讓專家來鑑定，而非取決於流言或想像。

◎ 核四 1 號機強化安全檢測作業已於 103 年 7 月 25 日順利全部完成。所有興建與測試過程中發現的工程缺失均已改正並經由完整驗證，並經專家確認符合安全設計規範要求。

◎ 世界核能發電協會 (WANO) 也會派遣專家小組來臺進行評估，確認核四廠組織及管理必須符合業界營運電廠之高標準。

◎ 原能會將邀請美國核管會 (NRC) 專家執行聯合視察，確認符合法規要求及安全無虞下，才會核發執照、裝填燃料，並在「安全第一」的前提下營運。

9、減少使用核能發電 您有更穩健的選擇

非核家園是朝野共識，我們應該選擇：

驟然廢核？
穩健減核？

■ 這一次是國人關鍵性的選擇，是要「核四封存不商轉」，或是「讓核四在確保安全後運轉，為我們經濟發展及國民生活提供穩定電力」。

■ 在選擇之前，我們必須思考：臺灣的經濟發展需仰賴穩定的能源，此時決定核四封存不商轉，適當嗎？在按部就班通過安檢並運轉後，即可為臺灣未來四十年提供便宜又穩定的電力，我們難道現在就要輕言放棄？既忽視了可能的缺電及經濟衝擊，又少了發展替代能源的緩衝時間。

■ 臺灣未來的發展方向，由全民共同決定，但政府有義務說清楚缺電可能帶來的經濟衝擊，並提出切實可行的減核時程，作為人民選擇的參考。

■ 很多人以為：

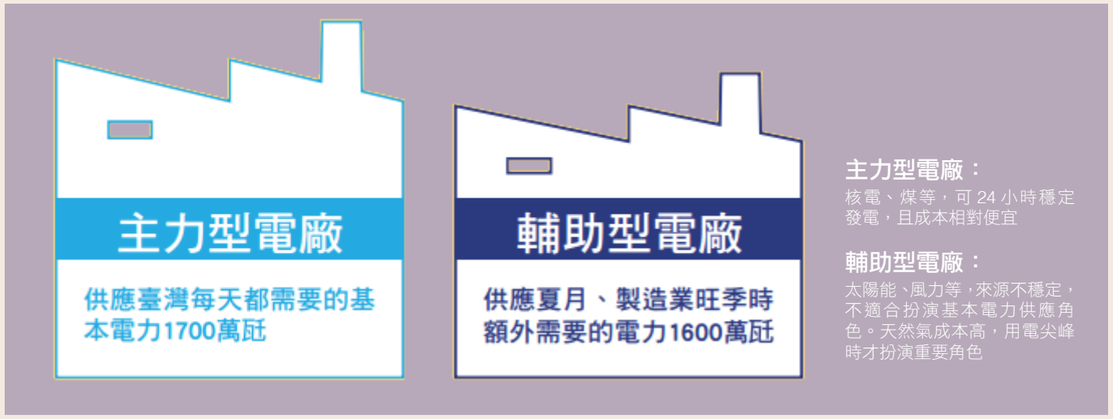
核電只占臺灣發電量的 18%，少了也不會缺電。

■ 但很少人注意到：

日本的核電占比與臺灣相近，卻在前年暫停核電運轉後，馬上實施大規模分區限電；地鐵、醫院、工廠生產所需用電吃緊，安倍首相基於經濟考量不得不在今年宣布考慮重啟核電。

■ 這是因為：

核電可以 365 天不間斷運轉，是國家的關鍵電力，不像太陽能、風力等電力產出受限於天候。



■ 主力型電廠除役，出現缺口

103 年起，林口、通霄、大林、協和火力發電廠相繼關閉，即使新電廠能順利依計畫興建，如果核四不商轉，將沒有可替補的主力型電廠，立即出現電力缺口。而 107 年開始，核一、核二、核三又將陸續除役，電力供給面臨更大困難。

為什麼要穩健減核，因為：

經濟 牽一髮動全身

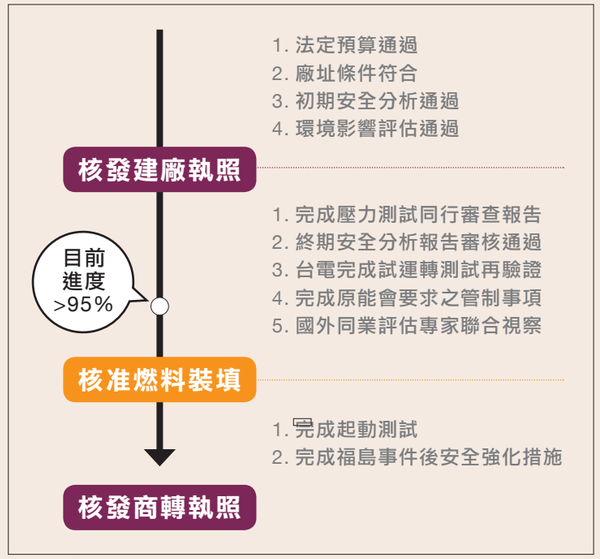
核四若不商轉，對於擺在眼前的電力缺口，短時間內無法用不穩定的再生能源來填補，用煤又會增加過多碳排放，只能盡量花大錢購買天然氣來替代，屆時電價無可避免地必須大幅調漲。

■ 臺灣現階段的經濟禁得起這樣的衝擊嗎？

◎ 有些人主張，只要產業轉型，降低臺灣製造業的比例，就不需要用那麼多電。但是製造業目前仍是臺灣經濟發展的火車頭，而且產業調整需要時間，如果現階段核四封存不商轉，短、中期將致使缺電或是電力成本大幅提高，將迫使製造業外移；不但減少就業，也影響到廣大服務業的發展，危及臺灣整體經濟。

◎ 核一、核二、核三能夠穩定運轉，安全營運績效在國際評比中表現優異*註，而伴隨臺灣經濟發展 35 年，是因為當初有充分時間完成一道道安檢程序。

◎ 安檢是確保電廠安全的嚴謹過程；政府保證，一定會用最嚴格的標準來完成核四的安檢程序。只有在符合安全管制法規的前提下，政府才會核發核四廠燃料裝填許可及商轉執照。



＊註：「國際原子能總署」(International Atomic Energy Agency, IAEA) 評比我「機組能力因數」(UFC) 為全球第 6 名 (2011-2013)。

政府保證：安全是一切前提

韓國持續發展便宜核電，供企業在世界競爭：

韓國目前的核電機組數將近臺灣 4 倍，預定 2025 年核電裝置容量更將提高約為目前的 1.7 倍！
→這是為了提供穩定低廉的電力，降低企業成本，讓出口競爭力高過其他國家。

書　　名　電從哪裡來　核四封存後你不可不知的事

發　行　人：經濟部能源局
出　版　者：經濟部能源局
　　地址：台北市復興北路 2 號 13 樓
　　電話：(02)-2772-1370
　　傳真：(02)-2776-9417
　　網址：http://web3.moeaboe.gov.tw/ECW/populace/home/Home.aspx
出 版 年 月：中華民國 104 年 07 月初版

GPN：4710401163
ISBN：9789860455694

電子書設計製作：
　　設計製作：經濟部能源局
　　地址：台北市復興北路 2 號 13 樓
　　電話：(02)-2772-1370
　　網址：http://web3.moeaboe.gov.tw/ECW/populace/home/Home.aspx

電子書播放資訊：
　　作業系統：Microsoft Windows XP 以上之作業系統
　　Android 系統
　　ios 系統
　　檔案格式：FLASH、HTML5、APP
　　檔案內容：PDF
　　播放軟體：網頁瀏覽器或手機 APP
　　使用載具：電腦及行動裝置 (手機、平板)