

編按：民進黨長期反核，主張非核家園，然而，現今全球暖化日趨嚴重，台灣在二氧化碳排放減量上努力不足，再生能源所面臨的技術瓶頸，確又非短期能夠有所突破，因此如何降低碳排放同時兼顧能源供應，是台灣必須思考的問題，中研院環境與能源研究小組於2008年2月提出「因應地球暖化臺灣之能源政策」一文，建議應讓核四持續運轉。為了釐清問題本質，提供不同的思考方向，我們邀請中研院經濟所梁啟源博士針對台灣的能源政策，特別是核能政策，為文提供建議。

壹、地球暖化對台灣經濟之影響

2005年2月16日，抑制全球溫室氣體排放的京都議定書正式生效。根據該協議，整體工業國家（議定書中的附件一國家）至2012年時，其溫室效應氣體總排放量必須比1990年的排放量平均減少5.2%。故2012年後開發中國家為主的非附件一國家被要求承諾減量的壓力將大增。我國雖非京都議定書簽約國，但由禁用氯氟碳化合物的蒙特羅議定書的先例來看，我國仍將會受到規範。京都議定書也無貿易等制裁之規定，但根據WTO有關貿易障礙的規定，對環保有「例外條款」，即基於環保考慮可對進出口品課徵環保稅。準此，歐盟已發布的環保三指令，除規定電器電子產品回收（2005年8月生效）及禁止使用有毒物質（如鉛、鎘及汞）（2006年7月生效）之外，也要求能源使用產品需滿足生態設計（EUP）的要求，否則可限制其進口。EUP已於2007年八月完成立法。燃燒化石燃料產生的二氧化碳占台灣溫室氣體排放總量的74%。台灣二氧化碳總排放量占世界1%，排第21名，但人均排放量則高居第18名。2004年我們平均每個人消耗的能量是全世界平均值的2.5倍，已超過瑞士、丹麥、英國、德國、法國、日本與韓國直逼澳洲(3.2倍)、美國(4.5倍)與加拿大(4.8倍)這三個最不理想的榜樣。

國際比較顯示台灣的能源生產力（即國內生產毛額／能源使用量）比歐盟及日本分別低了47%及65%（見圖1）。故2012年之前台灣產業會面臨國際（特別是歐盟）貿易制裁的風險。台灣的出口及進口分別占GDP比率達58.93%及53.48%，歐盟目前（2006）占台灣出口及進口總額的11.7%及10.6%（見表1）。出口若受歐盟等工業國家的貿易制裁，台灣經濟勢必遭受重大打擊。



圖1 各國能源生產力比較 資料來源：經濟部能源局

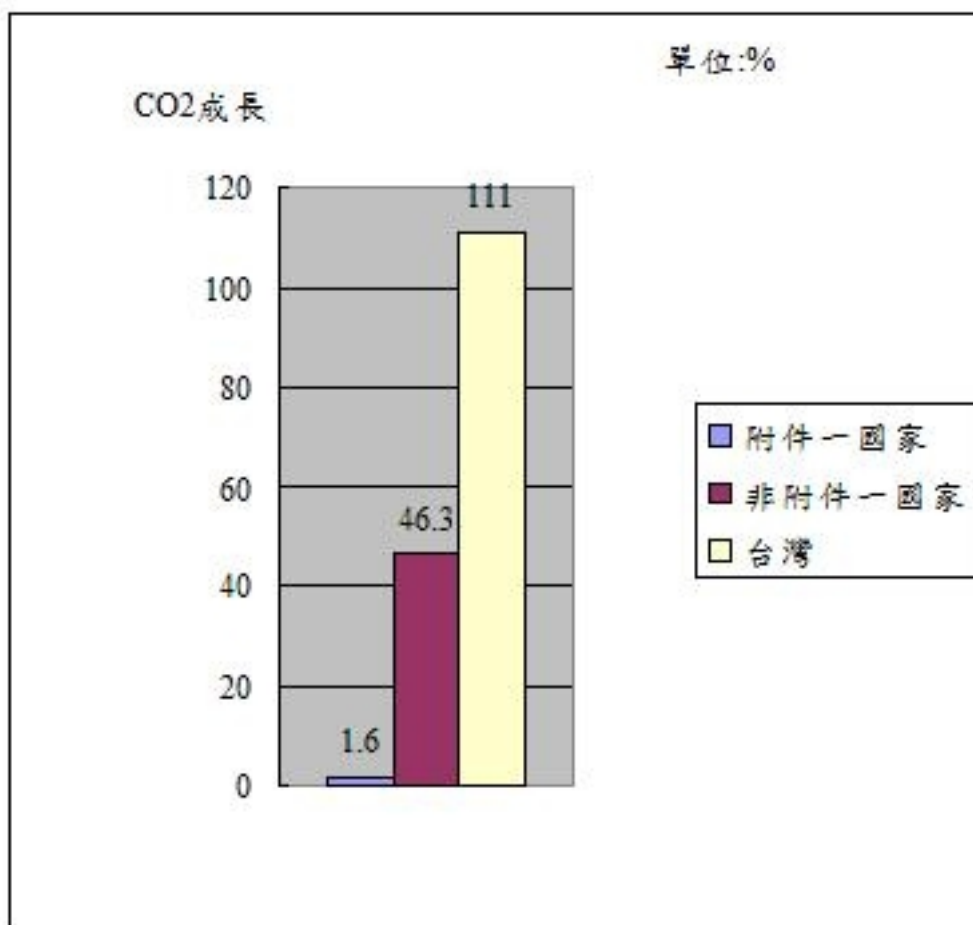
表1 2002-2006年我國與歐盟貿易統計 單位:億美元

年(月)別	總額		出口		進口		順(逆)差 金額
	金額	比重	金額	比重	金額	比重	
2002年	289.2	11.9	169.2	13.0	120.0	10.7	49.2
2003年	316.5	11.7	185.5	12.9	131.0	10.3	54.5
2004年	389.3	11.4	222.5	12.8	166.8	9.9	55.7
2005年	450.5	12.1	232.6	12.3	217.9	12.0	14.7
2006年	477.2	11.2	261.5	11.7	215.7	10.6	45.8

資料來源：中華民國統計資料網，海關進出口貿易概況

國際比較顯示，1990-2003年全球CO₂排放累計成長35.51%，其中以工業國家為主的京都議定書的附件一國家僅成長1.6%，附件一的經濟轉型國家減少31%，然而，非附件一國家則累計成長46.3%。1990-2002，台灣CO₂排放則累積成長111%(見圖2)。值得注意的是，近年我國年平均經濟成長率雖然由1990-1999的6.59%降為1999-2006年的3.8%，但CO₂排放的年平均成長率(4.29%)卻高於經濟成長率。(見表2)

圖2 全球CO₂排放之成長(1990-2002)



資料來源：國際能源總署(IEA)

表2 台灣CO2與GDP之成長 (1996-2006)

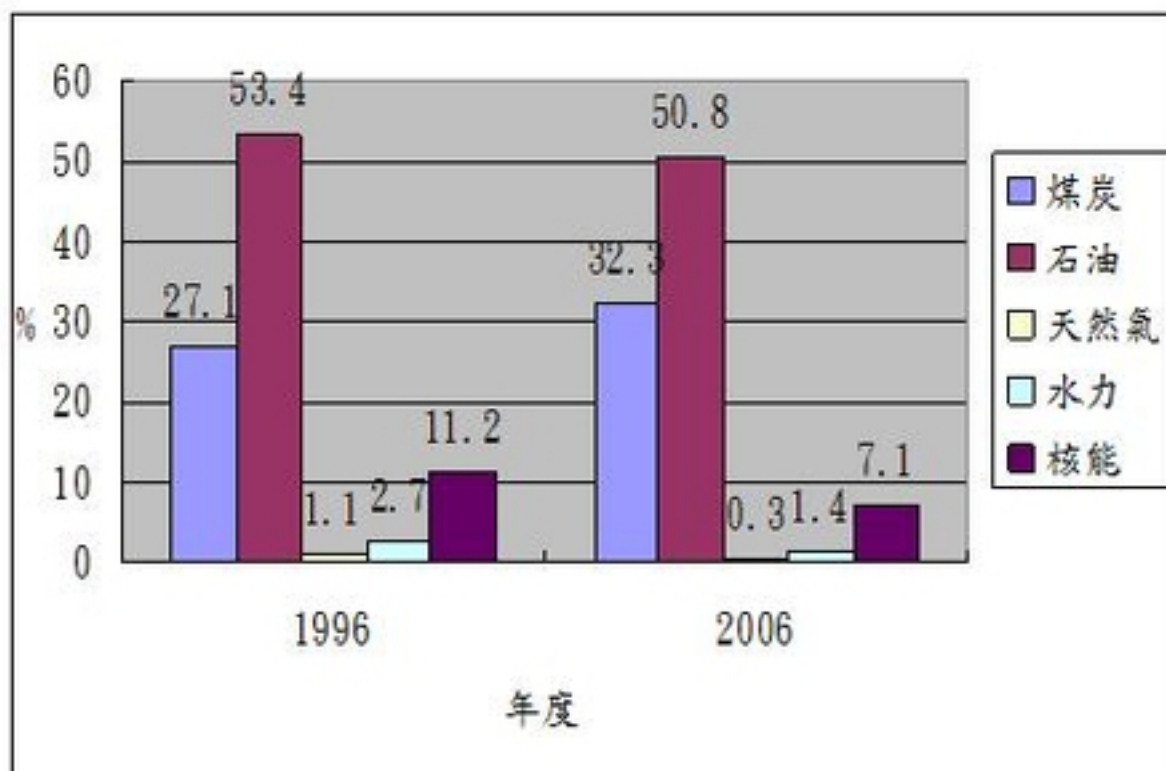
年度	CO2成長率(%)	GDP成長率(%)	所得彈性(CO2 成長率/GDP成長率)
1990-1999	6.65	6.59	1.01
1999-2006	4.29	3.8	1.13

資料來源：CO2資料來自工研院能源與環境研究所；GDP資料取自中華民國國民所得，行政院主計處歷年資料

分析CO2增幅相對擴大的原因主要有二：

1、能源結構的變化：

含碳量高的煤炭佔能源供給的比重由1996年的27.1%大幅增加為2006年的32.3%。含碳量低甚至不排放CO2的水力發電及核能發電則分別由2.7%及11.2%降低為1.4%及7.1%。(見圖3)
圖3 台灣能源結構的變化 (1996-2006)



資料來源：能源指標季報，經濟部能源局，民96年第4季

2、能源生產力（每單位能源使用量可生產的GDP）：

異於1980-1999年能源生產力增加37.1%的成果，能源生產力在1999-2006年間不昇反降，1999-2006年降低幅度達4.3%，同期間能源密集度(能源使用量/GDP)增加4.55%。主要原因有二，一是能源密集產業佔全國能源消費比重由1996年的31.8%大幅提高到2006年的35.9%。另一為低於國際水準的能源價格所致。

值得注意的是2007至2008年間，能源生產力有顯著的改善。與上年比較，2007年增加0.5%，2008年更增加2.8%(見表4)，主要原因可歸因於2007年上半年及2008年下半年，新、舊政府先後因應國際能源上漲採取浮動能源價格政策有關。

表3 臺灣能源生產力變動分析

年度	能源生產力GDP/ 能源使用量(新台幣/公升)	期間	變動幅度(%)
1980	80.97		
1990	102.82	1890-99	37.1
1999	111.04	1990-99	7.99
2006	106.18	1999-06	-4.3
2007	106.8	2006-07	0.5
2008	109.78	2007-08	2.8

以民國90年固定價格計算資料來源：能源生產力資料來自經濟部能源局98年2月最新更新資料

表4.臺灣能源生產力變動分析

年度	能源生產力GDP/ 能源使用量(元/公升)	變動幅度(%) (2006各季與2007 年各季比較2007年各季與2008年各季比較)
2007	106.8	0.5
I	111.9	1.7
II	103.64	2.5
III	102.3	-1
IV	110.04	-0.4
2008	109.78	2.8

I	109.15	-2.4
II	103.50	0.0
III	108.53	6.1
IV	119.51	8.6

以民國90年固定價格計算資料來源：能源生產力資料來自經濟部能源局98年2月最新更新資料

2012年之後，國際若要求台灣達到溫室氣體減量的要求，則台灣將面臨在短期內大幅降低溫室氣體排放的壓力。假設2012年之後，國際要求台灣達到溫室氣體減量的目標為25%，則整體產業物價的上漲率將高達2.26%，經濟成長率將減少1.57%，對台灣經濟的影響將極為嚴重。若提早因應，負面影響將減少一半以上。(見表5)

國際間目前努力控制CO₂濃度的重要指標是在二十一世紀內不超過工業革命前的兩倍，即560 ppm。欲達到此目標全世界人均排放量應於2050年前減至每年5公噸左右，大約是我國2000年的人均排放量之半。因此我們建議訂定溫室氣體減量目標，儘速通過溫室氣體減量法，並規劃通過全國CO₂排放減量，於2025年回到2000年排放量，2050年比2000年減半。為達到此一目標，可從能源價格政策、產業結構及能源供給政策三方面著手。由於篇幅限制，本文將針對能源供給政策提出建言。

表5 不同二氧化碳減量方式對台灣經濟的影響

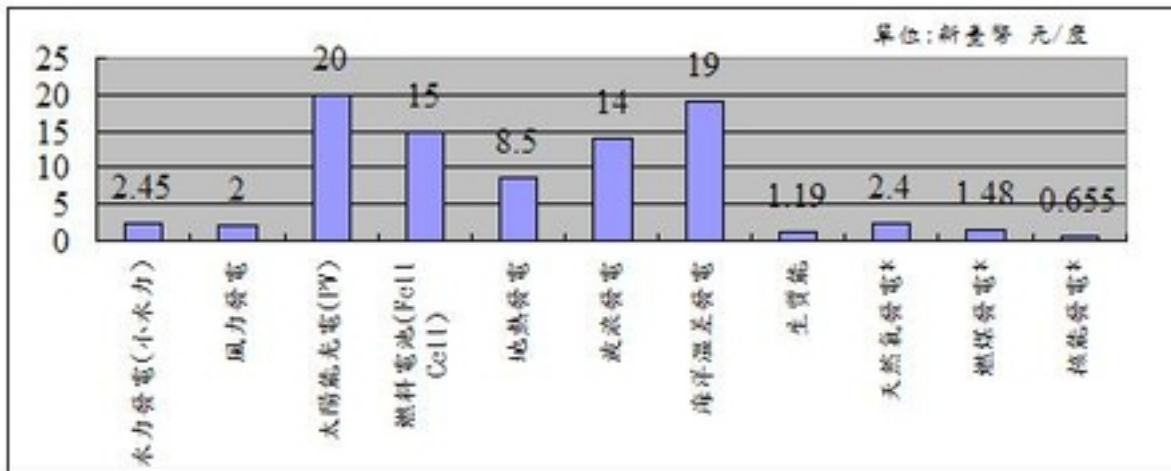
	屆時一步到位因應	以漸進法及早因應
CO ₂ 減量(%)	-25.77	-25.31
產業物價(GDP平減數)	2.26	1.01
成長率(%)		
經濟成長率(%)	-1.57	-1.19
	1,734	1,186
1999年價格計算(新台幣元/噸)		

註1、以課徵碳稅為工具來達到CO₂減量目標。註2、漸進法為以22年分年累進方式課徵。資料來源：梁啟源，「我國永續發展之能源價格政策」，台灣經濟預測與政策，中研院經濟所，96年3月。

貳、能源供給政策建議

鑑於1999年後，政府的能源政策以「非核家園」為主軸，發展再生能源及節約能源為輔。唯目前不含大水力的再生能源占能源總供給的比率僅0.76%。成本偏高是原因之一，其中成本最低的風力發電每度在2元左右，高於台電平均發電成本(1.33元/度)。太陽光電的成本則更高達每度17元到23元(見圖4)。再生能源的發展其實也受地理限制，以風力為例，為達到270萬瓩的發電目標，需架設一千八百座以上風機，唯因受風場條件及土地使用的限制，有實施上的困難。尤有甚者，再生能源無法替代供應基本負載的核能電廠。

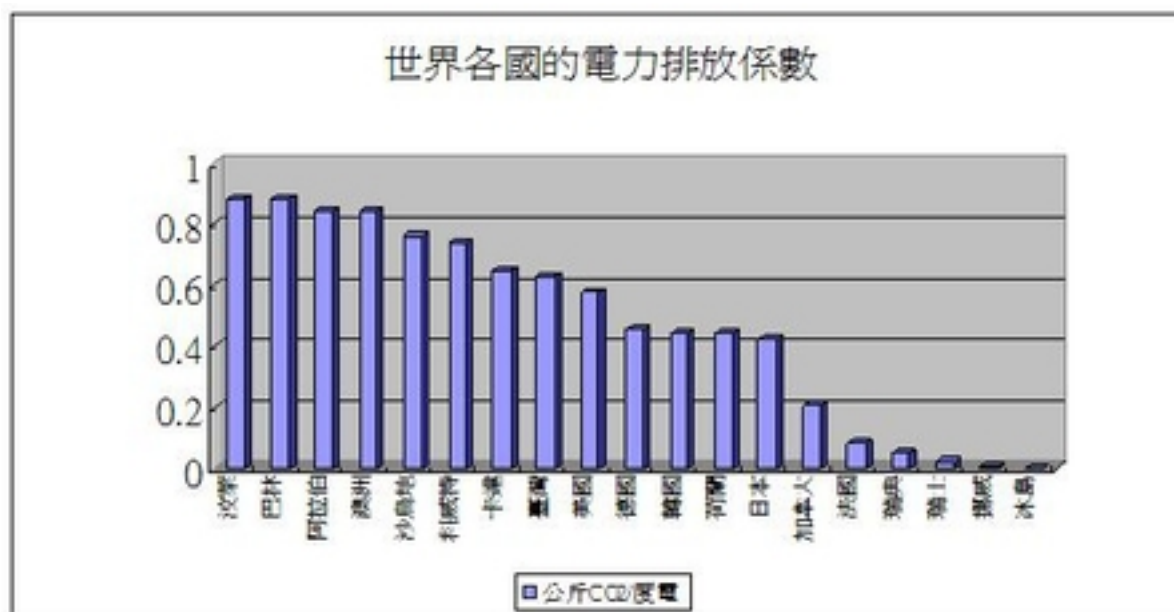
圖4 台灣再生能源成本之比較



註：資料來源為台灣電力公司；*代表台電運轉實績。

由國際能源總署(IEA)發布之2004年世界各國的電力排放係數可知，我國的電力排放係數(2004年是0.628公斤CO₂/度電)與產油國家相差不遠，而顯著高於工業化國家(見表13)。以鄰近之日、韓兩國的電力排放係數(0.424及0.443)來換算我國CO₂總排放量，約有7000萬噸/年之減量空間。

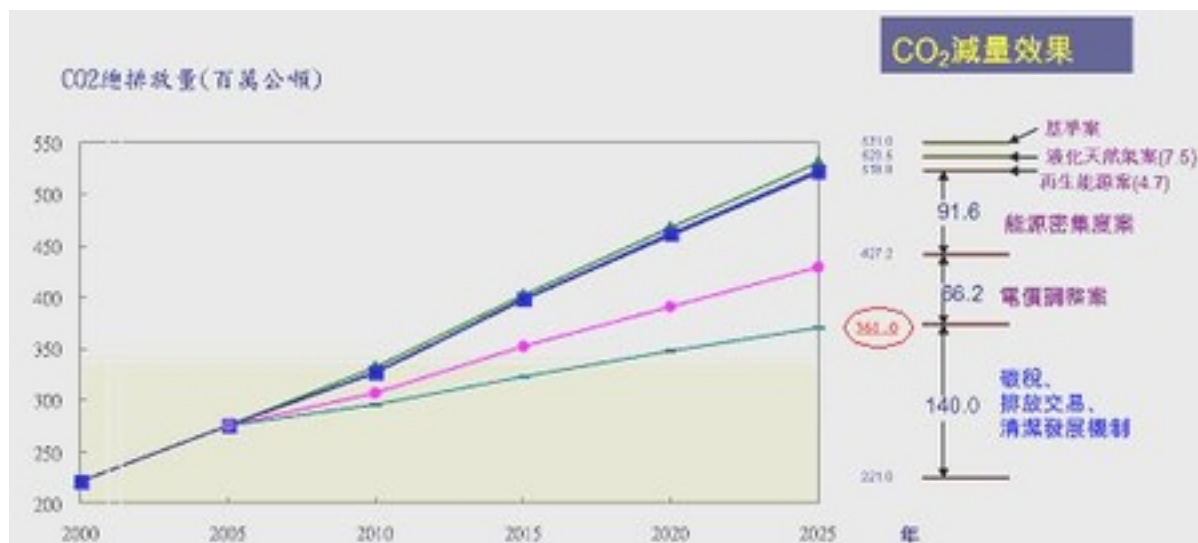
表6 世界各國的電力排放係數比較



資料來源：全國工業總會，科技及能源委員會資料

比較2005年6月「第二次全國能源會議」和1998年「第一次全國能源會議」的能源結構規劃，主要差異是2005年者大幅提高未來二十年再生能源、天然氣與燃煤的比重，分別由原先規劃的3.3%、16%及28%增加為6.0%、17.5%及43%。但大幅降低核能的比重，由原先的15%降為4.0%。其影響是2025年的二氧化碳減量目標需由原先的55%大幅縮小為36.6%。現有的三座核電廠若提早七年除役，則核能比重將提早在2020年降到4.0%。提前七年的除役成本(包括內部及外部成本)更將高達7660億元至1.25兆(見圖5)。

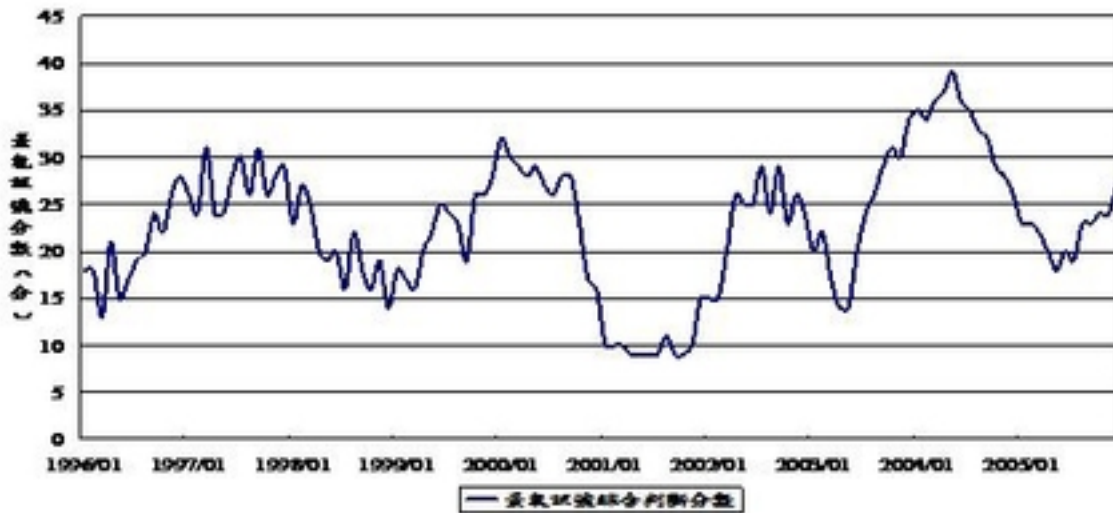
圖5 二次全國能源會議之CO₂減量規劃



註：1.基準情景(BAU)參考87年全國能源會議設定之節能目標28%，已將所抑制5,220萬噸CO₂，兩者合計為14,380萬噸，此為工對(9,700萬噸)、運輸(2,300萬噸)部門三者所抑制CO₂之總效果。
2.本規劃目標尚未獲共識，將視2006年國家永續會議決定。

2000年10月核四停工引發的政局混亂及投資意願的打擊，曾是影響2000年台灣景氣由盛轉衰的轉捩點，並造成2001年史上僅見的經濟負成長(見圖6)。核四預定完工商轉時間延三年並已造成多逾千億的台電營收損失(經折成現值後比較)，若再延二年，損失將超過1600億元。再者，由於2004年後，原油、燃氣及煤等國際能源價格飆漲，雖則2006年電價曾調高5.8%，台電仍因核四未能在2006年如期商業運轉而在2007及2008年將分別虧損312億元及1300億元，預計至2009年燃料成本增加額合計可達3000億以上。99年的備載率可能低於10%，停電機率大增。(註：科技泡沫雖也是重要影響因素之一，但其重要指標NASDAQ崩盤卻始自2000年4月非10月。)

圖6 近年來景氣對策信號綜合分數變動圖



資料來源：台灣景氣指標，經建會歷年資料。

大幅增加燃煤電廠，由於無法獲致環保署環評委員會的認同，興建困難。燃氣電廠則受則受限於天然氣儲存成本高且安全儲存偏低(約5天)，並不可靠。若有兩個颱風同時襲台，造成液化天然氣運輸船無法靠岸，約佔發電從1/4到1/3的燃氣電廠將停擺。這對未來能源供應的安全性是一大挑戰。

實際上由於近年來油價飆漲及京都議定書生效各國的核能政策已有調整跡象，如英國2003年的報告中主張應採取高效能發電和替代能源來達成溫室氣體減量目標，而於2006年的能源政策重新檢討則表示，風力、太陽能等替代發電技術至今未成熟，是否能夠按照期限達成減少溫室氣體排放目標，實在值得懷疑。且風力發電的風車、太陽能的吸收板等等設施對環境的影響也不小，遑論地區居民的反對聲浪。由於必須兼顧可靠的能源供應來源及達成減少溫室氣體排放的目標，因而英國在現階段不能排除擴大核能發電。

美國布希總統在2005年8月9日簽署之能源法案，即授權未來興建一座核能電廠。多達40餘座的美國核電廠並已通過延役20年之許可。未來日本、韓國與法國等國將持續興建核電廠。中國大陸國家發改委員會及國科工委員會也正在制訂核能發展的長期計畫，目標在2020年使核能所佔的比例由現在的1.5%上升到4.0%左右。根據「世界工業概況報告」，2004年世界各國在施工中及規劃興建中的核電廠分別有27座與32座。

在京都議定書生效之後，非核家園政策非世界的主流意見。核四應照原訂計畫完工運轉，

核一、二、三廠以延役作為替代方案，並考慮在既有電廠加裝新核能機組。

但值得注意的是，核四興建一波三折，原能會應扮演很重要的角色，從核四興工、完工等作業原能會均應嚴格監督，讓核四能夠安全運轉，否則核能政策將無法執行下去。

在臺灣核能發展的一個大瓶頸，就在於核廢料的處理，我國在核廢料處理上，固化技術領先，而高放射性廢料的處理在技術理論上是可行的，如日本，法國都可將高放射性廢料經過再處理變成新一代核能發電的燃料，它就不是真正的廢料，可繼續做為燃料。另外，也應積極尋找國際合作的對象，包括中國大陸。兩岸可在經濟、能源、核廢料的處理或核能安全上合作，目前台灣在核能安全方面有很好的經驗，在兩岸語言溝通更容易下，彼此可經驗交流，大陸本身是一個核子的國家，也有核能發電，加上地方又大，對於核廢料不管是高階或低階的處理相對較容易，因此兩岸合作應該是有空間的。

總之，原能會一定要嚴格監督台電確實做好核能安全及核廢料處理、處置工作，否則即使核能是無碳的能源，核能政策仍然走不下去。

在發展再生能源的政策上，不宜將推廣再生能源使用與發展再生能源產業兩者混為一談。從能源使用的角度來看，推廣再生能源使用應考量其淨能源效益並進行包含減碳等外部效益的成本效益分析。不符上述兩項評估標準的再生能源現階段不宜進行大規模推廣，而宜以挹注其研究發展以建立產業國際競爭力為重點。再生能源發展計畫除考慮以上二評估標準外，尚應考慮其工程施工之可行性、對環境之衝擊並有合理之長期及分期計劃目標。

我們瞭解以上措施由於牽涉生產及消費行為的調整，將對國人的生活造成不便。但「天下沒有白吃的午餐」，地球只有一個，做為地球村的一員我們必需承擔應盡的責任，參與國際社會的努力，以挽救全人類面臨的地球暖化危機。

作者梁啟源為中研院經濟所研究員
(本文僅代表作者個人意見，不代表本智庫之立場)

補充資料：[「因應地球暖化臺灣之能源政策」-中研院環境與能源研究小組給新政府的建議](#)