

譯 序

對於能源與氣候變遷的議題，整體而言，台灣的企業界所瞭解的可能有限。雖然我們感覺到能源價格與能源供應安全上的衝擊，也可以理解全球暖化與氣候變遷的威脅，但是清楚地體認到未來是一個受碳限制的時代，瞭解碳排放的成本與碳資產的價值，以及在未來能源科技勢力重新洗牌的競爭環境中，辨識新商機的潛力等，我想我們的認識的確還不夠深刻。

世界企業永續發展協會(WBCSD)接連出版「邁向2050年的事實與趨勢：能源與氣候變遷」與「邁向2050之路：能源與氣候變遷」這二本報告，提供了邁向2050年變遷趨勢的關鍵資訊，深受全球企業與政府的重視，因為這二本報告讓企業界可以快速地全面掌握到整個變遷的輪廓，不僅有助於瞭解事實與趨勢，對於企業擬定長程的經營決策，更是有莫大的助益。因此，本會積極地籌劃推出此二本報告的中文版，希望能夠為我國各界在能源與氣候變遷上的爭論，提供更具有建設性的參考資訊。

誠摯地感謝工業局也能看到這點價值，進而支持本會出版這二本中文版的報告。因應能源與氣候變遷的挑戰，是一場長期的抗戰，倘若我們目前沒有正確的認識，就有可能會做出錯誤的判斷。希望這二本報告能夠成為我國企業界非常重要的參考資料，帶領大家更瞭解未來發展的情境。

本會長期追蹤能源與氣候變遷的議題，儘管面對我國因應的能量不足，一直有深沈的憂慮，但是我們別無選擇，唯有繼續邁步向前。過去三年，本會為建置我國企業的溫室氣體盤查方法，略盡了綿薄之力。今後，我們仍將一本初衷，在因應策略與商機辨識的領域，扮演雷達的角色。

敬請各界不吝指正，同時在能源與氣候變遷的領域，能夠對本會續賜指導，無勝感荷。

企業永續發展協會

理事長



謹識

譯序

對於能源與氣候變遷的議題，整體而言，台灣的企業界所瞭解的可能有限。雖然我們感覺到能源價格與能源供應安全上的衝擊，也可以理解全球暖化與氣候變遷的威脅，但是清楚地體認到未來是一個受碳限制的時代，瞭解碳排放的成本與碳資產的價值，以及在未來能源科技勢力重新洗牌的競爭環境中，辨識新商機的潛力等，我想我們的認識的確還不夠深刻。

世界企業永續發展協會(WBCSD)接連出版「邁向2050年的事實與趨勢：能源與氣候變遷」與「邁向2050之路：能源與氣候變遷」這二本報告，提供了邁向2050年變遷趨勢的關鍵資訊，深受全球企業與政府的重視，因為這二本報告讓企業界可以快速地全面掌握到整個變遷的輪廓，不僅有助於瞭解事實與趨勢，對於企業擬定長程的經營決策，更是有莫大的助益。因此，本會積極地籌劃推出此二本報告的中文版，希望能夠為我國各界在能源與氣候變遷上的爭論，提供更具有建設性的參考資訊。

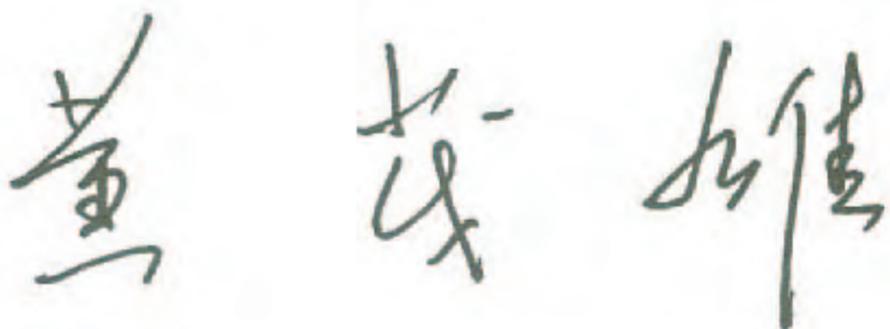
誠摯地感謝工業局也能看到這點價值，進而支持本會出版這二本中文版的報告。因應能源與氣候變遷的挑戰，是一場長期的抗戰，倘若我們目前沒有正確的認識，就有可能會做出錯誤的判斷。希望這二本報告能夠成為我國企業界非常重要的參考資料，帶領大家更瞭解未來發展的情境。

本會長期追蹤能源與氣候變遷的議題，儘管面對我國因應的能量不足，一直有深沈的憂慮，但是我們別無選擇，唯有繼續邁步向前。過去三年，本會為建置我國企業的溫室氣體盤查方法，略盡了綿薄之力。今後，我們仍將一本初衷，在因應策略與商機辨識的領域，扮演雷達的角色。

敬請各界不吝指正，同時在能源與氣候變遷的領域，能夠對本會續賜指導，無勝感荷。

企業永續發展協會

理事長



謹識



2050

簡介

本報告提供了一個重要事實與社會挑戰的總覽，係與經濟發展、未來能源需求，和該需求對氣候系統可能產生的影響有關。它是世界企業永續發展協會(WBCSD)「能源與氣候」專案的一部分，對未來的討論提供了一個平臺。這將有助於進一步詳細描述本報告所辨識出來之挑戰的商業回應，而此回應還需要進行額外的研究和諮詢。

我們不能確切知道下半個世紀世界究竟會如何發展，但是這裏採用的情境，符合聯合國(UN)消弭發展中國家貧困和提高發展中國家生活水準的發展目標，而達到這些目標都會需要增加能源消耗。

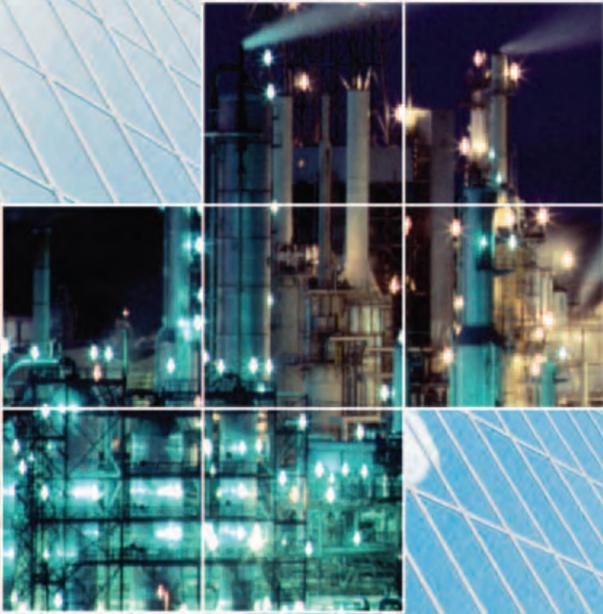
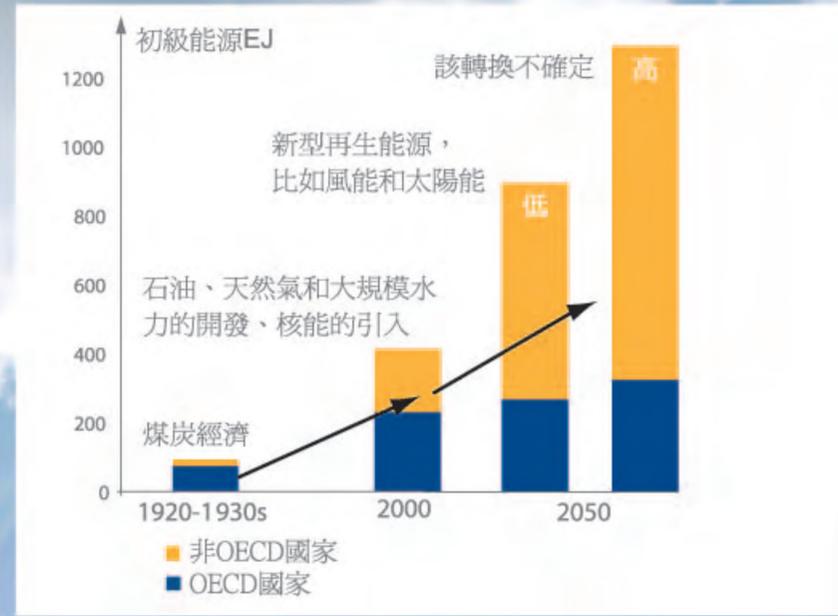
雖然我們意識到人類的一些活動會影響溫室氣體排放，並且意識到許多這樣的行為必須改變，本報告仍聚焦於全球能源耗用及其相關衝擊。

我們採用的既有研究資料，來自跨政府氣候變遷專家小組(IPCC)、國際能源總署(IEA)和世界企業永續發展協會(WBCSD)。我們將數據以簡單易懂的方式呈現，讓我們在開始處理氣候變遷的問題時，能激發進一步的思考，並討論我們所面臨的議題。基於特定的全球排放水準和大氣中二氧化碳的最終濃度所作的預測與案例，係僅用來闡明這些挑戰的大小。

議題速覽 . . .

成長、發展和能源需求

能源是成長的動力，它是經濟和社會發展的必要條件。在2050年前，由於人口的增長和發展中國家經濟的發展以及消弭貧困，對能源的需求可能成長至現在的2倍或3倍。我們的能源基礎設施將需要轉換，就如同過去100年中所發生的轉換一樣。今天，當我們面臨氣候變遷這一重大環境威脅時，前進的道路變得更不確定。

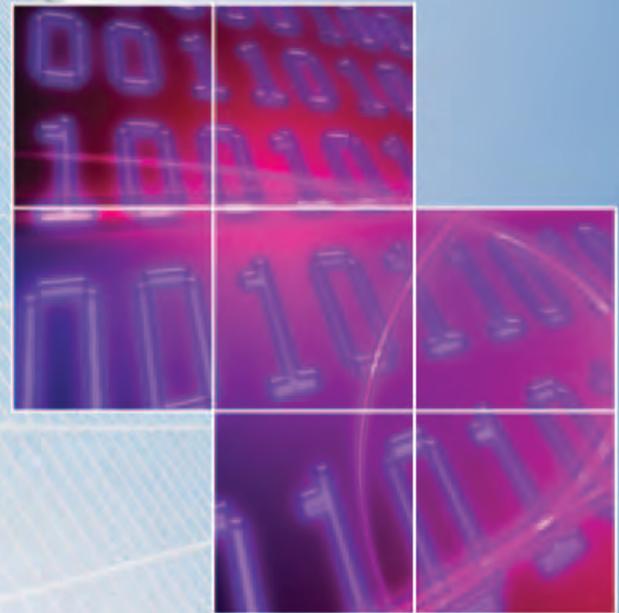


能源使用與氣候衝擊

在過去的一個世紀，大氣中二氧化碳含量已經上升，一大部分的原因是因為我們使用化石燃料，不過也有部份原因與人口增長和消費增加等其他相關因素有關，比如土地使用改變。伴隨此上升的就是，全球平均氣溫幾乎升高攝氏1度，如果照這個趨勢繼續發展，到21世紀末，全球氣溫將再升高1到4度，可能導致許多地方出現毀滅性的氣候變異。現在開始管理我們的二氧化碳排放，我們還有可能將氣候變遷的衝擊效應限制在我們可以適應的水準。

科技變革的動力

許多人認為迅速調整現有的能源基礎設施並摒棄化石燃料，才是解決氣候變遷威脅的唯一解決之道。但是，那些科技或政策架構到底對於變革會有多少影響力，目前仍是狀況不明。以全球的運作來執行這樣的轉換需要時間，如運輸和能源基礎設施等超大型的系統，可能需要一個世紀的時間才能發展完全。



重塑能源的未來

在2050年前，全球的碳排放量需要降到接近2000年時的水準，並且要讓排放趨勢朝降低方向而行，相反地，同期間的能源需求卻有急遽增加的情況。沒有單一解決方案可以處理這個問題，我們需要的是提高能源效率，並能降低碳排放強度的綜合性作法。供需的改變可以協助我們轉換到邁向真正的永續能源之路，雖然改變需要時間，但是即刻啟動因應的程序，並為未來鋪下基礎，卻是迫在眉睫的事情，而企業在此過程中將扮演重要的角色。



2000年時，在這個地球上，我們每6人當中只有1人能享有已開發國家高生活水平所需的能源水準。然而，這10億人口消耗了全世界50%以上的能源供應。相反地，最貧困的10億人口僅消耗了4%的能源。沒有人認為貧困是可以接受的，所以全世界設定了各種目標以消除貧困並提高生活水準。而實現這些目標需要能源，能源就是現代生活水準的動力。提高取得諸如電力之現代能源服務的能力，會是消弭貧困的決定性因素。它大大地增加了工業發展的機會，同時改善健康與教育。

圖1顯示了能源需求隨人口增長、發展需求的滿足和生活水準提高而增加的情況。該圖對比了2種發展情境預測與「一如往昔」(business as usual)的結果。

➤ 2050年前，全世界人口可能增長至90億左右(UN 2002)。如果全球發展狀況不改變，將有20至30億的人口生活在貧困中(基礎情況)。

➤ 圖中顯示了2種新的發展形態。這兩種形態都反映了聯合國消弭極度貧困的目標。個別顯示了與現狀相較下發展水準提升的狀況，是邁向「低度貧困」世界，還是「繁榮昌盛世界」。

聯合國《千禧年宣言》

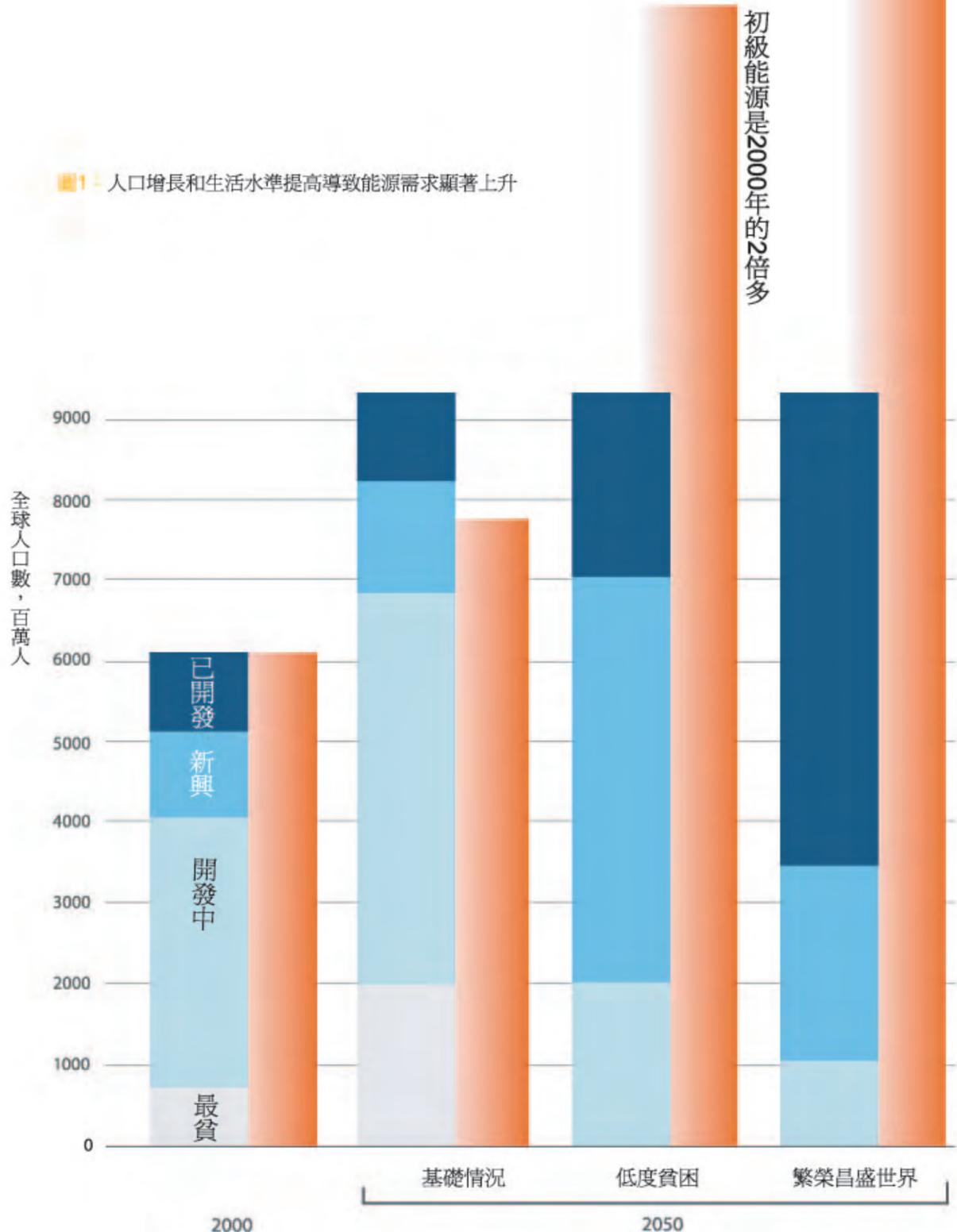
「不分男女與孩童，我們不遺餘力地要將人們從極端貧困的卑微和喪失人性的處境中解救出來，目前有十億多人遭受這樣的困境。」

第8屆全會，2000年9月

- 初級能源
- 已開發國家 (人均GDP>12000美元)
- 新興國家 (人均GDP<12000美元)
- 開發中國家 (人均GDP<5000美元)
- 最貧困國家 (人均GDP<1500美元)

➤ 人口增長壓力再加上提高生活水準的目標，使我們面臨著21世紀難以應付的能源挑戰。當能源需求上升至2000年的2或3倍時，發展模式的轉變需要相當大的投資。

圖1：人口增長和生活水準提高導致能源需求顯著上升



初級能源是2000年的3倍多

初級能源是2000年的2倍多

來源：IEA 2003 - WBCSD 改編

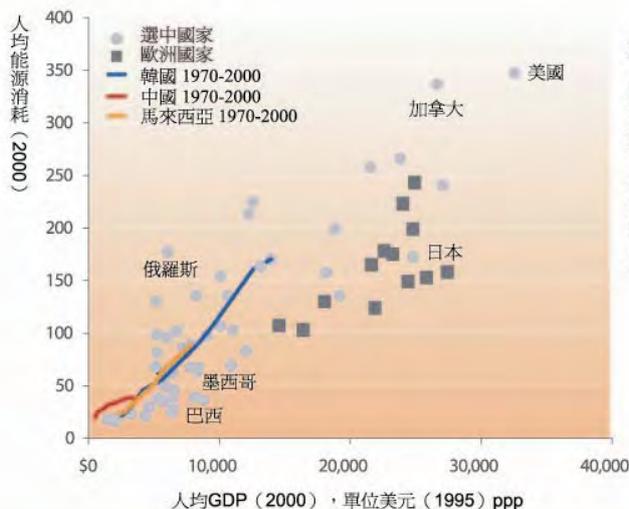
能源，成長動力

人均GDP超過3000美元時(1995 購買力平價)，由於工業化及個人交通的起飛，使得能源需求有爆炸性的增長。

從15000美元的人均GDP開始，由於工業化的主要爆發已經結束而服務業開始占支配地位時，能源需求增長就比較緩慢。

超過25000美元時，即使能源不顯著增長，經濟還是可以持續成長，但成長的絕對水準依國家的實際環境而異。

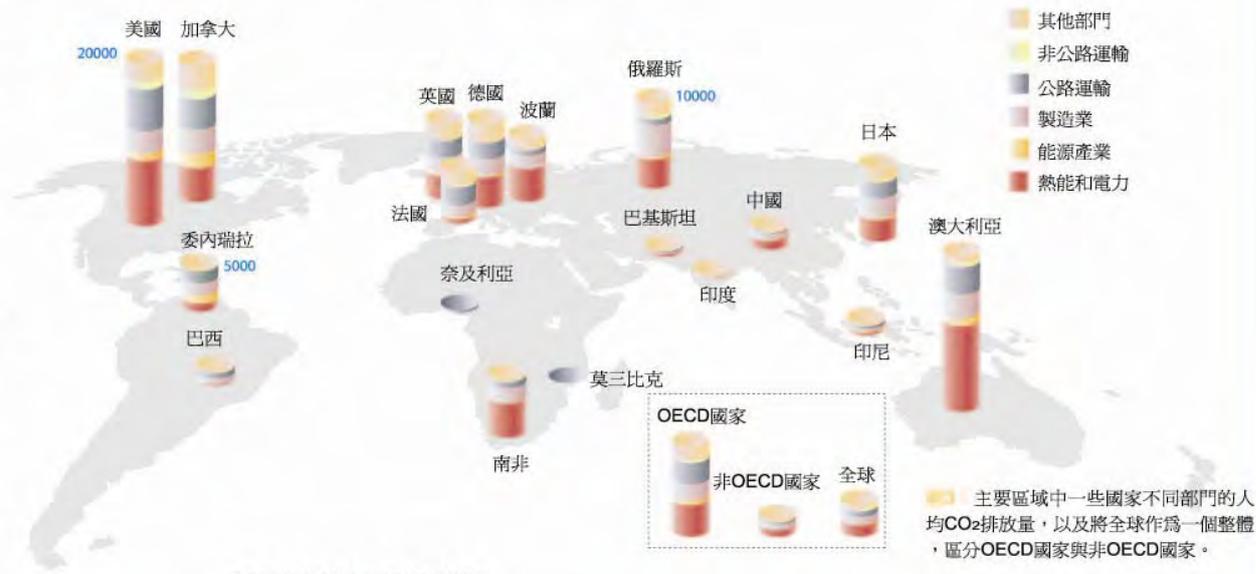
2000年收入和能源使用的對比，採用韓國、中國和馬來西亞在1970-2000的成長趨勢



能源使用、發展和二氧化碳排放

二氧化碳排放隨發展水準不同而大不相同。相似經濟體間的差異取決於地理位置、國內擁有的能源類型、能源的民眾接受度和交通方式等因素，包括大眾運輸的發展。

各國部門別
CO₂ 排放量，人均年排放
CO₂ 的公斤數 (2001)





上個世紀末，大氣中的二氧化碳含量上升，主要是因為我們使用化石燃料而引起，但也與其他因人口增長和消費增加所引發的因素有關，例如土地使用改變就是一例。雖然規模大小尚無定論，但仍然有可靠的證據證明我們的地球正在暖化中。現在，由IPCC和美國國家科學院領導的許多科學界已經建立一個可能的因果關係來連結這兩個現象。

IPCC已經擬出一些21世紀的發展情境（請參見辭彙編以獲取更詳細的資訊），來說明我們可能引起氣候變遷之程度。

為了清楚說明，本報告中只採用了2種情境。這些情境連結了全球人口預期的增長，以及預期中的改變，因為當今發展中國家致力於消弭貧困，和一些國家在人民生活的水準提高上有所成就（如第1節的說明）。

較高的能源使用情境（IPCC A1B）描述了一個經濟高速成長，和更快速發展高效能科技的未來世界。這個世界中，區域的平均人均收入趨於一致，最終使得貧國與富國間的現存差異消失。

較低的能源使用情境（IPCC B2）代表的是一個強調在地的解決方案，而經濟維持中度成長水準的狀況。在這個世界中，強調環境保護，科技的轉變速度較慢但較多元。右圖顯示出兩種情境，其初級能源使用與燃料結構，是以亞太整合模式情境為基礎（AIM，也請參見辭彙編）。

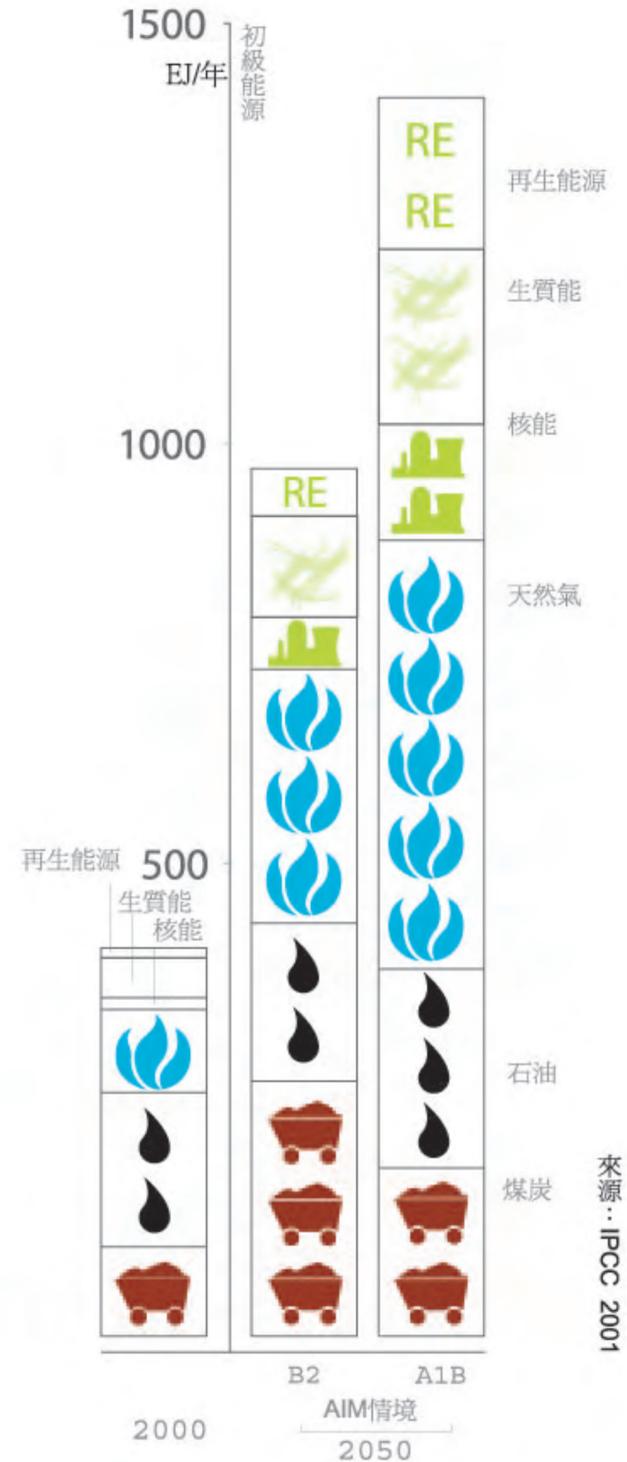
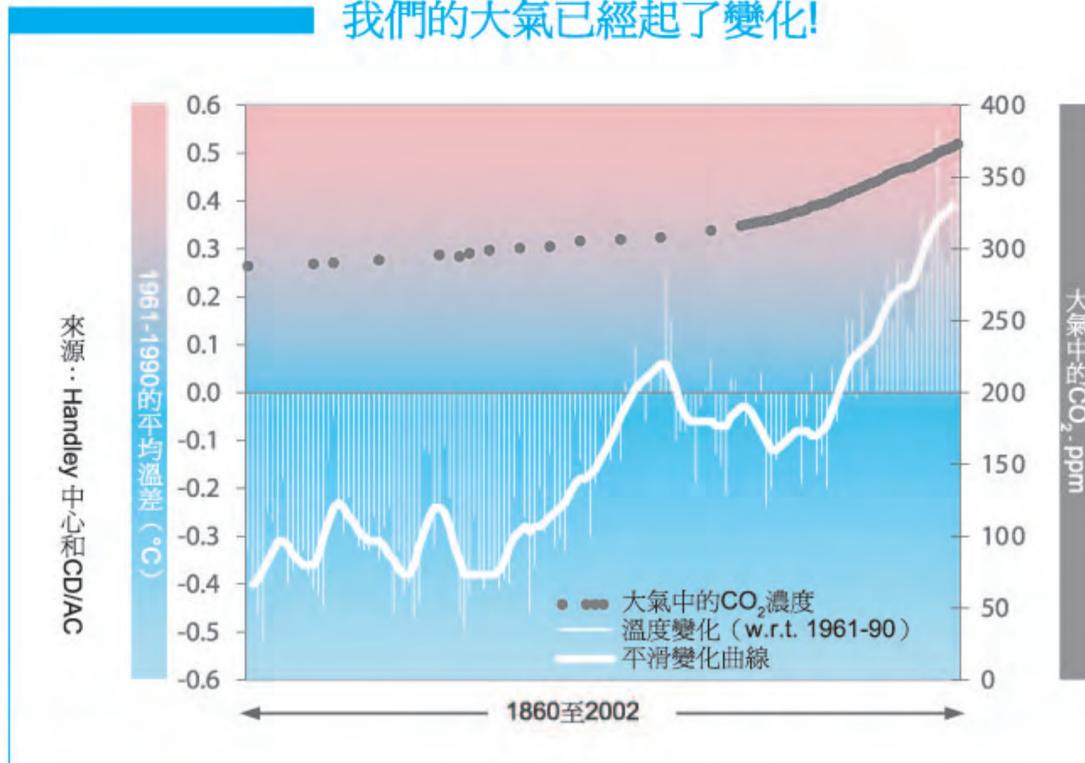


圖5：IPCC情境顯示了2050年時，能源使用與燃料結構上的多種選項，這些情境取決於未來成長與發展的假設以及科技的改變。

我們的大氣已經起了變化!



在上個世紀末，我們已經看到大氣中二氧化碳濃度從280ppm上升到370ppm，這種上升也導致全球氣溫幾乎升高了1°C。預測顯示，如果這種趨勢繼續下去，到21世紀末時，全球氣溫可能繼續升高1到4度。（參見圖7）。

圖6：自1860年以來大氣中CO₂和全球氣溫的變化。

有可接受的CO₂排放限度嗎？

基本上用來衡量這個問題的標準是大氣中二氧化碳的最終濃度或穩定化程度。向前追溯到工業革命時期，大氣中二氧化碳的濃度還保持在280ppm。在IPCC情境中，21世紀時的二氧化碳濃度繼續上升，在低於700到1000ppm的範圍，還不會穩定下來。

依照IPCC的說法，這樣的二氧化碳濃度可能導致非常具破壞力的影響。氣溫上升2-4°C時，可能會導致更極端的天氣災難，危及珊瑚礁之類的敏感生態系統，並導致海平面上升。氣溫上升4-6°C時，我們可能會看到我們天氣形態的結構性改變，這可能是由諸如墨西哥灣流等重要海流的變化所引起。

要達到低於500ppm的穩定水準是非常困難的，因為它需要讓二氧化碳排放量在2020年以前急劇下降。將其穩定在稍高水準可能比較容易實現，因為可讓我們有足夠的時間，來進行能源基礎設施的重大變革。

慣性是氣候系統固有的特性，在排放量降低後，二氧化碳濃度、氣溫和海平面，在之後的幾百年內還將會繼續上升。因此，人為造成的氣候變遷所帶來的一些衝擊可能會緩慢地呈現出來。

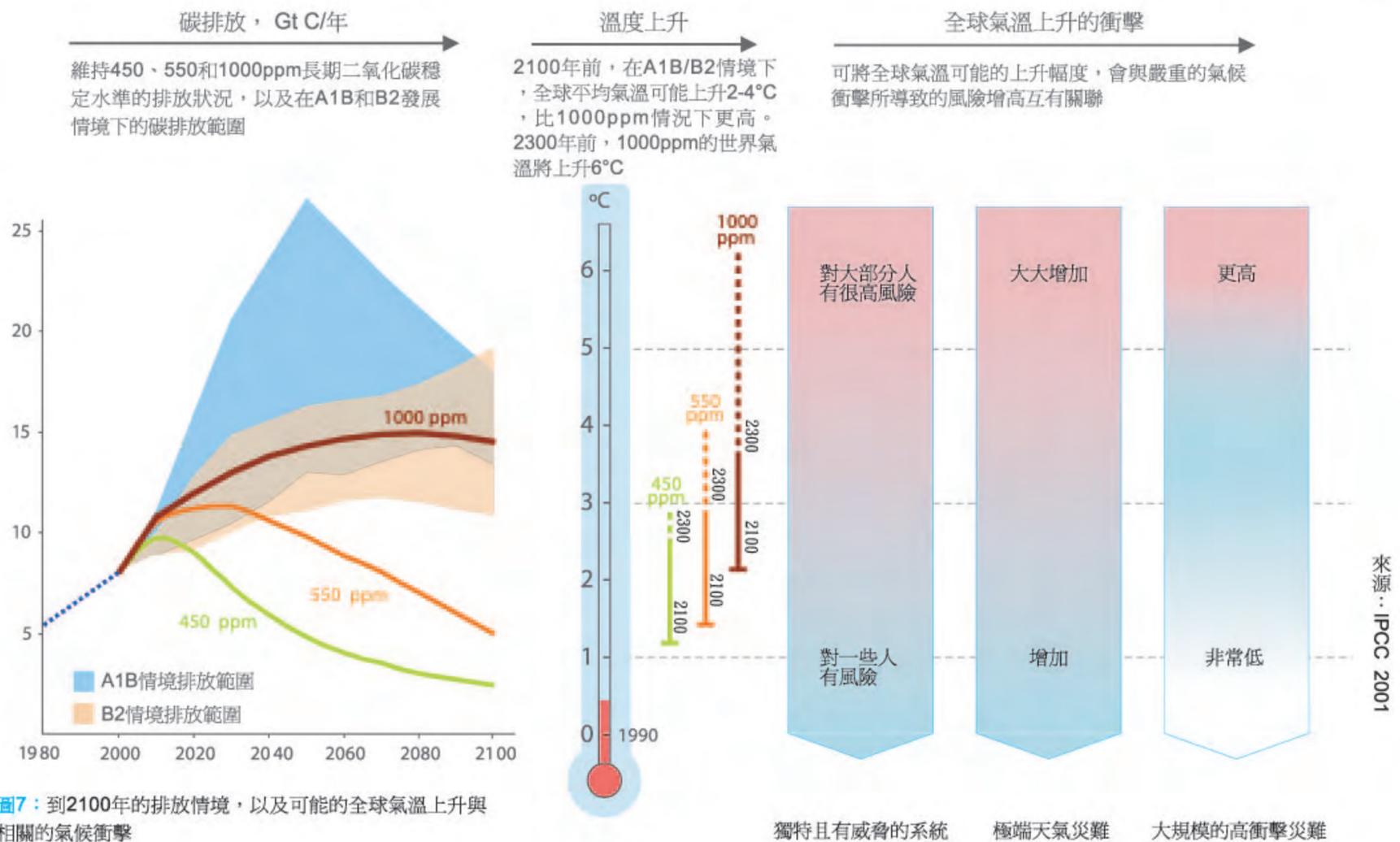


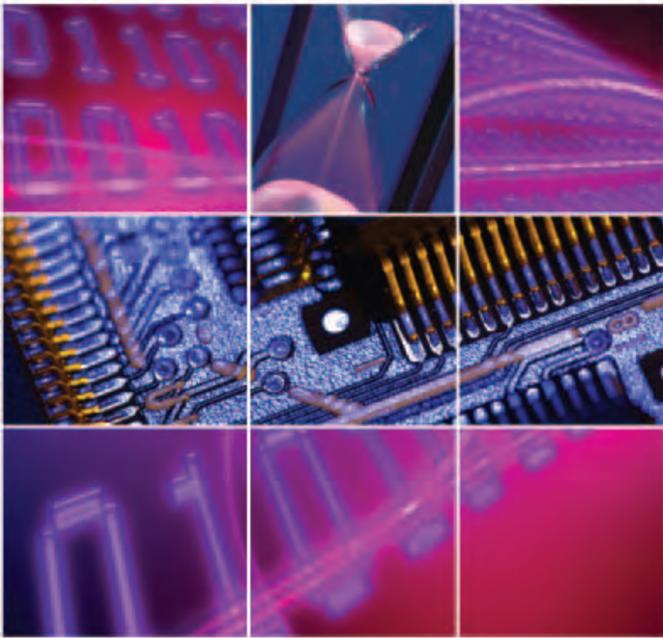
圖7：到2100年的排放情境，以及可能的全球氣溫上升與相關的氣候衝擊

適應氣候變遷

即使在一個可達成的穩定水準下，對於氣候的衝擊還是會相當顯著。所以，適應氣候變遷將在任何未來的策略中，扮演部分的角色。這些衝擊將依區域別而有所不同，但很多具體細節目前還不確定。我們可能不得不應付來自於熱帶疾病傳播的健康風險、因季風形態的轉變而導致的區域性缺水，以及因為農作物生產季節改變而導致的農作收成中斷。這些改變對經濟和社會的整體衝擊可能非常巨大。可能採取的措施包括：

- > 在低窪區域建造防洪設施，範圍從佛羅里達到孟加拉
- > 規劃島國難民計畫，如馬爾地夫
- > 依降雨模式的改變，改善水資源的管理(例如溝渠)





許多人認為迅速調整現有的能源基礎設施，才是解決氣候變遷威脅的唯一解決之道。然而，全球性的重大轉變，實際上，需要許多時間方能實現。新技術傳播的速度也取決於許多因素：

- > 規模和使用年限問題。像是交通運輸和能源基礎設施這樣大型的系統，可能要花費一個世紀的時間才能完全發展成熟。通常，科技進步的速度通常與相關庫存品及設施的使用年限密切相關，如圖9所示。
- > 成本也是阻止轉變的一個因素。包括新的再生能源等新興和未來的技術，只有當它們可以與現有技術在成本上競爭時，才會看到它們的廣泛傳播。然而，全然創新的新商機可以導致成本下降的快速變革發生（例如MP3播放器相對於便宜得多的傳統錄音磁帶）。
- > 區域限制也可能限制變革。許多新技術在開發中國家廣泛採用以前，早已在已開發國家成熟甚至淘汰。像是金龜車從歐洲和美國的公路上消失很長的時間之後，依然是許多國家交通工具的主流。

改變就在一夕之間？

我們今天體驗的網際網路革命，是結合多種技術發展的結果。全世界第一台電腦(ENIAC)的創造者並沒有打算將電腦普及到每個家庭；而最早的網路使用者注重的是連結大學和軍用網站，而非線上購物。甚至在個人電腦發明數年之後，許多人發現它在家庭所發揮功能相當有限。

能源和運輸革命雖然在本質上大不相同，但是仍然有許多相似之處。石油工業的繁榮歸功於車輛運輸的發展，而消費者對汽車的需求，又加速了取得燃料的便利性。它們都為我們社會創造了巨大的價值；然而，當汽車或電腦剛剛開始在家庭中推廣時，卻都被視為是沒有必要的，這或許也是因為成本的考量。這兩種變革都花費了數十年的時間才看到成果，而不是我們以為改變真的可以在一夕之間就完成。

圖 8：40年來網際網路的發展所整合的技術

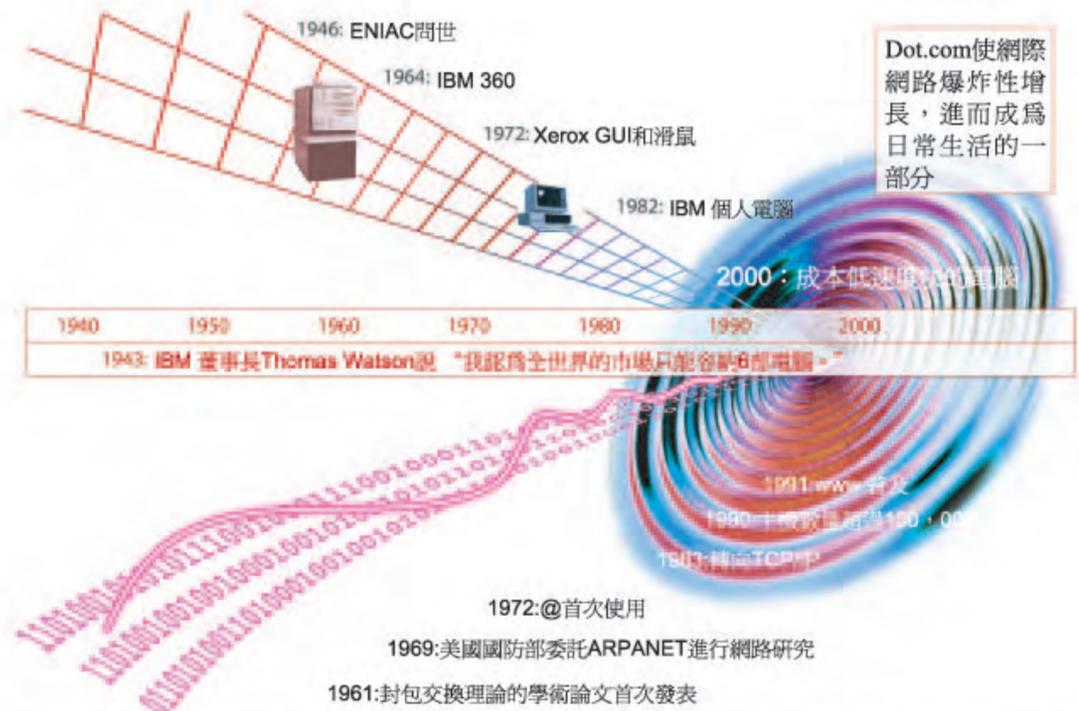
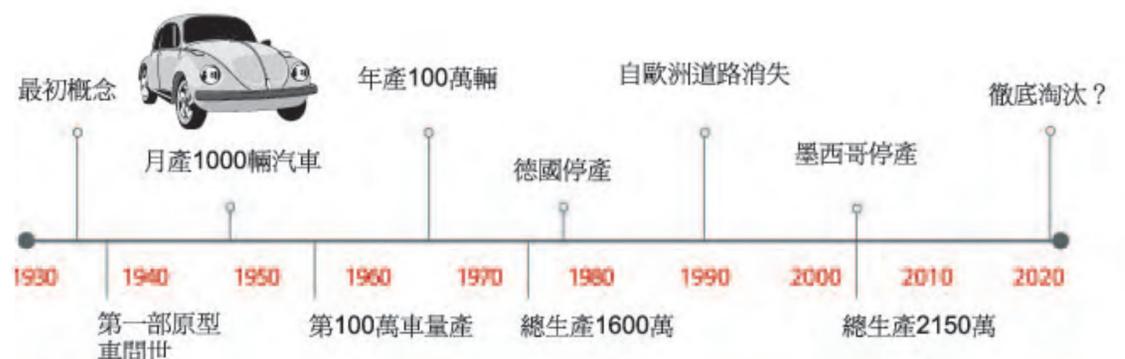


圖 9：典型基礎設施的使用年限表，這也是影響新技術引進到經濟體之速度的一個因素

基礎設施	預期使用年限, 年	基礎設施	預期使用年限, 年
水力電廠	75 ++	核電廠	30-60
建築物	45 +++	燃氣渦輪	25 +
火力電廠(煤)	45 +	機動車輛	12-20

圖 10：福斯金龜車在伴隨人類近100年的時光才消失



難度多高？

全球性的變革是一項非常龐大的任務。即使在挑戰性成長的前提下（可能不切實際）和及早應用最新技術(尚未能大規模使用)，仍會發現將排放控制在當前水準是很困難的，更遑論會開始看到排放下降。

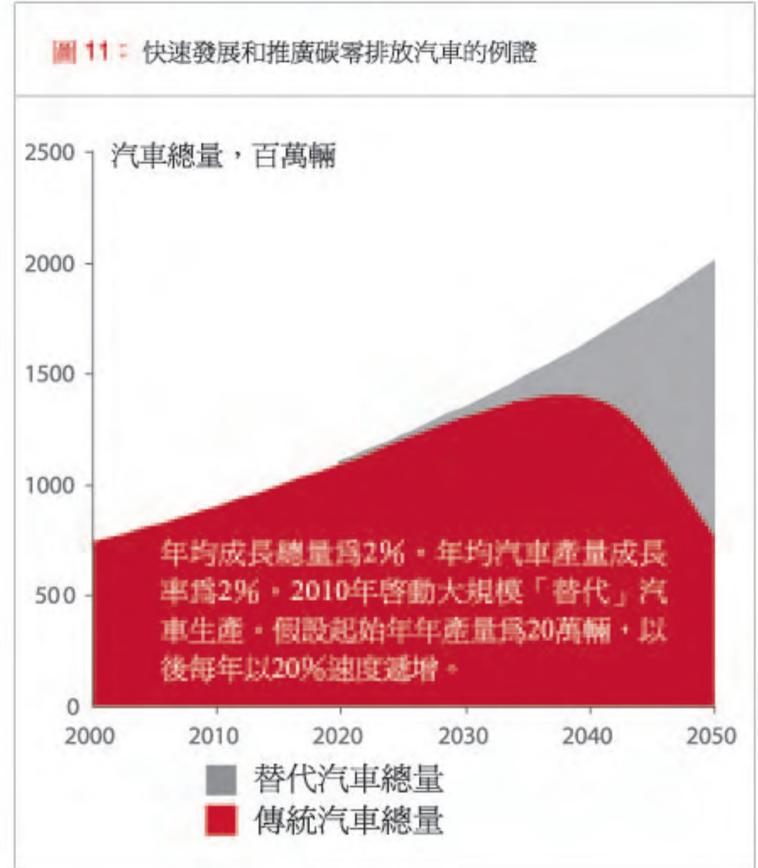
以下兩個案例研究說明了此一過程。

案例1：碳零排放的公路運輸技術的快速導入

將交通工具的二氧化碳排放限制在可持續的水準，是處理氣候變遷的重要目標。正如「交通運輸」 2030 (Mobility 2030, WBCSD 2004) 指出，「即使在最適當的條件下，仍然需要超過二、三十年（甚至更久）的時間才能實現這個目標。」

以輕型汽車 (LDV) 為例，今天它們的二氧化碳排放量差不多占交通工具排放量的一半。在2000年時，全球有7.5億這樣的車輛投入使用，並以每年2%的幅度成長。為了大幅降低交通運輸部門的二氧化碳排放量，必須採用最新先進技術的車輛取代這些傳統車輛。然而，一部汽車的正常使用寿命約為12-20年。同時，也需要建置能供應低碳燃料的新型加油站，這種改建也會限制新型汽車的成長。

圖11顯示，即使儘早開始大規模普及碳零排放的汽車，而且成長迅速，仍要到2040年傳統汽車使用總量才會開始下降。此意謂著所有輕型汽車的GHG排放到那時才會開始減少，除非傳統汽車的排放大幅減少。（關於特定車輛之二氧化碳衝擊的詳細評估，請參見WBCSD2004）。



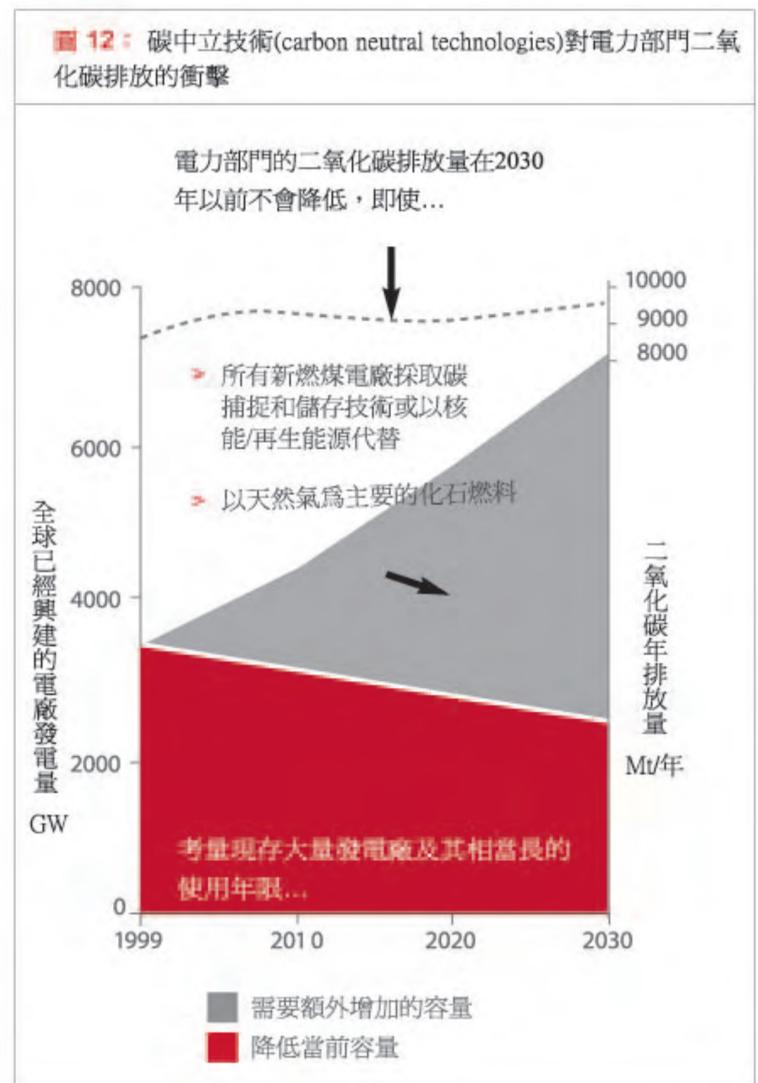
案例 2：電力部門立即推廣碳中立技術 (carbon neutral technologies)

在IEA參考情境中（2002世界能源展望），為了滿足全球電力需求，預期全世界發電量從1999年到2030年時將要成長一倍（從3500GW增長到大約7000GW）。

該情境進一步假設，我們將興建1400GW的燃煤機組和2000GW的燃氣機組（二者用來取代已經退役的設施並符合新要求。經過這個時期，電力部門的二氧化碳排放量也將增長大約一倍。

但是假如所有新建燃煤電廠利用碳捕捉和儲存技術或者採用核能/再生能源代替，這樣結果將會如何？這樣是否足以使電力部門排放開始降低？最理想的狀況是，我們可以採用這些技術穩定電力部門的排放量。現有的和計畫中的設施還有45年以上的預期使用年限，這給予我們相當大的努力空間，可持續到2030年甚至更久。

但對於許多發展中國家來說，這樣的計畫將會非常難以實施，因為他們目前仍是會以當地豐富煤炭資源和便宜成熟的電力生產技術為主，並用作解決能源需求成長的理想方案。



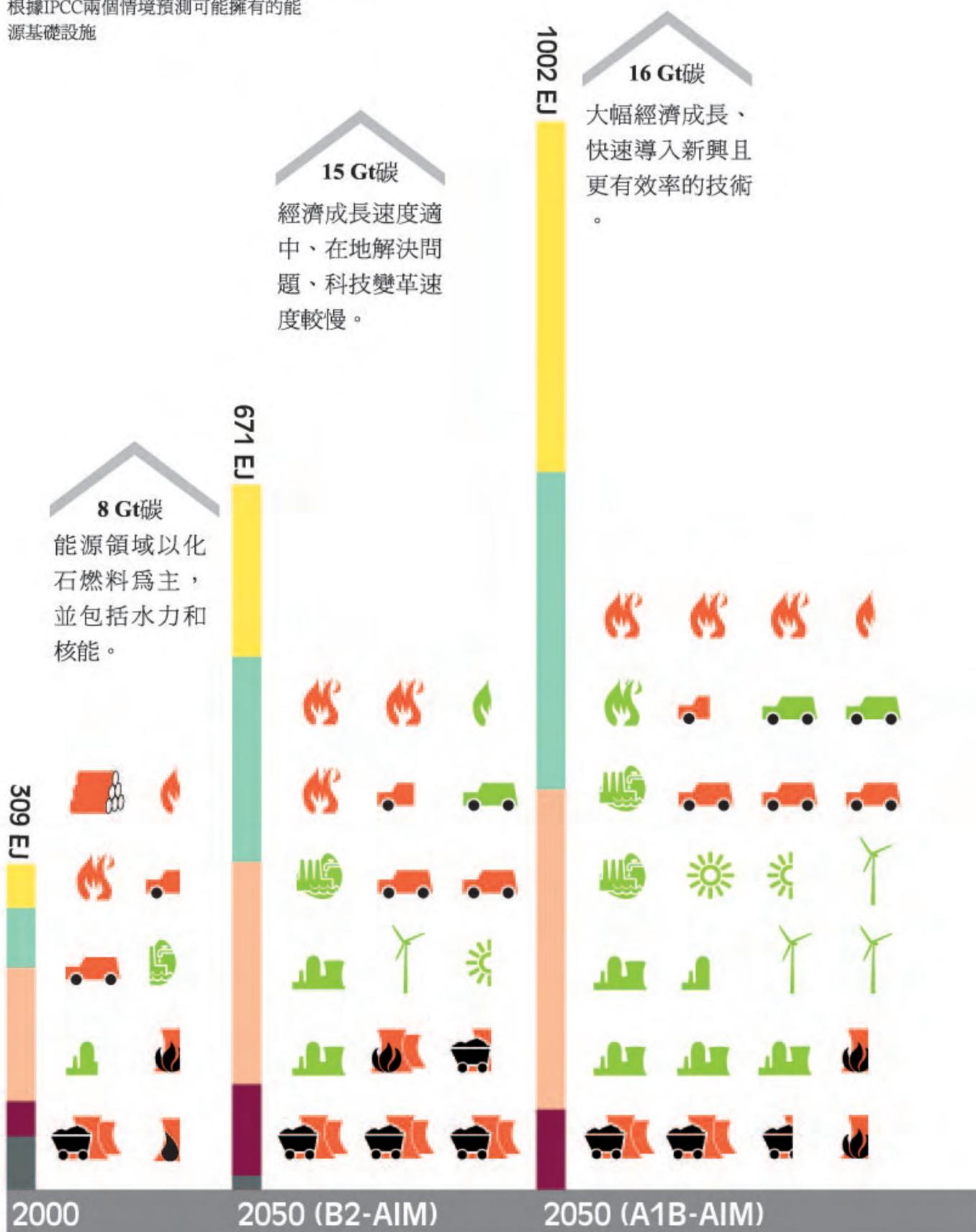
重塑能源的未來： 可預見的挑戰



降低成長不是邁向低碳世界所能接受的途徑。更合適的方式是，我們應將生活水準和能源消耗間的相互關係脫鉤。開發中國家有權追求OECD國家享受的生活水準，在我們現有的能源系統中，進行效率的提高、多樣性的改善和技術發展的，是達到此目的，卻不會不永續地大量排放的關鍵。

我們現在已經看到這種變化的實例，例如天然氣使用量增加，導入先進的再生能源，以及市場上開始提供高效率汽車等。IPCC兩個預測的情境（A1B-AIM和B2-AIM）都以這些變化為基礎，右側圖表顯示了未來我們可能看到的演變。然而，這並無法完全解決問題，因為兩種發展模式都將導致大氣層中的二氧化碳濃度，最終穩定在1000ppm左右。

圖 13：我們現有的能源基礎設施，和根據IPCC兩個情境預測可能擁有的能源基礎設施



終端能源

- 非商業性
- 固體
- 液體
- 氣體
- 電力



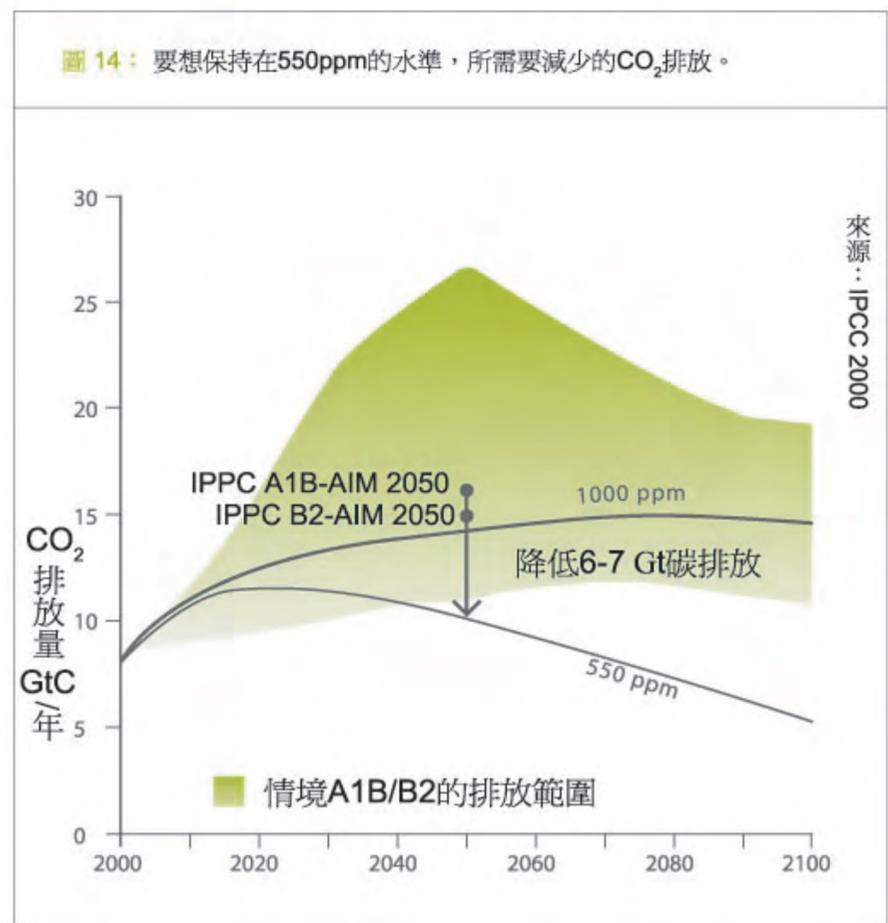
邁向低碳世界有許多途徑。摺頁圖表顯示了其中之一的可能途徑。然而，所有途徑都需要一系列的排放減量技術，以及節約能源與提高效率的措施。

如何才能使大氣中的CO₂穩定在可以接受的水準？

在2050年以前，如果每年的碳排放量比A1B和B2情境中的排放量低6-7Gt碳（22GtCO₂），可使大氣中的CO₂處於550ppm的水準，而不再是1000ppm CO₂，但是同時也需要逐步調整我們的能源基礎設施，會利用到的資源如：

- 燃料轉以天然氣為主
- 核能
- 再生能源
- 生質產品
- 碳捕捉和儲存
- 先進汽車技術
- 其他提高能源效率的措施

圖 14：要想保持在550ppm的水準，所需要減少的CO₂排放。

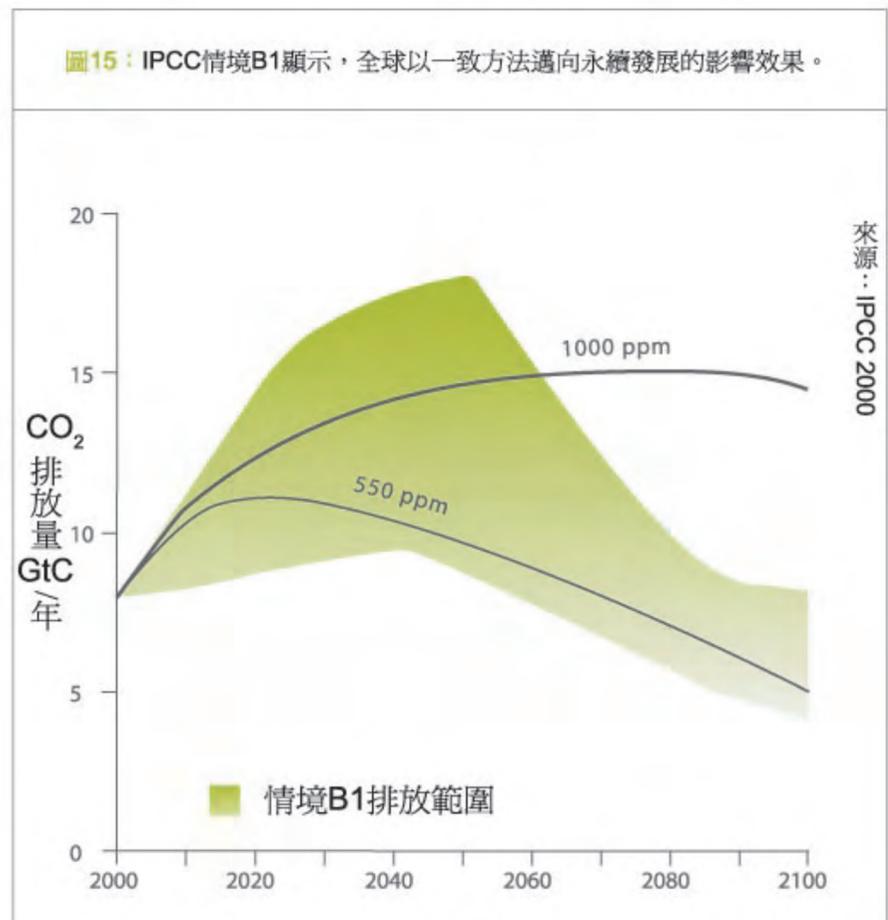


節約能源、能源效率和社會變革

要達到低碳世界需要在能源與發展間之關係，做出顯著的轉變，這樣就可以達到相似的發展水準，卻又能節省30%的能源消耗。透過行為改變來節約能源，以及透過技術來提升能源效率都將可以發揮作用。

這樣的趨勢是IPCC B1情境的特徵，其展現了全球性邁向永續發展水準的未來情景，也說明向服務與資訊經濟快速轉變與彙聚的世界，同時降低原料密集度和導入乾淨能源和資源效率高的技術。即使沒有明顯針對氣候變遷問題進行處理，該情境還是會導致極低的GHG排放量。

圖 15：IPCC情境B1顯示，全球以一致方法邁向永續發展的影響效果。



降低排放

圖16：邁向低碳世界有許多途徑。摺頁圖表顯示了其中一項。然而，所有途徑都需要不同種類的科技，以及節約能源的措施。



轉以天然氣為主的燃料

從碳排放的角度來看，天然氣比傳統煤炭（假設不進行二氧化碳捕捉）或石油效率更高（參見圖4）。改用1400座 1GW複循環天然氣渦輪機組來取代燃煤電廠，這代表著每年會減少1Gt碳排放量。

- 要實現維持9Gt的排放水準，燃氣電廠在50年內，須每年以2.6%的成長速度建置，方能達成。這比IEA在世界能源展望（2000-2030）中所預估的2.4%要大。
- 天然氣也是一種有經濟供應限制的化石燃料，這意味著它的角色是暫時的，而不是長期的。

大眾運輸系統

以類似的生活型態的已開發國家人民來說，由於基礎設施的差別和公眾對大型運輸的態度，其每年人均二氧化碳排放量也會有1到3倍範圍內的變化。



核能

700座1GW的核電廠比起傳統的同發電量燃煤電廠，每年可減少少排放1Gt的碳。

然而：

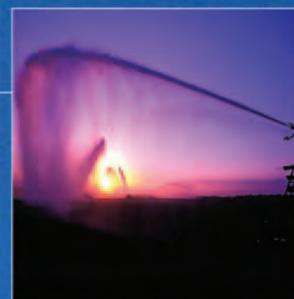
- 這需要4%以上的成長率，這超過了90年代時低於2.5%的核能成長率。
- 核能必須克服民眾接受的障礙。

公路運輸

2000年道路交通工具排放了1.5Gt碳。到2050年時，由於機動車輛數量超過20億，其排放量可能上升至3Gt以上。然而：

- 如果所有機動車輛都改用高效率水準的油電雙動力，到2050年碳排放可能降低1Gt。
- 如果8億多機動車輛利用碳零排放的新型氫運輸基礎設施（包括燃料電池技術），碳排放也會降低1Gt。

9Gt碳的排放水準，是以使用高效率引擎機動車輛（如：hybrid）為前提，且部分採用生質燃料（參見“生質產品”）。



再生能源

藉由再生能源設施代替700座1GW的傳統燃煤電廠，可達成每年減少1Gt碳的排放。

風能—需要30萬台5MW的風力渦輪機（為減少1Gt），它們將覆蓋約葡萄牙大小的面積，不過多數土地仍然是可利用的。現在許多風場是位於離岸的位置。

太陽能—對於全球超過20億無法獲取電力的人們來說，太陽能正逐漸成爲一種重要電力來源。

地熱—當前發電量和可能成長前景和風能相似，同時它也不會佔用的太多土地。

水力發電—在許多開發中國家，水力實際上已扮演了提供相當規模之再生能源的角色，不過潛力尚未充分利用。

建築物

美國能源部零耗能房屋計畫已經顯示出，新型建築可以節約90%的家庭耗能。

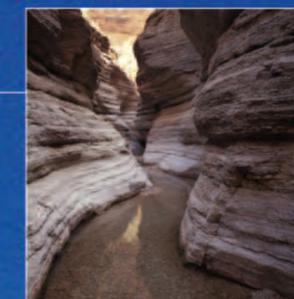


生質產品

生質燃料和生質產品的利用，可以減少因發電、製造和運輸時的排放。在2000年，非永續方式使用的生質產品，其造成額外1Gt的碳排放，卻只產生了50EJ非商業終端能源（一般在開發中國家多用於烹飪）。到2050年，永續地使用生質燃料和生質產品可以產生100EJ終端能源，而且僅造成少量或幾乎無造成二氧化碳排放。

低耗能電器

今日，因照明所造成的碳排放超過0.5Gt。開發中國家的20億人口採直接燃燒燃料的方法獲取光源，用於照明的人均耗能比已開發國家還多。若轉以利用先進照明技術，例如白色LED（發光二極體），這樣預期將可使全球用於照明的碳排放減量50%。



碳捕捉和儲存

碳捕捉和儲存可能是進一步利用世界豐富煤炭資源的有效途徑。700座利用碳捕捉和儲存的1GW燃煤電廠可以減少1Gt的碳排放。

仍存在的挑戰包括：

- 低成本的二氧化碳分離技術
- 社會大眾可接受的技術
- 發現和發展足夠多的儲存地點
- 建立監測的標準方法

創新作法

資訊社會爲節約能源創造了真正的機會。透過隨選服務和行動通信進行更好的存貨管理，其結果就是可減少浪費、降低運輸費用以及最終達成溫室氣體排放減量的目的。

無線技術的進步可能使開發中國家快速採用這些方法，避免不必要的基礎設施投資，這樣又有助於他們能以較低耗能的單位GDP之趨勢線，來提高其成長的水準。



節約能源 和能源效率

辭彙編

ARPANET：高級設立研究專案機構網路(Advanced Research Projects Agency Network)，始於1960年代初期，美國政府設立並推動了它的發展，它是世界上第一個實現電腦用戶之間通信的網路。

AIM：來自於日本國立環境研究所(National Institute of Environmental Studies in Japan)的亞太整合模式(Asian Pacific Integrated Model，簡稱AIM)的情境 — 參見下面的「跨政府氣候變遷專家小組情境」。

二氧化碳(CO₂)：如天然氣、石油和煤炭等碳氫化合物燃燒後的主要氣態產物。CO₂自然地存在於大氣中，為一種溫室氣體，但其濃度於上世紀中一直在升高。

碳捕捉和儲存：排放二氧化碳至大氣中的長期替代選擇就是捕捉和儲存二氧化碳。地質碳儲存涉及將二氧化碳注入地表下的地質岩層中。如果二氧化碳排放源純度不夠，首先必須進行二氧化碳的分離。

CCGT 和 CHP：複循環天然氣渦輪機(Combined Cycle Gas Turbine，簡稱CCGT)是一種高效設備，它可以將天然氣中50%以上的化學能轉換為電能。在汽電共生廠(Combined Heat Plant，簡稱CHP)可以進一步改善總體效率。

濃度：在某一特定時間點上大氣中的二氧化碳量，典型的度量單位是百萬分之一(ppm)。本報告中二氧化碳濃度僅指二氧化碳，不包括其他溫室氣體。

DOE：美國能源部。

排放：釋放到大氣中的物質(本文中指CO₂)，典型的度量單位為噸/年。

ENIAC：電子數值積分器與電腦(Electronic Numerical Integrator and Computer)，於1943年由美國國防部(Dod)委託研製，供彈道研究實驗室(Ballistics Research Laboratory)使用。

終端能源：我們在家庭、汽車、辦公室和工廠實際使用的能源。

GDP：國內生產毛額，一個經濟規模的度量尺。

十億噸(Gt)：排放至大氣中的碳總量非常巨大，所以我們用十億噸來計量。大氣中十億噸的二氧化碳相當於三億噸的碳。

溫室氣體(GHG)：地球大氣中的氣體，可以吸收並再次放出紅外線輻射，而將熱量留存於大氣中。這些氣體產生於自然的和人類的活動，主要溫室氣體是水汽，其他主要的溫室氣體包括二氧化碳(CO₂)、一氧化氮(N₂O)、甲烷(CH₄)、氟氯碳化物(CFCs)和六氟化硫(SF₆)。

ICE：內燃機。

IEA：國際能源總署，一個國際組織，旨在透過能源政策合作，推動能源供應安全、經濟成長和環境永續性。IEA發行的主要刊物為世界能源展望(World energy look，簡稱WEO)。

IPCC：跨政府間氣候變遷專家小組(International Panel on Climate Change，簡稱IPCC)，由聯合國建立，用於評估相關科學、技術和社會經濟資訊，以此瞭解氣候變遷，以及氣候變遷的可能衝擊和適應與減緩的辦法。

IPCC情境：IPCC發展了4種敘述性情節來描述可能的途徑，它們包含不同的人口統計、社會、經濟、技術和環境發展。重要的是，這些情節不包括像執行京都議定書這樣的特定氣候誘因。

每種情境都代表一個情節下的一個特定量化解釋。針對每一個情節，採用不同的模式來發展不同的情境。同一情節下所發展的所有情境構成一個情境「家族」。

本出版品我們採用了A1B(平衡的能源供應配比)和B2情節。對於特定能源基礎設施的說明，採用的是來自日本國立環境研究所的亞太整合模式(AIM)的情境。A1B-AIM是A1情節的標示性情境，其排放量處於所有40種IPCC情境的中間水準。我們也參考了B1情節和情境家族，這些情境非常強調能源效率與相應的未來低排放。

焦耳、十億焦耳(GJ)和百萬兆焦耳(EJ)：焦耳是能源消耗的度量尺，但其表示量很小，所以在討論全球能源時，必須採用非常龐大的數位來表示。十億焦耳是10億個焦耳(1後面跟9個0)，1百萬兆焦耳是1後面跟18個0。1百萬兆焦耳等於2780億kWh或27.8萬GWh，或相當於32個1GW的發電廠運轉1年的電量。

OECD：經濟合作暨發展組織。

百萬分之一(ppm)：一百萬份物質中含有另一種物質的部份(分子)。本文中” ppm” 用作容積度量尺度，表示在任何時間點的大氣中二氧化碳量。

PPP：購買力平價，衡量不同貨幣購買力的貨幣兌換比率。購買力平價比較固定量貿易產品、非貿易產品和服務的不同貨幣價格，而產出一種具備廣泛基礎，用來度量生活標準的方法。

初級能源：在100%資源使用效率的假設下，從煤炭、石油和天然氣等資源中，可以獲得的總能源。

穩定化：大氣中二氧化碳的長期平衡的濃度。二氧化碳不斷從大氣中遷移到海洋、植物和動物生命中，最後又返回到大氣，大氣中的平衡濃度已經維持了幾千年。由於額外的排放導致平衡的改變，可能需要花費幾百年的時間建立才能建立一個新的平衡或穩定性。

瓦特、千瓦 (KW)、百萬瓦 (MW)、10億瓦 (GW) 瓦特小時 (Wh)：瓦特是能源消耗率的度量單位，等同於焦耳/秒。1個百萬瓦是100萬個瓦，1個10億瓦是10億個瓦。典型的發電量以瓦特小時(Wh)來表示，指的就是1瓦電供應或使用1小時。家庭的能耗以千瓦小時(kWh)來表示。一台需要1000瓦來操作的電器，打開1小時將消耗1千瓦小時的電力。同時也請參見焦耳的定義。

主要參考文獻和來源

- **BP 2003**: Statistical review of world energy
- **Central Intelligence Agency 2004**: The world factbook
- **Evan Mills Ph.D., IAEEL and Lawrence Berkeley National Laboratory 2002**: The \$230-billion global lighting energy bill
- **Hadley Centre and Carbon Dioxide Information Analysis Centre (CDIAC)**: <http://cdiac.esd.ornl.gov/home.html>
- **IEA 2003**: CO₂ emissions from fuel combustion 1971-2001
- **IEA 2002**: World Energy Outlook
- **IPCC 2001 a**: Climate change 2001, Synthesis report
- **IPCC 2001 b**: Emissions scenarios: A special report of working group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change
- **UN 2002**: World population prospects
- **WBCSD 2004**: Mobility 2030: Meeting the challenges to sustainability

關於 WBCSD

世界企業永續發展協會(WBCSD)是一個由190家跨國公司組成的組織，該組織的成員都承諾藉由經濟成長、生態平衡與社會進步這三大支柱，以實現永續發展。會員主要來自36個國家與20個主要的產業別。同時，我們也和世界上55個國家地區的企業永續發展協會和夥伴組織，結合成全球性聯盟，並創造彼此互惠與經驗交流。

我們的使命

使企業領導力成為世界邁向永續發展的元素，並促進生態效益、創新與企業社會責任。

我們的目標

我們的目標和策略方向包括：

- > **企業領導**：在與永續發展相關議題上，成為領導企業界的意見。
- > **政策發展**：參與政策發展過程，是為創造出一個能讓企業界對永續發展有效率貢獻的架構。
- > **最佳實踐**：展現環境資源管理和企業社會責任方面地企業發展案例，並將此尖端經驗和我們的會員分享。
- > **擴及全球**：為發展中國家和轉型中的國家的永續未來盡企業界的努力。

免責聲明

本手冊由世界企業永續發展協會（WBCSD）所發行。如同WBCSD其他的出版品，都是來自數個會員公司的執行人員與WBCSD秘書處同心協力的成果。此一出版品的草稿經過大多數會員審查，因此可以確保該文件廣泛代表了WBCSD會員的主要觀點。但這並不意味著每家會員公司都完全同意本文所有內容。

能源與氣候委員會專案

共同召集人 Anne Lauvergeon (AREVA)

John Manzoni (BP)

Egil Myklebust (Norsk Hydro)

工作小組

來自75家會員公司和12個地區永續發展協會的代表

向能源與氣候工作小組全體成員致以最誠摯的謝意，感謝他們為本手冊作出的貢獻。

專案經理 Laurent Corbier (WBCSD)

主編 David Hone (Shell)

副編 Simon Schmitz (WBCSD)

設計 Michael Martin 和 Anouk Pasquier (WBCSD)

圖片來源 封面、第8頁和第9頁圖片獲得豐田汽車公司許可

版權 © WBCSD，2004年8月。



社團法人中華民國企業永續發展協會 簡介

企業永續發展協會係由國內超過十種產業的大型企業所組成的非營利性企業組織，成立於1997年5月。現任理事長為東元集團董事長黃茂雄先生。

會員企業認知到追求經濟成長與環境保護兼顧的重要性與國際趨勢，不僅自身積極落實持續改善環境績效的目標，並支持本會達成結合企業力量，提倡及推動環境保護及資源管理之理念與方法，以邁向企業永續發展並提高國人生活品質之宗旨。協會成立的目標，希望能成為我國在企業永續發展的領域扮領先的角色與有力的企業喉舌，不僅督促政府制度健全的政策，協助會員引進及建立更先進的環境管理工具及最佳實務措施，及早因應國際趨以提高綠色競爭力，並能對整體社會孕育出有利於企業永續發展的環境，產生實質的影響力。

目前本會為我國極少數積極參與國際社會永續發展活動之民間企業組織之一，成立後加入世界企業永續發展協會(World Business Council for Sustainable Development, 簡稱WBCSD)的全球聯盟組織，成為會員與國際社會相關企業組織間之橋樑。

目前本會所推動的工作，主要包括：

- 企業永續發展策略之探討與相關管理工具之引進；
- 生態效益的推廣與生態效益指標之發展與應用；
- 非財務績效資訊揭露，包括環境報告書、企業社會責任報告書與企業永續發展報告書等；
- 經營管理與科技創新、商機與競爭力提昇、和企業成功推動永續發展之實務案例蒐集與推廣；
- 溫室效應氣體排放減量之彈性機制的追蹤與參與；
- 金融業與永續發展之關聯性的全球發展追蹤；
- 全球貿易與環境的發展趨勢；
- 掌握企業社會責任議題之國際發展動態等。

本會現有會員公司（截至2006年12月）如下：

工商協進會、中技社、中美和石化、中華電信、中國石油、中鋼、永豐餘、永澧環境管理顧問(ERM)、安心食品、良澔科技、金豐機械、台灣永光化學、台電公司、台積電、利群會社、宏碁、東元電機、英業達、英國標準協會台灣分公司BSI、南聯國貿、祐生研究基金會、環境與發展基金會、統一企業、統一超商、燁輝企業

邁向 2050 年的事實與趨勢：能源與氣候變遷
Facts and trends to 2050— Energy and climate change

原 著 作 名 / Facts and trends to 2050— Energy and climate change

原 著 者 / 世界企業永續發展協會 (World Business Council for Sustainable Development)

原 著 版 權 / 世界企業永續發展協會

原 著 I S B N / 2-940240-63-9

譯 者 / 黃正忠、莫冬立、何森元

發 行 人 / 黃茂雄

發 行 單 位 / 社團法人中華民國企業永續發展協會

總 編 輯 / 黃正忠

執 行 編 輯 / 莫冬立、何森元

總 校 訂 / 黃正忠

地 址 / 台北市復興南路一段 390 號 13 樓

電 話 / (02) 27058859

傳 真 / (02) 27060788

e - m a i l / bcsd.roc@msa.hinet.net

版 權 授 權 / 社團法人中華民國企業永續發展協會

出 版 日 期 / 2006 年(民 95) 12 月初版

定 價 / 新台幣 150 元 (平裝)

版權所有 ● 翻印必究

