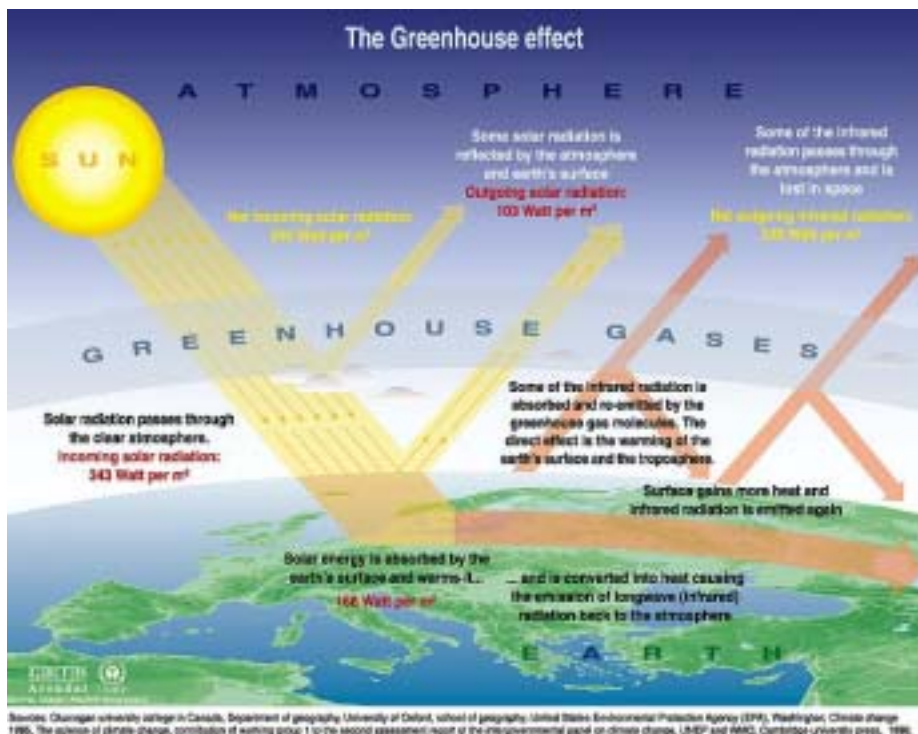


溫室效應完全自救手冊 (臺灣環境保護聯盟 徐光蓉編撰)

1. 什麼是溫室效應？

在人類還開始發展工業之前，地球大氣中一些氣體會吸收地表向外發散的紅外線(熱)，並再釋出，接近地表的氣溫因此略為上升。這種近似暖房的增溫作用，被通稱作溫室效應(Greenhouse Effect)，產生這些作用的氣體就是溫室效應氣體(Greenhouse Gas, 簡稱 GHG)。如果地球沒有溫室效應氣體，地球表面的平均溫度應該僅為攝氏零下 18 度，而不是目前全球平均溫度的攝氏 15- 16 度。

地球上重要的溫室效應氣體包括：水、臭氧、二氧化碳(CO₂)、氧化亞氮(N₂O)、甲烷(CH₄)、氟氯碳化物類(含 CFCs、HFCs 及 HCFCs)、全氟碳化物(PFCs)，及六氟化硫(SF₆)等，最後三類完全是人工合成自然界沒有的產物。水與臭氧的時空分佈變化很大，因此一般不考慮這兩項。剩餘氣體中以二氧化碳的溫室效應約佔總效應的三分之二為最多，2005 年大氣中 CO₂ 濃度已經接近 380ppm¹，比起工業革命前的 280 ppm，多出三分之一強。CO₂ 增加的主要原因是人類大量使用煤、石油、天然氣等化石能源導致；此外，人口快速增長，大面積森林開墾作為農業或住宅之用，削弱自然界吸收二氧化碳的能力。

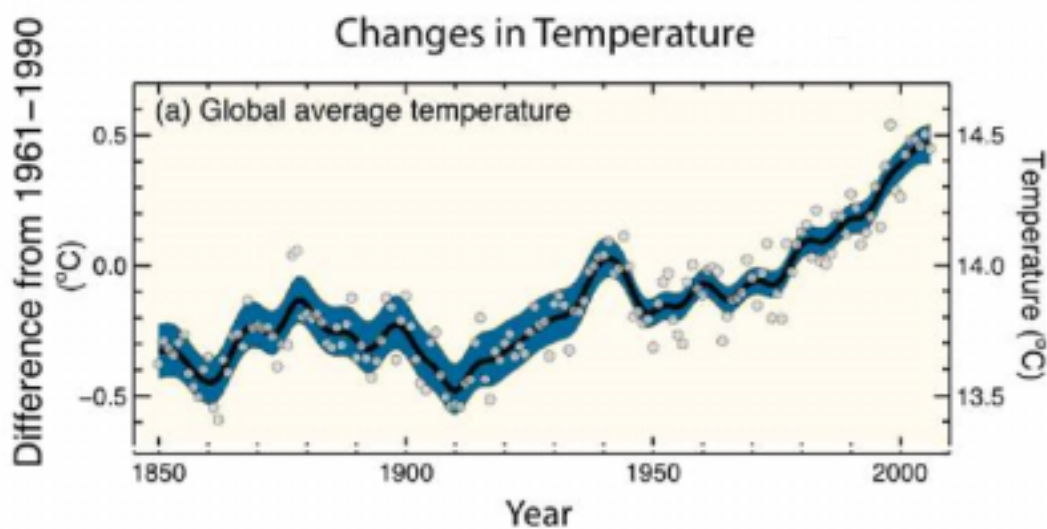


一部分太陽能會被地球反射，多數太陽能被地表吸收之後使得地表暖化，但是地球也會將

¹ ppm 為 parts per million，百萬分之一。

吸收的熱以紅外線形式向外釋出；部分紅外現在向外的過程中會被大氣中的溫室效應氣體吸收，這些被吸收的熱再度釋出時，一部分會折向地表，使得地表或大氣低層溫度上升；這現象就是溫室效應。

由 1850 年至今，全球地表平均溫度已經上升攝氏 0.76 度，海平面上升約 17 公分。只考慮自然擾動因素，如：火山爆發、太陽週期性變化，及太陽與地球相對位置改變等，無法解釋目前快速的氣候變化。2007 年國際的政府間氣候變遷研究小組(IPCC) 在第四次評估報告結論中指出：「集合近年來更多資料，氣候變遷有百分之九十的機率是因為 1750 年以來人為活動造成」。

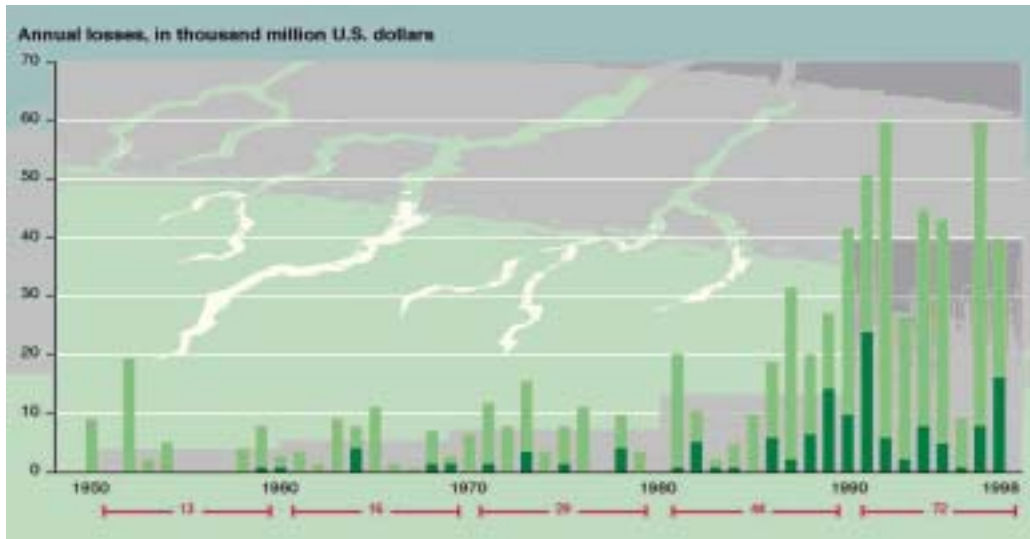


資料來源: IPCC 4th Assessment Report , Climate Change 2007: The Physical Science Basis Summary for Policymakers)

2. 為什麼需要擔心溫室效應氣體大量增加？

氣溫改變並不是均勻地分布，根據觀測資料顯示，緯度高的區域增溫幅度較大；降水的分布也會改變。人和動物的作息和氣候變化息息相關，快速的氣候改變不僅打亂生物的作息，影響人類的經濟活動，嚴重時甚至可能因為不能適應而導致物種滅絕。當然氣溫上升可能會增加緯度高的地區的可耕作範圍及時間；然而對多數區域而言，農業生產周期破壞，氣溫上升會加速病蟲害的繁殖，導致更多的損失；溫度上升也會讓傳染病病媒散佈區域變大，加重原本衛生環境較差國家的負擔；海平面的上升直接影響低窪地區民眾生存空間；動植物棲地、生態環境，甚至整個社會結構都可能因而改變。

對於以上所提溫室效應氣體增加產生的負面影響，科學家還無法明確證實是否會一一發生，但根據過去四十年國際再保公司資料顯示，因為洪水、乾旱、颶風等極端天氣現象所導致的財物損失從八十年代末期起迅速攀升。因為缺乏足夠長的資料，因此無法確定是颱風洪水等天災次數增加，還是這些天災的強度增強，但已然是個強烈的警訊。



多數溫室效應氣體在大氣中存留很久 --- 如 CO₂ 可存留約 120 年，到全氟碳化物的五萬年生命期；也就是說今天我們釋放的廢氣，在一個世紀或數百個世紀後才會消失。依據 2007 年 IPCC 評估報告，如果大氣中二氧化碳含量增加到工業革命前的兩倍，全球平均溫度將約上升攝氏 3 度，海平面升高約 10 - 60 公分。如果從工業革命開始累積到現在的二氧化碳排放，已經逐漸影響現在的氣候；而現在起前所未有的排放量，不僅可能影響後代子孫，還可能加劇直接影響我們。為了子孫，也為我們自己，我們不僅必須關心，更需要採取行動。今日的怠忽意味著未來更嚴厲地緊縮。

3. 什麼是京都議定書？

早在 1980 年代科學家發現人類活動排放的二氧化碳可能引起全球氣候改變，開始設法喚起大眾注意。在一連串國際會議後，聯合國於 1990 年成立氣候變化綱要公約籌備小組起草相關規範，並於 1992 年 5 月 9 日聯合國大會正式通過此公約 --- 聯合國氣候變化綱要公約 (United Nation Framework Convention on Climate Change；簡稱 UNFCCC)；於同年六月里約的地球高峰會獲得 154 國元首連署。UNFCCC 第一次大會於 1995 年召開但發現原先的自願減量毫無成效，因此決定在 1997 年 12 月於日本京都召開的第三次會員大會制定具有約束力的規範，經過激烈討論終於於 12 月 11 日產生「京都議定書」(Kyoto Protocol)。

京都議定書第一個階段，規範由 38 個工業國及歐盟組成的附件一成員國將於 2008 到 2012

年間，將六種溫室效應氣體：二氧化碳、甲烷、氧化亞氮、氫氟碳化物、全氟碳化物與六氟化硫的排放量削減至比 1990 年排放量少 5.2%；並容許各國應情況不同而可以有不同的減量目標。如歐盟及保加利亞等國需減少 8%，美國減 7% (已拒絕簽署)，日本、加拿大減 6% 澳洲及冰島可分別增加 8 到 10%。其他國家包括臺灣，南韓，中國及印度等到目前為止還未被要求減量，未來則很難說。

議定書容許附件一成員國間可以透過排放交易(Trading)，合作減量 (Joint Implementation, JI) 及附件一與非附件一成員國間的清潔發展機制 (Clean Development Mechanism, CDM) 實現減量目標。京都議定書已於 2005 年 2 月 16 日也就是俄羅斯簽署書送達後第 90 天正式生效。

4. 台灣二氧化碳排放現況如何？

依據經建會 2003 年統計年報，台灣能源供應由 1970 年 11.9Mtoe，1980 年 34.3Mtoe，1990 年 58.6Mtoe，2000 年 105.0Mtoe，到 2002 年 113.2 Mtoe，每十年能源需求增加為前期的 2.9，1.7，及 1.8 倍。同時期平均國民所得分別為 389 (1970)，2,344 (1980)，8,111 (1990)，14,188 (2000)，及 12,900 (2002) 美元；增加的倍數分別為前期的 6.0，3.5，及 1.7 倍。清楚顯示七八十年代經濟成長遠比能源需求增加快速，九十年代起能源需求比經濟成長快速，而 2000 到 2002 年國民平均所得下降，但能源需求仍持續上升！與許多認為降低能源消耗會阻礙經濟成長完全不符！更顯示台灣實際能源消耗的過度。

目前，台灣自產能源僅佔很小的比例，2002 年僅佔 2.2%；原油一直是使用最多的化石燃料，比重在 1977 年最高，逐年下降至近年來約一半；取而代之的是用煤比例不斷上升，2002 年至 33.1%；核能從 1977 年正式發電，2002 年占能源供應的 8.7%；天然氣 1990 年才開始引進，2002 年達 6.8%。

據經濟部能源局資料，1990 年的溫室氣體排放總量為 1.49 億噸二氧化碳當量，其中二氧化碳排放量 1.24 億噸，佔 83%；甲烷 15%、氧化亞氮 2%。由個別排放部門來看，台灣的溫室氣體排放源以「使用能源」為最大，佔 78%，其所排放的二氧化碳為 1.13 億噸，換算成每人平均排放量 1990 年為 5.54 噸。

臺灣的 CO₂ 排放量在 1995 年增為 1.67 億公噸，增加 44.4%；相當於每人每年排放 7.83 公噸；平均年增加率超過 6.5%。2003 年溫室效應氣體總排放量已達 2.56 億公噸，相當於每人每年排放 11.3 公噸。

5. 與其他國家比較，臺灣排放已然過多。

公元兩千年全球消耗約 8713Mtoe 商用能源，雖然美國僅佔全球 4.6% 人口，但卻用了全球

25.8%的能源，所排放的溫室效應氣體也佔全球約 1/4。工業先進國家中俄羅斯人口 2.4%，使用 7.08%能源；高能源效率著稱的日本人口佔全球 2.1%，使用全球 5.77%能源；德國人口為全球 1.4%，使用 3.75%。比較先進的開發中國家消耗相對較少，如巴西人口比日本多，佔 2.8%，使用全球約 1.54%能源；南非人口佔 0.72%，消耗 1.24%全球能源；近年開始經濟發展的中國有全球 20.8%人口，消耗 8.84%能源；而印度有全球 16.5%的人口，但僅用 3.4%；仍然有許多亞洲非洲國家的能源用量比例甚至比中國印度還低。

以上數據顯示，全球能源不僅是分配不均，工業國的消耗遠遠超過經濟發展比較落後的國家。若是以總量來看，因為開發中國家因為人口眾多，能源需求增加迅速，CO₂ 排放總量據估計到本世紀中將超越工業國的排放總量。

京都議定書由 1997 年簽署一直到 2005 年才正式生效，主要爭執點就是誰該先開始減少 CO₂ 排放？開發中國家認為目前的問題是工業國過去兩百年大量排放造成，因此必須先承擔減量責任。而部份工業國認為開發中國家未來排放量將大幅增加，因此現階段京都議定書僅規範工業領先國家，不要求經濟發展落後國家減量是對解決問題並沒有幫助；美國因此拒絕簽署。

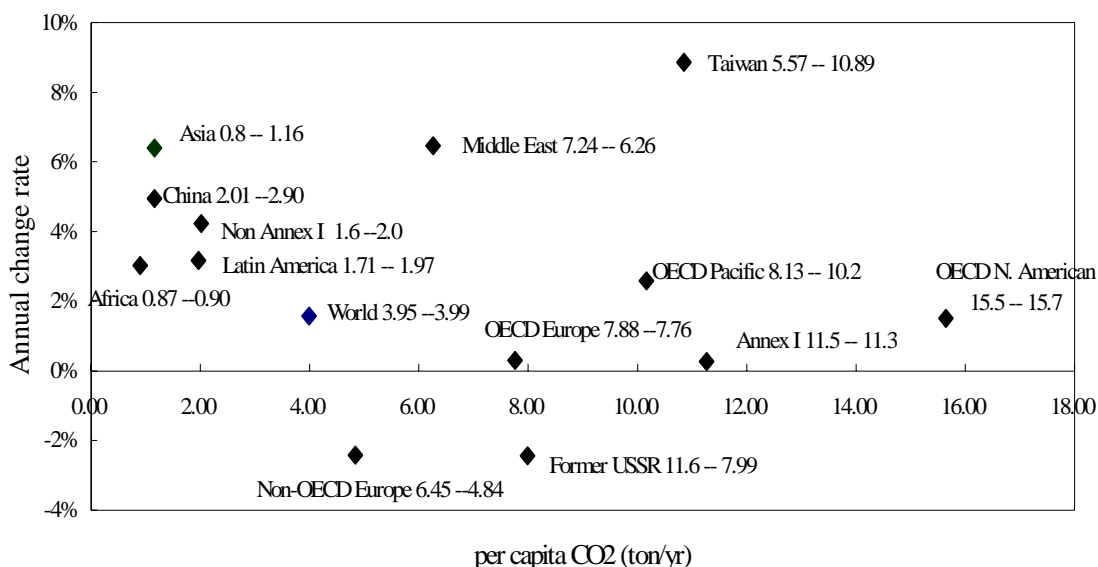
坊間一些人不認為台灣需要理會京都議定書減少 CO₂ 排放，理由不外：

一、 臺灣因為國際地位特殊，不是氣候變化綱要公約會員國，因此臺灣不需要理會國際公約，如京都議定書。然而，以出口為導向的台灣一向不是華盛頓公約（保護瀕臨絕種動物）會員國，但也會因為用犀牛角、熊膽入藥備受國際社會質疑。

二、 將臺灣視為開發中國家，現階段京都議定書並未規範，當然不需理會。臺灣人口佔全球約 0.36%，耗費全球 1.12%能源，依照比例計算以高過日本德國！因此不應該自認是開發中國家規避責任。

1990 年全球每人每年平均排放 CO₂ 量為 4.08 公噸，1995 年略降為每人每年 3.92 公噸。經濟

1990-2003 per capita CO₂ change



發展最好的經濟合作暨發展組織 (OECD) 國家，在 1990~1995 年間每人平均排放量都穩定在 11.1 公噸左右，如果除去美國加拿大高能源消耗國，剩下 OECD 國平均 CO₂ 排放僅 10 公噸左右。目前臺灣的每人每年排放量已超過日本等半數以上 OECD 國家，實在不能自稱為開發中國家！如果臺灣 CO₂ 排放量仍以此增加幅度持續，未來勢必成為台灣經濟發展的一大阻礙。

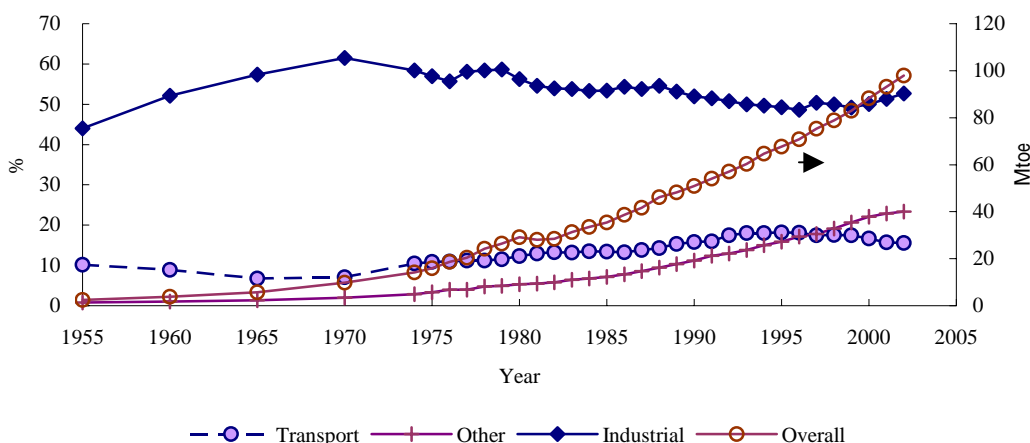
6. 臺灣為什麼會用這麼多？

臺灣每年耗用能源相當於 7.33 億桶原油，也就是每天使用約 200 萬桶原油；每人平均每年排放的二氧化碳已經超過半數以上 OECD 國家。另外根據台電統計年報 2001 年臺灣每人平均用電 7175 度電，遠超過法國(6990)，德國(6297)，義大利(4954)，南韓(5344)，英國(5771)，與日本(7336)及瑞士(7563) 相當。到底能源是使用在哪些地方，為什麼用這麼多？

從各類消費部門區分，可以發現從七十年代起工業部門一直銷耗全國近 60% 的能源（見下圖）；運輸部門其次，比例逐漸攀升中；住宅及商業部門更低。一九九五年這三個部門排放的二氧化碳所占的比例分別為 59.1%、17.4% 與 15.4%。其實所有工業先進國家工業耗能佔總能源消費之比例，僅在 1/3 左右，如美國 25.9%，英國 27.3%，法國 29.1%，德國 32.0%，義大利 34.0% 等；日本與韓國稍高，分別是 42.7% 及 46.9%。工業耗能比例高過臺灣的都是經濟發展遠遠落後的國家，如北韓 巴林，中國，保加利亞，與羅馬尼亞等國。

工業部門中高耗能產業，如鋼鐵、石化、水泥及造紙業消耗了全國三分之一以上的能源，卻只創造出 7% 左右的 GDP。如果我們可以減少這些高耗能產業一半的能源消耗，也就是省下全國六分之一的能源，移用於其他低耗能高附加價值產業；這些高耗能產業所產生的 GDP 減少，最多導致全國 GDP 下降約 3.5%，但是高附加價值產業如果能因此創造出至少全國 23% GDP，淨效果將使全國的 GDP 增加約 20%。

台灣各部門的能源消耗



7. 個人節約能源，減少溫室效應氣體排放

想要減少 CO₂ 排放，全球不外乎：(1) 減少化石燃料的使用，與(2) 發展新能源兩項為主。另外，有少數研究如何吸收排放出來的 CO₂，如種樹，或將 CO₂ 打入礦坑或深海，但是到目前為止，效果遠不及(1)(2)，十分有限。

節約能源有幾種方式：不用，少用，或更有效率的使用。一般的節能宣導「隨手關燈」就屬於不用之列，這種訴諸個人習慣的節約方式，往往在熱鬧的運動過後，舊習復發時失去成效，但這方法花費很少，確實是成本最低的節能方法。因為原油價格上漲，環保團體呼籲公家機關冷氣溫度不可設太冷，以減少耗電；這方式不是不用而是要求少用，這種方式與「不用」都不需要更換硬體設備，是成本低的節能方式，但因為需要每各「個人或團體」時時關注，因此可能在強力宣導過後，或能源價格下跌後又恢復舊習慣。前兩項能持續執行的多半都是本身就很堅持環境保護理念者，也因此，加強這方面的宣導成效如何，是很難評估。

更有效率的使用能源是利用高能源效率的產品，因為不需要改變個人生活習慣，所以效果持久。在日常生活中，許多新而效率高的家電產品可以幫助大家降低電費；如：省電燈泡耗電僅一般普通燈泡的 1/4，雖然貴但壽命長，如果一個省電燈泡是普通燈泡壽命的十倍，即使貴十倍，還可以省下不少電費！

夏天到，空調廣告到處可見，變頻空調耗電僅一般空調的 40%-60%，一個月就可以節省近一半的冷氣電費；當然安裝的冷氣沒壞是很少有人會換，也因此選購使用多年的電器時如何取得必要資訊變得特別重要，如冰箱，洗衣機，冷氣，都應該比較不同產品間的能源效率！此外，公共場所以 LCD 取代普通燈泡，加裝感應器減少使用時間等都是以技術協助，減少能源使用，因為需要改變硬體，若這方面資訊不容易取得，民眾希望配合時因為不知如何選擇，變得困難。

8. 以開徵碳稅調整產業結構，並降低溫室效應氣體排放

前面討論談到臺灣為何會耗用這麼多能源，可以發現臺灣的工業耗能比重比工業先進國高出許多；僅高耗能產業耗能就與其他國家所有工業耗能相當。因此，適當調整產業結構實屬勢在必行。

如果政府指定某項產業只能使用一定額度的能源，額度多或少都會影響產業的發展，分配不均也容易滋生弊端，而既有產業還可藉此阻擋更有效率更具競爭力的新產業加入；因此用指定額度並不是最有效率的策略。

如果政府規定所有產業從今起必須用最有效的製程，希望以此降低溫室氣體排放。實際上，

產業遠比政府清楚何謂最佳製程，政府為此政策必須每年投入許多人力稽查各產業是否符合所設規範，…。更何況，如果不設法規範新產業加入，溫室氣體排放量怎麼降得下來？好似一些人減肥，斤斤計較攝取的每個食物的熱量，卻不控制食物的總量，如何能成功？

溫室氣體中影響最大的就是 CO₂。人類量使用燃料使得大氣中 CO₂ 濃度上升，逐漸改變地球氣候，可能導致颱風洪水乾和等天災發生頻率增加，造成的損失由所有納稅人負擔，與使用燃料(能源)多寡無關。因為使用燃料所造成的不良外部成本並沒有反應在燃料的價格上，會造成多用、浪費。

碳稅是以燃料所產生的 CO₂ 排放量為課稅標準，低碳燃料如天然氣稅率將是高含碳煤的一半，風力及太陽能為零。藉由課稅的手段，增加高含碳量能源的使用成本，透過價格機能減少高含碳量能源的使用，以達成 CO₂ 排放減量的最終目標。能源稅則是以能源及其產品為課稅的稅基，依每單位熱值的污染排放量來課稅。目的與碳稅相同 - - 希望透過價格機能改變能源使用結構，並減少 CO₂ 排放。

開徵碳稅/能源稅會使能源價格上升，政府可將增加的稅收用於因應或防止氣候改變的災害；成本增加會促使廠商更新技術，或在生產過程中降低 CO₂ 排放，或將轉作低能源/碳密集產業的生產，自然會促使產業結構調整。

決定課徵多少才是最適稅率是這政策最困難之處，往往需要一段長時間的嘗試錯誤過程，而減量效果也不易掌握。在臺灣，開徵碳稅還需要經過冗長的立法程序，並非短時間內可以付諸實施。但至少政府應該密切注意國際的發展動態，進一步研究碳稅/能源稅的可行性及其相關的問題。

9. 利用總量管制 + 交易制度調整產業結構

國際上討論 CO₂ 減量都用總量，並以過去發生的量(如 1990 年排放總量)為基礎，不會針對某特定產業的效率討論，也不會因此降低該國減量責任。有些人提倡以「一切如常」作為「減量基準」，實在是自欺欺人。舉例說，現階段體重 70 公斤，每個月增加 2 公斤，依照「一切如常」計算，一年後體重應為 94 公斤，實際是 84 公斤，難道表示此人減重 10 公斤？因此，政府若是卻有誠意減少 CO₂ 排放，應該用「總量」思考，努力減少的目標也該用「過去發生量」(如 1990 年，1997 年，或 2000 年)為基準。

開始時大家的量應該如何取得呢？一種可能是在公開市場發行(拍賣)一定量的 CO₂ 排放權證取得權證者(廠商)，在特定的期間(一年)內，可以排放不超過其權證所設定的 CO₂ 量。如果廠商排放比其擁有權證量少，可以將多餘的量出售給需要的其他廠商，因此提高效率減少排放是可以獲利。如果廠商認為舊廠更新花費太多，就必須花費較高成本去市場收購排放權證，當收購成本高過內部減量成本時，就會去執行內部減量，一則是提高能源使用效率，或改變製

程。

原本不同產業、不同廠商的 CO₂ 排放減量成本不同，透過總量管制加上排放權交易等運作，減量自然會從成本最低的先做，所以降低排放量的總成本最少，是種最有效率的減量策略。此法與課徵碳稅可達成同樣的目標，優點相似。不同之處在於碳稅稅率由政府制訂，而排放權證的價格是由市場供需決定，會隨社會、經濟情況變化本自動調整，比碳稅更有彈性。在這種制度下就不需討論是否讓高耗能產業不斷擴充，只要這些產業能擁有足夠的排放權證，（不會影響台灣總排放量）就可以開發；如果無法獲得，只好抱歉了。

總量管制加排放權交易制度能否落實，首先必須建立一套公平合理的排放權證之發放方式：如是只限產業還是全民都可以參與？政府該釋出所有權證，還是應該保留部分給新進產業？如何建立自由競爭的交易市場，避免新進者手到既有產業惡意排擠？政府能否有效監督，掌握執行效果，並做適度懲處以減少弊端？

國際的溫室效應氣體排放交易制度已逐漸展開，美國過去硫化物管制就是利用此策略，實際經驗豐富。對於缺乏此經驗的臺灣，要利用此制度需要一段規劃測試的時間。政府應該及早準備，開始研究建立此項制度的可行性及相關的問題。

10. 應該致力於開發潔淨的再生能源

地球上所有的能源都是由太陽能轉換而來，今天用的化石燃料是數百萬年前光合作用吸收的太陽能儲存在煤、石油、天然氣中，被人類發現拿出來使用。嚴重的空氣污染事件從煤、石油的大量使用開始，硫化物造成的酸雨，氮氧化物與有機揮發物質造成的光化污染，不僅傷害人體健康，動植物生長，破壞生態環境，也造成巨大的經濟損失。

何況，地球所含化石燃料總量是有限的，現階段估計除了煤還可供人類使用 200 到 300 年外，其他包括鈾礦在內的能源僅能供應六七年。因此在本世紀內，人類必須要找到新的‘再生’能源以維持所有的活動。許多大的跨國石油公司已經開始致力於再生能源的研發，英國石油公司(British Petroleum，簡稱 BP) 以改名超越原油 (Beyond Petroleum，同樣的縮寫 BP)。



若依世界能源委員會(World Energy Council，簡稱 WEC) 的研究建議，公元 2020 年再生能源

可以提供全球 30% 的能源需求，每年將可減少約 36 億公噸的 CO₂ 排放，約為目前全球每年排放量 120 億公噸的 30%。此外，新技術的開發可以創造投資機會，促進產業發展，以及眾多的就業機會。

台灣為處亞熱帶，比起日本、德國日照長且強，更適合發展太陽熱能和太陽光電；台灣西部沿海及各離島，時常有穩定的強風，非常適合發展風力發電；臺灣四周環海，也可以嘗試利用潮汐或海水溫差發電的可能；而全台各地終年高溫多雨，植被豐盛且生長快速，開發「生質作物」應有相當大的潛力。另外，動植物廢棄物也可以再利用轉換成能源，如：家畜家禽糞便發酵產生甲烷(CH₄，或稱沼氣)，可用於烹煮或發電；民間亦成立了一家稻殼發電廠；用過的食用油可以製成「生質柴油」；蔗渣可以提煉酒精等。

臺灣能源 98% 依賴進口，如果能開發取之不盡、用之不竭的再生能源，不論量多少，都可以減少進口，不僅節省外匯，減少污染排放，讓能源更「多元化」，也可使臺灣逐漸成為「能源獨立自主」的國家。世界能源委員會(WEC)的預測，到公元 2020 年所有再生能源將佔全球能源供給的 21%。IPCC 更預測在 2020 年，水力、太陽能、風能、海洋能及生質能等可提供全球約 25% 的能源。臺灣雖然深具潛力，但一直缺乏努力，以致於發展遠遠落後。到 2004 年底若水力及焚化爐不計，再生能源還不到全國總發電的 0.03%!

11. 橘子與蘋果相比？再生能源真的不符所需比較貴嗎？

許多人認為再生能源如風力及太陽能不穩定會使得電力供應調度困難，但這應該是這些能源佔相當顯著比例時才會發生的問題，現階段這兩種發電所佔比例幾乎是零，不至於顯著影響電力的調度。有人認為風力發電量高是在電力需求低的冬季，不能應付夏季需求高峰，不符所需。然而如果整體來看，即使冬天利用較多風力發電，依舊可以減少進口燃料，減少污染物排放，對臺灣有利無害！在歐洲風力發電成本已經與使用化石燃料發電相當，是最具競爭力的再生能源。

台灣尖、離峰用電差距甚大，離峰用電約為尖峰用電的六成多；太陽能發電在夏天電力需求高時發電量最大，夏季尖峰時應該利用太陽光電，以取代興建使用有限的大型電廠，作為我們明日的電力。但是太陽光電因為「成本高」很少被考慮。其實發電成本高低和發電量大小有很密切關係，發電成本應該包括三項：燃料成本，維修運轉及建廠成本。如果電廠每年 24 小時持續發電運轉 292 天(80% 使用率)，發電成本中除了燃料外，維修及建廠成本可以分攤給發電的 7000 小時；同樣電廠，如果只有在夏日尖峰電不夠時才啟動發電(例如只用 900 小時)，發電成本仍包括燃料，但維修與建廠成本相對高出近 8 倍！如果太陽能發電與僅為尖峰發電啟動的火力電廠比較，價格明顯接近。

核能發電十分特殊，和其他發電形式不同，前者是利用 U-235 核分裂，產生的中子撞及其他

U-235，物質衰變後減少的質量轉換成熱能。如果產生過多中子，反應可能快速增加而一發不可收拾——核爆！如果產生太少的中子，反應逐漸變慢，無法釋出足夠的熱。要降低「不可收拾」的可能，核電廠需要兩三天開機準備時間，無法隨時開機因應尖峰需求，只用於供應基載(base load)電力。因為使用的時間長，維修運轉成本比使用少的電廠低。根據 1998 年全球核電場調查，僅新核電廠建廠成本就高達一度電約新台幣 10 元，台灣電力公司在成本估算時排除建廠成本，因此會導出「核電最便宜」的結論。如果依台電方式計算，太陽能與風力發電發電成本應該近乎 0！

再生能源雖具有許多優點，卻未能成為能源事業的主流，主要因為再生能源開發面臨經濟面與制度性的障礙。一方面因為傳統的火力及核能發電受到許多補貼，而所造成環境污染的外部成本未能反映在發電價格上，使得再生能源很難在市場上和這些傳統能源競爭。在台灣又因為能源是獨占事業，所形成的市場進入障礙，更使再生能源事業難以發展。工業先進國為了促進再生能源之開發，積極採取獎勵措施，如資本的補助、保證收購與租稅減免等，都足以作為臺灣發展的參考。

12. 多種樹就可以理直氣壯的多用化石能源？

動植物的呼吸作用都會放出 CO₂，因此有人誤以為減少 CO₂ 是要大家不要呼吸，當然不是！動植物所設取的食物，都是直接或間接由植物的光合作用轉換空氣中 CO₂ 累積而來，生物體只是暫時將空氣中 C 儲存，一旦生命消逝，又會氧化成 CO₂ 回到大氣中，並不會對大氣 CO₂ 濃度產生顯著影響。

目前溫室效應氣體大幅增加，主要是人類大量使用化石燃料，而人口快速增加，大量開發破壞植被吸收 CO₂ 的能力所致。因此，多種樹木確實可以增加 CO₂ 的吸收，除非這塊地永遠是林地，否則樹木一旦砍伐被利用，大部分儲存的 CO₂ 會再度被釋出。如果林地永遠保持不變，一個可以運轉 40 年 50 萬千瓦容量的燃煤電廠所釋出的 CO₂，粗略估計要約相當於 1/10 臺灣土地面積的成林才能吸收。如果樹木轉換成柴燒，也需要約 1/30 臺灣土地面積森林提供木柴，產生相同的能量。因此溫室效應氣體減量最佳的方式應該是節約能源提高效率，減少 CO₂ 排放；其次是利用生質作物，最後才是以種樹吸收 CO₂。

13. 核能不是解決之道

我們現在關注的溫室效應主要是由使用化石燃料後產生的廢氣 -- CO₂ 造成，擁核人士認為核能是零 CO₂ 排放，鼓吹應該擴大核能發電。其實現階段核燃料(U-235)從採礦、提煉、運送等過程都使用傳統能源，巨大的核電廠興建，所有控制機件都耗能，實際上不是零 CO₂ 排放。根據地球之友(Friends of the Earth)估計，目前壓水式核電廠每單位能量所排出的 CO₂，是再生能源，如水力、風力及潮汐發電平均的 3.7 倍。如果利用高效率照明與隔熱改善，則核電所排放

的 CO₂ 更高出能源效率提升約 12 倍。全球鈾礦資源有限，如果核能發電大幅擴充，會需要更多低品質的鈾礦，核燃料循環所排出的 CO₂ 也相對增加。

與核能發電產生廢料相比較，CO₂ 在大氣的平均生命其為 120 年，對生物健康無直接影響；核能反應產生的核廢料種類繁多，許多不僅是高放射性物質，毒性也很強；以 Pu-239 為例，衰減成原有一半的量就需要 24,000 年！人只要吸進百萬分之一公克就足以致命！因此國際間很擔心少量核廢料中的鈾落在恐怖組織手中，製造髒彈 (dirty bomb) 在公眾場合釋放。因此核廢料管理需要保證：儲存環境不會改變；長時間核廢不會滲漏污染生態環境及人體健康；不會被有心份子偷走等。美國最近將要討論是否決定在內華達州的 Yucca Mountain 設置高階核廢料的永久儲存場，美國環保署提出的一個核可條件是要保證一萬年地質條件不改變。

臺灣所討論的核廢料儲存場是處理被定義為低階的核廢料，最早是儲存在蘭嶼，因為蘭嶼人拒絕讓廢料船靠岸，運送從 1996 年起停止，總計存放 97,672 桶。從此，包括用過的燃料棒在內，所有核能廢料都儲存在核電廠內。原先核四廠的環境影響評估通過的條件之一：核廢料永久儲存廠要在公元 2001 年底前運轉。至今(2007 年)永久儲存廠的可能廠址都沒有著落。而我們也還沒考慮到核能電廠除役時，該如何處理大量廢料及受放射線污染的土地與建築。

如果臺灣依賴核能為主要能源之一，就必須每十至十五年興建一批新核能機組。再美國三哩島及蘇聯車諾比事件後，核能反應爐的安全問題及不慎所引發災害的幅度是其他發電方式遠遠比不上；因為安全標準不斷提高使得核能發電成本與日俱增，使得核電工業日趨式微。核能電廠鉅額投資，需要十到十五年的建廠時間，不能適時反應社經發展需求，因此工業先進國家中只剩下日本還在興建核能電廠。世界銀行則明白表示不提供融資予任何核能廠。

擁核的人認為核燃料體積小，足以提供「戰時」能源需求，可以提高國家防衛能力。然而，中國至今未放棄武力犯台，也不排除在戰爭中使用核武，因此我們也無法忽視核能電廠可能成為被攻擊的目標；在美國發生 911 事件後，國際原子能總署即要求各國應該加強核能電廠的安全，就是考慮到核電廠容易成為目標的「脆弱性」。其實，如果發生戰爭，首要任務應確保人員物資的輸送暢通無阻，電的是否充分供應對此毫無幫助。

因此，如果想以擴增核能發電作為溫室效應氣體減量方案，無異是飲鴆止渴。

14. 估算個人的 CO₂ 排放量

發電過程中熱料的轉換並不是 100%，台電的轉換效率約在 33%，也就是熱量僅 1/3 被用在發電，其餘的熱在廢氣與熱沸水中流失；若僅考慮燃料燃燒所排出的溫室效應氣體，燃煤火力電廠產生一度電約會排出 930 公克 CO₂；同樣效率的天然氣火力電廠發一度電僅釋放約 520 公克 CO₂；2003 年臺灣發電 57.7% 來自燃煤發電，天然氣發電 13.1%，18.6% 核能。每個人

可以依據以上數值估計用電所排放出的 CO₂。

電是多數家庭主要的能源使用形式，我們還利用天然氣加熱；要將 10 公升攝氏 20 度的水加熱至沸騰，假設電熱 100% 轉換，需要約一度電，若來自燃煤電廠則排放 930 公克 CO₂；如果直接在爐子上加熱，轉換率為 65%，消耗約 0.15 度天然瓦斯，排放約 260 公克 CO₂，所以燒水煮飯，直接用瓦斯爐加熱比用電節省能源，釋放的 CO₂ 也少。但是對於獨居者，如果考慮安全，降低瓦斯外逸或空燒的危險而用電，是完全不同的考量。

一公升汽油約排放 3 公斤 CO₂，如果每個月加油 60 公升，瓦斯 20 度，此人一年用油 720 公升，瓦斯 240 度；此人如果一年用電 7000 度，全年排放 CO₂ 量為： $3*720 + 1.8*240 + 0.93*7000 = 9102$ 公斤，也就是 9.2 公噸。

15. 從自身做起，但也要政府協助

會自己估算 CO₂ 的排放量後，就可以知道該從哪些方面減少 CO₂ 排放：電，汽油，與瓦斯。一般家電壽命由三五年到數十年，因此添購時除了美觀、實用外，還應該注意家電的能源效率。試想年耗電 1000 度與 600 度的冰箱，每年差 800 元左右電費，累積 20 年差異也是相當可觀！省電燈泡放出的光亮度與傳統光源相同，但發熱比較少，用電是傳統燈泡的 1/4；也因此環境中的廢熱低，就不需要額外空調降低溫度。其實現有技術可以使家電的能源效率大幅提升，有些已經上市；其實政府部門早有各類家電產品的能源效率資料，缺乏的是進一步轉換成消費者可以一目了然的資訊。如果能源效率資訊能轉換成以「一年或一天電費」標示的「能源標章」，多數消費者自然會選取效率高的產品，進一步還可以刺激廠商發展更有效率的商品！

越來越多人擁有小汽車，擁有自用車讓人更「自由」--- 掌握自己的時間及行程。但過多的車輛帶來交通阻塞、空氣污染、及氣候改變等。如果換用共乘，就需要共乘者間時間密切協調，不容易維持；民眾如果改搭大眾運輸系統，首先考慮的是大眾運輸系統的班次多寡，可靠程度，及涵蓋區域大小。如果搭乘大眾運輸耗時且費神，就越來越少人願意使用。臺灣目前只有台北縣市有便捷的大眾運輸系統，其他縣市可說是零。如果政府正視溫室效應氣體減量工作，就應努力發展大眾運輸系統。

所以，除了民眾環境保護意識的提升，政府也應該協助民眾：提供充分資訊，逐漸調高市售產品能源效率標準，提供便捷的大眾運輸系統，落實以永續發展為原則進行都市城鄉規劃，廣納民意等。追求更好環境的每個人都應該積極參與公共議題的討論，以行動或選票讓民意代表及政府單位了解「民之所欲」。

15. 結語

許多人都認為制訂更嚴格的環境保護標準會阻礙經濟發展，其實不然。十八世紀製肥皂工廠最早是將製造過程中產生的鹽酸(HCl)廢氣直接排放到空氣中，可以想像這些強酸會迅速地嚴重破壞週遭農地。在鄰居多次抗議下，英國政府制定了最早的环境保護法令，Akali Act。生產者在被要求處理廢氣時發現這些鹽酸另有用途，也就樂於回收再利用。要求更高的環境標準或提高能源效率，其實是要求資源更有效的被利用。

以發電為例，台灣電力公司發電效率約為 34%，也就是燃料中熱只有 34% 被轉換成電力，其餘以熱廢氣與熱廢水的形式排放到環境中。在臺灣特殊的政經體系下，流失 66% 熱的發電效率依舊有盈餘繳庫，也因此不會嚴肅思考如何提升發電效率。提高發電效率可以同時和緩：能源來源日漸有限及日益上升的污染處理成本兩個問題。最先進的天然氣複循環發電機組效率約 60%，小型社區發電配合溫熱水管線，能源利用率甚至高達 90% 以上。所以危機常常會是轉機。

歷史上數次最嚴重的空氣污染事件發生在三十到六十年代的歐美國家，1952 年倫敦的「殺人霧」導致四千人喪命；四十年代末賓州匹茲堡附近污染嚴重到正午道路都需要開燈，1948 年污染嚴重能見度只有幾公尺，救護車都無法行駛；... 今天我們拜訪這些國家很難相信昔日問題如此嚴重，這些國家環保標準成為我們仿效的對象，這些國家經濟發展依舊是世界頂尖，為什麼這些國家能做到？這才應該是臺灣未來發展學習比較的對象。

本手冊重點是討論如何從個人開始「自救」，涵蓋範圍有限；其實政府有更多應該努力的部分無法在此分析，例如：綠建築的推廣；削減不當的補貼；推廣天然氣的應用；改變計電方式以因應尖峰用電；加強節約能源教育與宣導；逐步取消所有對高耗能產業的獎勵或補貼；. 制定溫室氣體排放管制法；. 將 CO₂ 排放量納入環境影響評估項目；加強推動能源事業自由化；促進太陽能、風能、生質能等再生能源利用；