

氣候變遷對城市的經濟影響 — 對台灣城市的啟示

吳珮瑛

台灣大學農業經濟學系教授

摘要

本文探討氣候變遷對城市所造成的經濟影響，而要進一步得知其影響前，必須先定義經濟影響的範疇；進而，則探討城市那些層面會受到氣候變遷的影響與衝擊，且如何以貨幣化的方式表示各種影響的層面，以貨幣化統一方式之衡量，不僅可以進行跨城市的比較，同時針對同一個城市也可以觀察在時間行進過程中，相關影響的變動情形；接著則探討城市在面對這些影響下的因應對策，並探討這些因應措施的特質及措施彼此間的關係；又文中也介紹國際各城市為因應此一問題所形成的幾個重要的聯盟與組織，最後，但卻是最重要的是，由這些問題的探討與瞭解中，釐出台灣的城市在面對氣候變遷問題可能得到的啟示，及需要加強之處。

關鍵詞：氣候變遷、貨幣化、調適、減量、公共財、C40

壹、前言

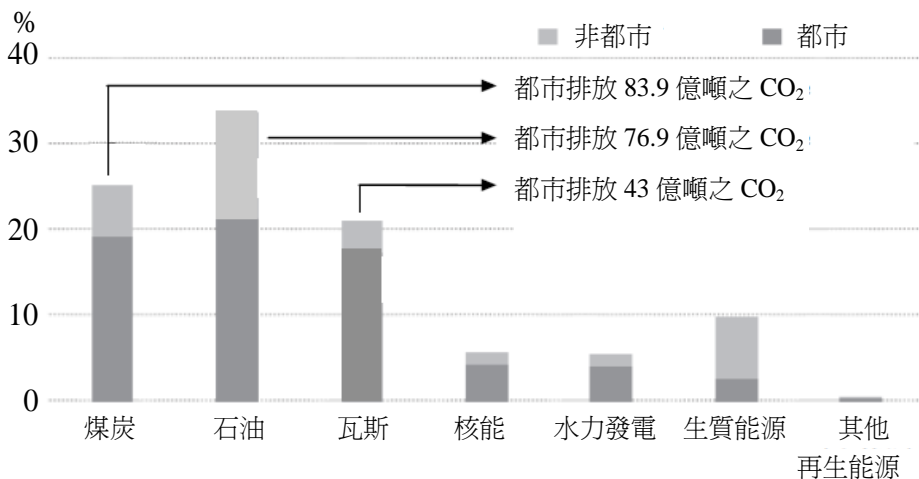
造成氣候變遷的主要原因，基本上是相關溫室氣體 (Greenhouse 的 Gases, GHG) 長期累積，而這些溫室氣體又以二氧化碳 (carbon dioxide, CO₂) 為大宗，因此，狹義的溫室氣體減量所討論的通常只涉及 CO₂ 的減少，而廣義的則是涵蓋將所有其他四項氣體統一以 CO₂ 的排放量所表示¹的溫室氣體之減量。關於氣候變遷的影響，在文獻上已有相當多的討論 (Klein, et al., 2007)，而有些討論是針對特定的國家或是地區，比如針對海島型國家，而更多的影響討論則是針對受影響的對象，比如對農業、森林、飲用水資源、人體健康等等；而這些的探討除了呈現於個別的文章外，跨政府氣候變遷小組 (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) 在過去的四本評估報告 (assessment report) 中則有一系列的討論與回顧，Stern 的評估報告 (Stern, 2006)，基本上也是針對氣候變遷在各種層面影響下的經濟評估彙整。

然而，除了瞭解並掌握氣候變遷對於一個國家或是特定層面的影響外，近來也有相當的研究探討氣候變遷對城市的影響 (Hallegatte, et al., 2011a ; Hallegatte, et al., 2011b ; Kirshen, et al., 2008)，而需要特別以城市為探討重心之理由為，一來根據統計顯示，全世界 2007 年約有 50% 的人口居住於城市，由相關的推估得知在 2050 年，居住於城市中的人口將更提升為 70% (World Bank, 2010)；再者，城市有高密度的基礎設施，有相對多的道路、橋樑、地下鐵、建築物、發電設施等等；此外，許多城市位居於河岸邊或海邊雖有運輸及聯繫上的便利，然而，這些城市卻也可能因氣候變遷

¹ 工業革命後人類大量使用石化燃料、濫伐森林等而造成二氧化碳 (CO₂)、甲烷 (methane, CH₄)、六氟化硫 (sulfur hexafluoride, SF₆)、氟碳化物 (hydrofluorocarbons, HFC_s)、全氟化碳 (perfluorocarbons, PFC_s) 及氮氧化物 (N₂O)，其中 CO₂、CH₄ 及 N₂O 是自然界原本就有的溫室氣體，而自然界中的溫室氣體還有水蒸氣 (water vapor)、臭氧 (ozone) 等。而自然界中最大的溫室氣體為水蒸氣，扣除水蒸氣後，人為加上自然界所有的溫室氣體最大宗的是 CO₂ 佔了約 99%，因此一般以減少此種氣體的排放為重點，而若是以整體溫室氣體的減量為目標，則廣義的乃將所有其他的氣體轉換成 CO₂ 的當量來表示。

造成的海平面上升，而受到較大的影響與衝擊，亦即這類型城市的脆弱性（vulnerability）相對也會較高，比如歐洲約有 70% 城市屬此類型，而在開發中國家如印度的加爾各達、中國的上海、廣州；已開發國家如荷蘭的鹿特丹、日本的東京及美國的紐約等城市都是屬於海岸城市（Aerts & Wouter Botzen, 2011；Sherbinin, et al., 2007）。

又導致氣候變遷的溫室氣體，根據國際能源總署（International Energy Agency, IEA）的統計，目前約有 67% 是排放自城市，而預期至 2030 年排放自城市的量將提升至 74%，其中又有 89% 是來自開發中國家的城市（World Bank, 2010）。由圖 1 的統計來看，至 2005 年世界各國城市約有 72% 的能源是來自煤、石油、天然氣等等，而這些類型能源的使用則成為溫室氣體的主要來源；而城市雖也使用了約 70% 的再生能源，然這些再生能源只佔了城市所用能源極小的比例。城市可以決定使用傳統能源及再生能源的使用比例，此同時也決定城市最後排放出來之溫室氣體的總量及其佔整個國家的比例（World Bank, 2010）。而全世界以人口排序的前 50 城市之最新人口數、GDP 與 GHG 的排放量詳列如附表 1。



資料來源：World Bank (2010)。

圖 1：2005 年都市及非都市分在各類能源之需求占總能源需求百分比及對應之 CO₂ 的排放量

最後，城市是組成政府的有機體，而這些正是國家相關決策的執行者；又有感於氣候變遷對城市的重要性，2009 年於丹麥哥本哈根所舉行的聯合國氣候變遷的第 15 次會議（COP15），首度聚集了世界主要城市市長共同研商相關議題（Hallegatte, et al., 2011a）；此外，規劃於 2013 及 2014 年將出刊的 IPCC 第五本評估報告，也有感於氣候變遷對城市的重要，乃首度擬針對以城市為主軸的相關議題納入討論（Hallegatte, et al., 2011b）。

由前述的諸多理由可知，探討氣候變遷下對城市的影響有其重要型及必要性，因不論是氣候變遷帶來的海平面上升或是熱浪襲擊，或是伴隨而來極冷、極熱、乾旱或是洪泛之極端事件（extreme event）發生頻率的增加，城市面對此諸多現象，可以預期其對城市造成的衝擊必然是比非城市或鄉村地區顯著。而探討這些各種不同影響下的結果，如何統一以貨幣化的單位表示，如此方能與因應相關影響而以貨幣單位表示的各式措施互為對應，因為這是掌理城市的主管機關進行相關決策時必要的資訊。

因此，本文之目的將探討氣候變遷對城市所造成的經濟影響，而要進一步得知其影響前，必須先定義經濟影響的範疇；進而，則探討城市那些層面會受到影響與衝擊，且如何以貨幣化的方式表示各種影響的層面，因以貨幣化統一方式之衡量，不僅可以進行跨城市的比較，同時針對同一個城市也可以觀察在時間行進過程中，相關影響的變動情形；接著則探討城市在面對這些影響下的因應對策，並探討這些因應措施的特質及措施彼此間的關係；又我們也介紹國際各城市為因應此一問題所形成的幾個重要的聯盟與組織，最後，但卻是最重要的是，必須由這些問題的探討與瞭解中，釐出台灣的城市在面對氣候變遷問題可能得到的啟示，及需要加強之處。

貳、氣候變遷對城市所產生之經濟影響的評估回顧

一、經濟影響的範疇

要瞭解城市曾經受過或將會受到氣候變遷的經濟影響，我們必須先對

何謂經濟的面向做清楚的定義。經濟並非是一般我們所定義的狹義層面，亦即只局限於有市場交易的財貨，因為氣候變遷所造成的影響層面，遠遠超過這些狹義的市場財貨。歐洲環境總署（European Environment Agency）所認定的層面包括自然生態系統、海岸區、農業、能源、旅遊、人體健康、水資源及人造環境等八大面向（European Environment Agency, 2007）；而 IPCC 最新的第四份評估報告所涵蓋之影響範疇包括了水資源、生態系統及其所提供的財貨與服務，衣著食物、森林資源、海岸系統與低窪地區、工業人居環境及人體健康等七大面向（Adger, et al., 2007）。而這兩個有代表性的廣義定義，內容基本上差異不大，歐洲因以觀光遊憩為重，所以特別將觀光單獨列為一項。

歸納文獻上的結果可知，過去因氣候變遷對世界一些主要城市所造成的影響一般可分為海平面上升、溫度上升所帶來的熱浪及其他與溫室氣體增加有關的其他影響等三大類如表 1 所示，其中海平面上升對於港口、海灣城市的影響相對的顯著。由表 1 可看出，就所摘錄的這些影響相當比例是來自於洪水的發生，而造成影響之表示也相當多元，有些是以多少人員的傷亡，有些也以金額表示損失的大小，對於以火車通勤為主的英國倫敦，2000 年的洪水對於火車通勤族所造成的影響，其也將時間轉換成金額以表示損失之大小（London Climate Change Partnership, 2002）。

又表 2 是相關研究以各種不同的模型，推估未來海平面、或是溫度又更進一步上升可能造成的影響，這些都是針對未來十年、甚至是五十年或一百年後所做的預測。而所預測的損害是否會發生，一則有賴預測時對未來所假設的自然環境條件變異程度的掌握；再者，也視各種可能受影響面向對於外在環境變化的可容忍度（toleration）或是各種層面在面對衝擊時所呈現之脆弱度的高低。當然，各國政府由現在到未來的任一時間點，政府有無採取因應措施、或是採行何種因應措施，也都是影響表 2 相關研究所預測的損害是否會發生，及發生後之損害將比預測的結果更大或較小之重要因素。

二、將各影響層面統一以貨幣化表示之目的

綜觀前述氣候變遷下城市可能受影響的各種面向，衡量影響所顯示的單位也各不相同，有以人數、面積、金額、比例等等不同單位來表示。然每一個國家在採取相關的因應措施，最大的考量是每一個因應決策對其國民所得（gross domestic product, GDP）的影響，因此將各式不同的影響，統一以貨幣化的單位表示，此即氣候變遷下廣義的經濟影響，如此方能掌握每一個決策與可能之犧牲與 GDP 的對照與比較，或者不採取任何因應措施，綜合以金額表示的各種損失層面的大小。

此外，目前為因應溫室氣體排放的相關措施中，針對溫室氣體排放課以碳稅（carbon tax），必要時也可以採取補貼的方式（subsidy），比如對於採用特定減碳措施者進行的補貼；或是讓相關的溫室氣體排放者在市場上進行交易，比如讓相關溫室氣體的排放者在市場中進行排放許可（emission permit）或是減量信用額度（emission credit）的交易，要採行這些措施則需要決策者掌握所課稅額或是補貼水準之高低，如此才能達成所設定之排放目標水準；而透過市場交易的措施，相關決策者也必須掌握溫室氣體減量所造成以金額表示之損害的減少，因此不論是選擇何種措施，將影響的所有面向貨幣化，是與減碳相關的課稅、補貼或交易所需的重要財務資訊（Clapp, et al., 2010）。

進而，為了評斷政府決策的妥適性與效率性，則可能需要進行因應政策或措施的成本效益分析（cost benefit analysis），此時，將政策的所有影響貨幣化，才可能比較每一措施或政策執行後以金額表示之代價的高低，與措施或政策執行後同樣以金額表示可避免之損害的大小，依此，才可以判定政策是否值得執行，也就是判斷資源投注於相關政策或措施，是否可以為社會整體換得最大的淨效益（European Environment Agency, 2007）。

三、衡量城市所受到之影響的貨幣化模型與方法

至於將城市所受到的各種影響面向貨幣化的方式有許多種，常用的整

合性評估模型主要有四種，一為美國 William Nordhaus 所研發的「動態整合氣候經濟模型」(Dynamic Intergrated Climated-Economy, DICE)² (Nordhaus, 1977)；二為 1992 年由英國劍橋大學的 Chris Hope 與同好所研發的「溫室效應政策分析模型」(Policy Analysis of the Greenhouse Effect, PAGE) (Hope, et al., 1993)；三為 1997 年由 Richard Tol 所研發的「氣候架構的不確定、協商與分配」(Climate Framework for Uncertainty, Negotiation and Distribution, FUND) (Tol, 1997)；而第四種也是 Nordhaus 等人於 1996 年所研發的「氣候與經濟的區域整合模型」(Regional Integrated model of Climate and Economy, RICE) (Nordhaus & Yang, 1996)。

這些模型雖有各自的特色，然基本上均是結合氣候變遷下自然條件之改變與社會經濟不同面向，評估全球或是區域（通常為國家），模擬各種不同減量措施或是調適措施下的影響。而所模擬的情境可能涉及長遠未來的氣候條件，如此所處理的均是屬於不確定的未來，於是折現率、不同極端氣候型態、影響決策因素的選擇，及有無考慮不同權數反應富有及貧窮國家的差異，或是反應社會因素及經濟因素的不同權數等諸多因素，均會產生不同的評估結果。此外，在這些模型中，由於氣候變遷的眾多影響面向許多均是沒有市場價格的自然環境的改變，或甚至是人命的消逝，此時則需仰賴並結合可以評估非市場財貨損害的方法。

而許多將非市場財貨貨幣化的非市場價值評估法 (non-market valuation method)，除了可以併入前述幾個整合模型外，更多的應用是針對單一面向或是特定非市場財貨，在氣候變遷下所受到之衝擊的評估，比如對生態、特定物種、水質、健康甚至是生活品質等等所造成的損失進行貨幣化的價值評估。這些方法中的一大類，基本上是簡單的採用市場財貨之價與量變動做為影響的貨幣值，而另一大類則依據財貨的特性，可採用替代市場價值評估法 (substitute market method)，比如旅行成本法 (travel cost method)

² 事實上此一模型是 Nordhaus 與其同好經由一系列的研究報告、期刊文章及書籍逐步發展演化而來的一個模型，後面參考文獻只列出模型較早期出現、且有代表性的其中一篇文章。

或是特徵價格法 (hedonic price method)，或是完全由假設情境之設定透過調查的條件評估法或稱為假設市場評估法 (contingent valuation method)，及凸顯可以評估財貨特徵價值的聯合分析法 (conjoint analysis)，當然在這些方法均不可得的情況下，也可以藉用過去的研究成果，推估目前受氣候變遷影響面向的效益移轉法 (benefit transfer)，關於這些方法的討論可參見吳珮瑛 (2009) 及 Freeman (2003)。

叁、城市可採取的因應措施

一、調適措施及其特質

城市面對氣候變遷可能造成的影響與衝擊，可以採行的措施基本上可以分為調適 (adaptation) 與減量 (mitigation)。所謂調適基本上是指調整自然或是人為的系統，以因應氣候變遷可能引起的預期或是事實已發生的影響與衝擊，以能減緩災害的發生或是更積極的找尋能產生效益的機會 (Gupta, et al., 2007)。換言之，調適是在沒有或是無法處理造成氣候變遷的深層原因，亦即不觸及溫室氣體減量之情況下，降低部門、區域 (城市) 或是國家可能遭受損害的一類因應措施 (Klein, et al., 2007)。比如在面對新的氣候型態下，農場的經營規劃是否要調整，又灌溉、水利計畫是否需要調整，大眾運輸交通工具基礎設施是否需要變更，考量新的氣候型態下、城市中各社區的相關基礎設施該如何調整與變更，或者是否需要考慮增建更大型的水庫等等，都是在不改變或者無法改變既有的氣候條件下，可以採行的調適措施。

而調適措施有許多特色，衡量調適最多也是較佳的是以區域 (城市) 為對象，有許多也以地方為對象，而絕少以國際為對象，這是因為調適所帶來的外溢效果 (spill-over effect) 很少會經由國際傳送；也因為調適措施的此一特質，各國或是任一城市所採取的調適措施對全球並沒有任何的義務，因調適措施的主要目的只是提供效益給地方或是區域 (Hallegatte,

2011b; Bambrick, 2011); 此外, 調適措施所帶來的效益是隨著時間而增加, 任何調適措施的支出與調適後可能產生之效益與產生回饋時間之間距是相對的短 (相對於後續將討論的減量措施); 調適措施的採行基本上可以視為一個可以結合公部門與個別家計單位及私部門, 在區域或是任何社群以共同管理以降低自然資源可能受到損害的相關手段。

二、減量措施及其特質

城市另外可以採行的因應措施是減少溫室氣體的排放量, 這一類是由根源做起的措施。根據 IPCC 上所認定的減量之定義是, 以人為干預的方式降低溫室氣體之排放源, 或是強化溫室氣體的吸存 (Adger, et al., 2007)。溫室氣體的減量的特質是, 減量措施所需要的成本及效益的兌現之間是有時間上的落差; 又經由不同減量行動所需要花費的成本相對容易決定與比較; 又減量基本上是需要透過中央政府在國際上與其他國家協商所進行的工作。

此外, 溫室氣體減量不僅對全球的社群有益、同時也能讓城市這類區域獲得益處 (Klein, et al., 2007), 而減量對城市所帶來的益處稱為附帶效益 (ancillary benefits)、共同效益 (co-benefit)、或次級效益 (secondary benefit)。比如, 雖然目標是減少溫室氣體, 然在減少溫室氣體時即可以讓溫室氣體之外的其他空氣污染物也連帶減少。有研究顯示, 在歐洲於 2010 年如果將 CO₂ 降到比 1990 年的水準還低 7% 時, 此時連帶分別使得 SO₂ 降低 74%、氮氧化物 (NO_x) 降低 45%、揮發性物質 (VOC) 降低 44%、懸浮微粒 (PM₁₀) 降低 64%, 氨 (NH₃) 降低 18% (van Vuuren, et al., 2006), 由此可見這些附帶效益的減少比 CO₂ 降地的比例更為明顯。表 3 則顯示幾個國家每降低一噸碳的排放, 所產生與碳排放有關的效益及其他的效益, 其中挪威來自非碳排放的次級效益尚且高於與碳排放有關的效益。

表 3：碳排放減量的次級效益與主要效益之比較

國家	與碳污染排放相關之效益 (單位：美元／每噸碳)	非碳排放的效益 (單位：美元／每噸碳)	總效益
英國	44-201	81	125-282
美國	251	81	332
挪威	43-713	81	124-794
英國	290	81	371
挪威	165	247	412
英國	195	Na	195+
美國	165	Na	Na
德國	312	Na	Na
歐洲	21	Na	21+

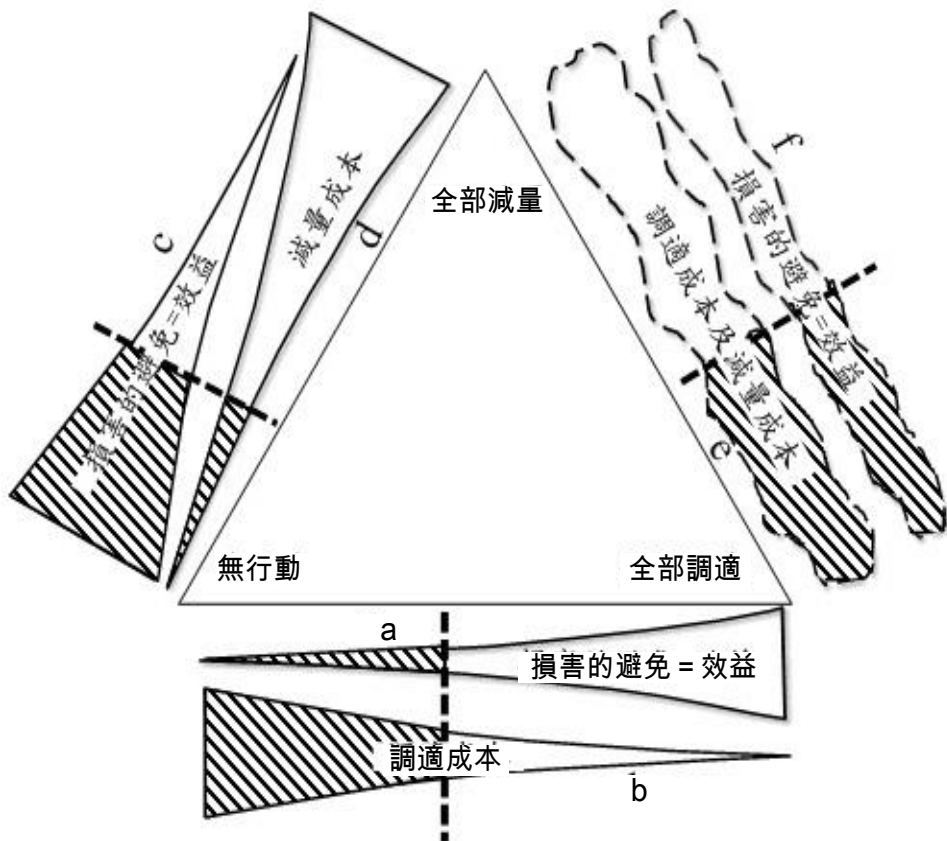
資料來源：Ekins (1996)。

三、沒有行動、調適措施與減量措施間的關係

(一) 三者關係的互動與選擇

面對溫室氣體的排放，一個城市可以完全不採取任何的措施，也可以採取如前述的調適措施或是減量措施，而完全沒有行動、調適與減量這三者間有一些互動與關係，三者的關係修正自 Klein 等人(2007)如圖 2 所示。以完全沒有行動與採取完備的調適措施之關係來看，如果完全未採取行動，則不需花責任成的成本，然而卻需面對溫室效應所帶來各種災害造成的損失。因此，在完全沒有任何調適措施下，任何調適措施的採行可以發揮災害避免 (avoidance of damage) 的效果就越大，也就是調適措施可以發揮的效益 (benefit) 越大，而初期採取之調適措施的成本相對的低，而當調適措施採取越多、越完備時，再新增加的調適措施所需要的成本將越高，即圖 2 中的 a 所呈現的趨勢，而在任何調適水準下所需的總成本即 a 所顯示的斜線面積。反之，調適措施已做得近乎完備時，新加入的調適措施可以避免的損失就顯得有限，即圖 2 中的 b 所呈現的趨勢，然而，此時可以避免總災害的損失即是圖 2 中 b 涵蓋的所有斜線面積之總合。

此外，由於感受或享有調適所帶來的好處是發生在地方或是像城市這類型的區域，因此該採取什麼調適措施，或是相關的調適措施該如何進行，這些與地方的地形、經濟結構及家計單位可接受的調適容量有關；進而，調適所需付出的成本也是即刻可見，而其可能帶來的效益、亦即其可能避免的損害不僅是不確定、且同時也會拖延至長久的未來才能看得出來(Klein, et al., 2007)。又由完全沒有採取任何行動所帶來損害之大小，依此可以得知在沒有付出代價的情況下，應提供那些方式以監控及預測自然與人為系統受氣候變遷之影響。



資料來源：修正自 Klein et al. (2007)。

圖 2：沒有行動、調適措施與減量措施間之關係

又另一種極端是，由完全未採取任何減量行動到採取所有可能的減量措施，在未採取任何減量行動時，可能帶來的災害將相對的大，然一旦減量措施持續的進行，而後續新採行的減量措施可以發揮災害避免的效果則會遞減，如圖 2 中的 c 所呈現的趨勢，而採行至此一水準之減量措施所能避免的總損失，則為圖 2 中之 c 所顯示的斜線面積；反之，在不同減量措施水準的採行下，所需付出的成本則如圖 2 的 d 之趨勢。而與災害避免對應的是，初始採行之減量措施所需付出的成本則相對的小，然當減量措施越臻完備之時，再進一步採行任何減量措施的成本將越大，而在任何減量措施水準的採行下，減量措施所需的總成本則為圖 2 的 d 至該水準所涵蓋的面積之和，即圖 2 之 d 所涵蓋的斜線面積。

掌控完全未採取任何減量行動所產生的損失，也就是氣候變遷所帶來的經濟損失（成本），是政策選擇所必須知道的資訊。此外，由前述的說明可知，由於城市相對比較容易感受到減量所帶來的次要效益（附帶效益），因此，為了能吸引城市採行減量措施，任何的減量措施都必須完整的評估主要效益及次要效益，因為站在城市的立場，所感受到的次要效益有時尚且大於主要效益，於是，次要效益的評估更是不能忽視的一部份（European Environment Agency, 2007）。

而調適措施與減量措施二者在整個政策架構中，基本上是相互替代、也可以說是相互競爭的關係，當採行越多的減量措施時，則相對的需要較少的調適措施（Tol, 2005; Hunt & Watkiss, 2011）；既然如此，二者對於政府的資源則處於相互競爭的情況，政府的資源最主要的無非是執行相關措施所需要的經費。在二者互為替代的情況下，因應氣候變遷可以如圖 2 所示由採行完全的減量措施的一種極端，到採行完全調適措施或是減量措施的另一種極端。

然與前述完全未採取行動及採取完備的調適措施不同之處是，以任何方式進行至特定程度下之調適措施與減量措施的採行，所需要的成本並非是逐漸增加，端視所搭配的調適措施與減量措施而定，如圖 2 的 e 所表示之曲線型態；而其所對應的減量措施與調配措施所能避免的災害，也並不是

與成本有相反的走向，固定呈現漸簡的趨勢，而是如圖 2 的 f 所表示的曲線型態。而採行任何減量措施與調適措施之結合所需要的總成本則為圖 2 之 e 所涵蓋的斜線面積，此時所帶來總災害的避免或是效益則為圖 2 之 f 所表示的斜線面積。

除此之外，減量措施與調適措施之間也可能存在互補的關係，也就是說即便溫室氣體在今天就完全去除，然氣候變遷的現象仍會持續數十年，因此，如何由今天順利走到數十年之後的未來，則有賴適當之調適措施的採行。更何況很多國家針對溫室氣體減量目標的訂定，不僅不可能即刻停止，通常都是設定距今 10 年、20 年甚至半個世紀之後的未來。面對此種情形，如何在溫室氣體沒有（或不可能）完全減除的狀況下，得以順利由今天度過到長遠的未來，調適措施的採行將是必要且不可避免的工具。最後，不論減量措施與調適措施如何的搭配，二者的關係將隨著空間與決策時的社會觀點而有所變動，亦即，不同的空間環境與社會整體的氛圍，基本上也都是影響最後措施選擇的因素（Tol, 2005）。

二、調適措施與減量措施所創造效益之特質

由前述的討論可知，站在城市的立場，不論是採取調適措施或是減量措施，將能降低氣候變遷對環境所帶來的災害，依此所創造出來的效益本質上都是屬於公共財（public good）。比如，如果減量所採取的具體措施是課徵碳稅，如此將能降低溫室氣體的排放，長遠來看，此舉將有助於環境保護所帶來的主要效益，然受到保護的環境並不限於只在採行溫室氣體降低的國家或是城市才能享有，此是因為以 CO₂ 為主的溫室氣體帶來的氣候變遷問題，是長期且累積許多排放來源所造成，因此，當任何排放源降低溫室氣體的排放時，對應所能帶來的效益也是全球所能共享的公共財（global public good）（Pittel & Rübblke, 2008）。

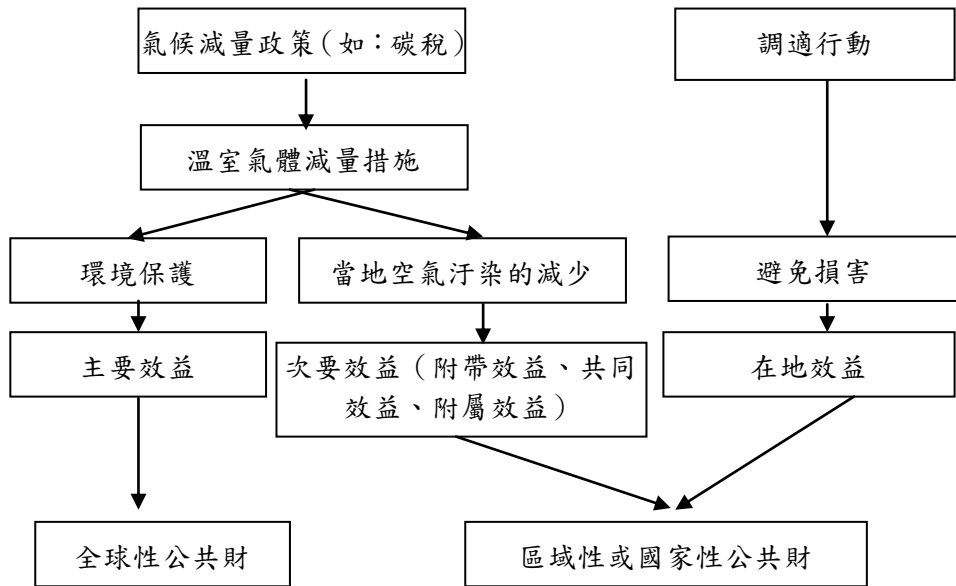
由於溫室氣體減量的此種特質，正面而言，只要一個國家或是如城市的區域承擔起減量的任務，即能造福所有其他城市或國家；然而，也正因為此一特質，由另一個角度來看，也將使得每一個國家或是城市遲遲不願

承擔任何減量的義務。由於溫室氣體的排放量通常是隨著所得越高而越大，因此，溫室氣體的減量也將使得所得高的國家或是城市付出相對高的成本或代價。於是，每一個國家或是城市原則是採取觀望、等待他人先行動的態度。這也是『京都議定書』(*Kyoto Protocol*) 自 1997 年簽署後，簽署並承諾願意履行減量的 36 個附件 B 國家，卻遲至 2008 年才開始執行所承諾的排放減量的原因。

由此可見，溫室氣體的減量對於執行減量的國家或是城市基本上誘因是很小甚至是沒有的。然而，降低溫室氣體排放連帶的將減少空氣中的各式污染物，這些雖不是降低溫室氣體排放的主要目的，然依此隨帶的也將減少其他空氣污染物的排放，如此使得執行減量的國家或城市，相對的可以直接享受空氣中其他污染物減少所帶來的好處或效益，這些效益雖然也是大家可享受的公共財，然享有的範圍只限於特定的區域內，亦即只在付出代價的國家或是城市內才享有 (Stasinopoulos, 2009)。

任一國家或是城市減少溫室氣體排放量之減量措施所產生的效益，有如上述的特質。又如果國家或是城市在因應氣候變遷也選擇調適措施，由於調適措施原則上是由城市或地方所採取，因此，享有調適措施下的成果也將直接由城市或地方所享有。依此，調適措施的執行所能避免的損失與災害，即這些措施帶來的效益是屬於城市或地方的公共財 (*regional public good*)。

由於調適與減量措施各有如上述之公共財特質彙整如圖 3 所示，因此站在城市的立場，將可以完全享有調適措施所產生的區域性公共財效益，並享有減量措施因透過其他空氣污染物減少所帶來的次要效益公共財。於是，綜合考量減量與調適措施所帶來之次要效益與主要效益整體的大小，方能提供城市充分的資訊，以決定何種調適與減量措施之組合是適當的，即何種組合可以為城市帶來最大的效益。此外，既然減量措施能提供城市可以享有區域之公共財，因此，以改善城市空氣污染手段為出發，對城市是相對有誘因且有效的。



資料來源：修正自 Pittel 與 Rübblke (2008)。

圖 3：減量措施與調適措施所創在之全球與區域公共財特質

肆、國際間城市合作所形成的相關組織

每個城市由於各方面的條件不同，在氣候變遷下造成災害大小也各不相同的情況下，每個城市可依其需要而選擇不同的減量措施、調適措施或是任何這兩種措施的任何組合。然而，每個城市除了各自單打獨鬥的減除各自可能發生的災害外，尚可以透過國際間城市的合作與協商以達成災害的防治與減除。透過城市間的合作比起國家間的合作相對簡單的原因之一是，全世界各城市間的分野沒有像國家間的差異這麼大，亦即以國家為單位的已開發、開發中或是未開發國家差異是很大的，反觀城市則否 (Clapp, et al., 2010)。於是，城市間的調適或是減量措施的相互協助及資訊分享就相對的可行。

為城市的永續發展與氣候變遷議題的合作，國際間有幾個以城市為主體所形成的相關組織。其中之一是國際地方政府環境行動理事會 (International

Council for Local Environmental Initiative, ICLEI)，此一組織於 1990 年成立，目前全世界有 1,220 個城市在此一組織下共同為城市永續發展相關的議題進行合作事宜。台灣目前有 11 個縣市是此一組織的成員，然因此一組織所關注的是城市的永續發展，而不僅是與氣候變遷有關的議題，氣候變遷只是此一組織關注的焦點之一。高雄市於 2012 年 9 月 17 日成立 ICLEI 高雄環境永續發展能力訓練中心，這是此一組織目前在亞洲所設立的唯一訓練中心，此一訓練中心的成立將可以協助一個以重工業發展為主的高雄市，在未來與世界其他城市的產、官、學界，為城市的永續發展有更多的經驗交流。

另外，城市與地方政府聯盟（United Cities and Local Government, UCLG）是 2004 年在法國巴黎成立的組織，這是城市有感於為了提升自己的價值、目標與興趣，因此組織一個得以向世界展現地方政府是有自理能力完成其任務的單位，而這些自理得以透過地方政府間的合作，及更廣泛的國際社群間的合作來達成。目前台灣的台北市、新北市及台中市是此一組織 2010-2013 年的理事會成員。

而直接與氣候變遷行動議題有關的組織是城市氣候領導組織（Cities Climate Leadership Group），此一組織是 2005 年倫敦市長 Ken Livingstone 由 18 個城市開始，逐步發展成至 40 個會員的城市組織，因此也稱為 C40，而目前與 C40 有相關的會員及附屬城市共有 58 個，外加新加坡一個觀察城市（Climate Leadership Group, 2012）。C40 一開始的城市成員是所得較高的國家，後來加入的城市類型，一則為城市人口較多或是溫室氣體排放量較大的城市。此一組織希望能透過城市間的合作，執行一些對地方在氣候變遷有相關並有意義的行動。

C40 雖然佔有全世界 21% 的 GDP，然所有城市也佔了全世界總人口 8%，同時也是全世界 12% 溫室氣體排放總量的來源，由此可知，掌握這些城市對氣候變遷的因應動向，基本上也掌握了世界因應此一問題的走向。而台灣目前沒有城市是屬於此一組織的成員，為能與世界其他城市在氣候變遷減量與調適措施上有更佳的聯繫與合作，這是台灣未來可以努力的方向之一。C40 所有會員城市的人口數、GDP 及 GHG 排放量如附表 2 所示。

伍、世界經驗對台灣城市的啟示

探討了氣候變遷對城市影響與衝擊的相關問題後，現在則要檢視台灣在面對這些議題時所面臨的問題、缺失及不足之處。台灣由中央至地方層級的政府，在因應氣候變遷措施的選擇，基本上是以減量措施為主。但是減量措施可以產生的效益有如前述所討論，一則減量帶來的是具有全球公共財特質之效益，因此，城市難以立即由減量措施享有或體認到，花費了相當的減量代價對應所應享有的效益；再者，一般的減量目標都是設在長遠的未來，然如何可以讓災害降到最低的當前走到未來，則有賴調適措施的有效執行。

世界的幾個主要大城市如英國的倫敦、加拿大的多倫多、美國紐約、芝加哥、及法國的巴黎等城市，都已各自發展了完善的調適政策與計畫（Greater London Authority, 2008; Toronto Environment Office, 2008; City of Chicago, 2008; The New York City Department of Environmental Protection, Climate Change Program, 2008; Mairie de Paris, 2007）。台灣雖然於 2012 年 6 月正式核定『國家氣候變遷調適政策綱領』，然這是一份全國一體適用的原則性調適政策規劃，並未針對特定的城市擬定出每個城市調適的特定需求，如此將使得調適措施的採行無法因地制宜。因此，在台灣如何為天然與人為條件及脆弱度各不相同的城市，研擬一份因地制宜的調適政策與計畫，將是即刻且迫切需要解決的問題。

台灣中央政府的因應措施所著重的是減量工作，然台灣目前並非聯合國氣候變化綱要公約（United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC）的成員國，更非京都議定書的簽署國，因此，理論上台灣於世界整體溫室氣體的排放量，並沒有應盡的減量義務。然台灣相關單位及中央政府，為了表現台灣身為世界公民一份子應盡的義務，中央政府也訂了一些中長期的減碳目標，然如何與各縣市結合以達到這些目標，目前才開始初步進行排放量比較大之縣市政府的排放量盤查（行政院環境保護署，2012），然城市該如何進行減量則尚未有更細緻的規劃。也因此，

一些相對高 CO₂ 排放量的縣市，比如雲林縣及高雄市，要針對縣市內的重要排放源進行課稅時，就會發生地方與中央抗衡的事情。此外，沒有中央與地方協調的減量措施，相對容易淪為口號或是書面上的規劃，而難以發揮實質的功效。又由這些城市排放量盤查的工作，也更凸顯，減量工作與措施是政府相對重視的工作，尚且還進行到城市階層的排放量盤查，相對於調適措施，則只有中央的一個調適基本原則，沒有因地制宜調適措施的設計與規劃。

此外，各城市基礎建設的特質，能否配合各城市在面對氣候變遷的脆弱度，將在城市未來的發展上扮演關鍵的角色。也就是說，在面對可能發生得更頻繁的洪泛、暴風雨等問題，將使得港口城市及其他城市脆弱度加大，比如高雄市唯一海岸城市；又在西南沿岸有相對嚴重之地層下陷情況的縣市，如何發展取代抽取地下水之系統，將成爲一項重要的投資。又更重要的是，由於減量措施與調適措施彼此是相互競爭資源（政府預算），因此，必須要有適當的方法確實評估每一種減量措施或／與調適措施的成本與效益，如此方能提供城市級的地方政府做爲選擇適當措施與政策工具的依據，否則任何減量或是調適措施的提出與目標設定，終將成爲沒有評估依據下的任意選擇。

最後，在加入世界爲因應氣候變遷議題的相關組織方面，台灣尚有相當的努力空間。台灣雖然已有數个城市屬於 ICLEI 及 UCLG 的城市會員，然在解決氣候變遷最直接相關的 C40 城市會員方面，台灣尚無城市屬於此一組織。以 C40 目前會員城市之屬性來看，就城市的人口總數而言，在 2011 年底爲止，台灣的新北市、台北市及高雄市總人口數分別約爲 270 萬、400 萬及 280 萬，這些皆已接近或超過目前 C40 人口最少的衣索比亞的阿的斯阿貝巴市（Addis Ababa）之 315 萬人。又除了強化與國際不同城市的聯繫外，國內的城市在採行調適措施上也需加強政府、市民及相關專業研究成員與各種非政府組織成員間的溝通，亦即經由溝通才可以瞭解並掌握不同利害相關者（stakeholders）對於不同措施的可接受度。

附表 1：世界前 50 大城市與城市區之人口、GDP 與 GHG 排放量

城市/城市區	國家	人口 (百萬人)	GDP (十億美元)	總 GHG 排放 (噸 CO ₂ 當量)	總 GHG 排 放(噸 CO ₂ 當量/人)	GHG/GDP (千噸 CO ₂ 當 量/十億美元)
東京(Tokyo)	日本	35.53	1,191	174	4.9	146
墨西哥城(Mexico City)	墨西哥	19.24	315	55	2.8	173
孟買(Mumbai)	印度	18.84	126	25 (est)	1.3 (est)	198
紐約(New York)	美國	18.65	1133	196	10.5	173
聖保羅(Sao Paulo)	巴西	18.61	225	26	1.4	116
新德里(Delhi)	印度	16.00	93	24	1.5	258
加爾各答(Calcutta)	印度	14.57	94	16	1.1	171
雅加達(Jakarta)	印尼	13.67	98	24 (est)	1.8 (est)	245
布宜諾斯艾利斯(Buenos Aires)	阿根廷	13.52	245	52	3.8	211
達卡(Dhaka)	孟加拉	13.09	52	8	0.6	159
上海(Shanghai)	中國	12.63	139	148	11.7	1,063
洛杉磯(Los Angeles)	美國	12.22	639	159	13.0	249
卡拉奇(Karachi)	巴基斯坦	12.20	55	16 (est)	1.3 (est)	298
拉各斯(Lagos)	奈及利亞	11.70	30	27 (est)	2.3 (est)	893
里約熱內盧(Rio de Janeiro)	巴西	11.62	141	24	2.1	173
大阪・神戶(Osaka, Kobe)	日本	11.32	341	122 (est)	10.8 (est)	357
開羅(Cairo)	埃及	11.29	98	23 (est)	2.0 (est)	233
北京(Beijing)	中國	10.85	99	110	10.1	1,107
莫斯科(Moscow)	俄國	10.82	181	167 (est)	15.4 (est)	922
馬尼拉(Metro Manila)	菲律賓	10.80	108	16 (est)	1.5 (est)	147
伊斯坦堡(Istanbul)	土耳其	10.00	133	51 (est)	5.1 (est)	384
巴黎(Paris)	法國	9.89	460	51	5.2	112
首爾(Seoul)	南韓	9.52	218	39	4.1	179
天津(Tianjin)	中國	9.39	45	104	11.1	2,316
芝加哥(Chicago)	美國	8.80	460	106	12.0	230
利馬(Lima)	秘魯	8.35	67	20 (est)	2.5 (est)	305
波哥大(Bogota)	哥倫比亞	7.80	86	30 (est)	3.8 (est)	348
倫敦(London)	英國	7.61	452	73	9.6	162
德黑蘭(Tehran)	伊朗	7.42	88	49 (est)	6.6 (est)	560
香港(Hong Kong)	中國	7.28	244	25 (est)	3.4 (est)	102
馬德拉斯(Chennai)	印度	7.04	38	9 (est)	1.3 (est)	246
班加羅爾(Bangalore)	印度	6.75	45	9 (est)	1.3 (est)	199
曼谷(Bangkok)	泰國	6.65	89	71	10.7	799
多特蒙德・波肯(Dortmund, Bochum)	德國	6.57	234	76 (est)	11.6 (est)	327
拉合爾(Lahore)	巴基斯坦	6.57	28	9 (est)	1.3 (est)	316
海德拉巴(Hyderabad)	印度	6.34	38	8 (est)	1.3 (est)	221
武漢(Wuhan)	中國	6.18	38	21 (est)	3.4 (est)	554
巴格達(Baghdad)	伊拉克	6.06	22	N/A	N/A	N/A
金沙薩(Kinshasa)	剛果	5.89	10	6 (est)	1.0 (est)	598
利雅得(Riyadh)	沙烏地阿拉伯	5.76	80	58 (est)	10.1 (est)	726
聖地牙哥(Santiago)	智利	5.70	91	22 (est)	3.9 (est)	243
邁阿密(Miami)	美國	5.48	231	65	11.9	282
貝洛奧里藏特(Belo Horizonte)	巴西	5.45	65	23 (est)	4.2 (est)	349
費城(Philadelphia)	美國	5.36	312	60	11.1	191
聖彼得堡(St Petersburg)	俄國	5.35	85	83 (est)	15.4 (est)	971
艾哈邁達巴德(Ahmadabad)	印度	5.34	32	6	1.2	200
馬德里(Madrid)	西班牙	5.17	188	36	6.9	190
多倫多(Toronto)	加拿大	5.16	209	60	11.6	286
胡志明市(Ho Chi Minh City)	越南	5.10	38	6 (est)	1.2 (est)	158
重慶(Chongqing)	中國	5.06	35	19	3.7	535

資料來源：World Bank (2010)。

附表 2：C40 城市之人口、GDP 與 GHG 排放量

城市/城市區	國家	人口 (百萬人)	GDP (十億美元)	總GHG排放(噸 CO ₂ 當量)	總GHG排放(噸 CO ₂ 當量/人)	GHG/GDP (千噸CO ₂ 當量/ 十億美元)
東京(Tokyo)	日本	35.53	1,191	174	4.9	146
墨西哥城(Mexico City)	墨西哥	19.24	315	55	2.8	173
孟買(Mumbai)	印度	18.84	126	25 (est)	1.3 (est)	198
紐約(New York)	美國	18.65	1,133	196	10.5	173
聖保羅(Sao Paulo)	巴西	18.61	225	26	1.4	116
新德里(Delhi)	印度	16.00	93	24	1.5	258
雅加達(Jakarta)	印尼	13.67	98	24 (est)	1.8 (est)	245
布宜諾斯艾利斯(Buenos Aires)	阿根廷	13.52	245	52	3.8	211
達卡(Dhaka)	孟加拉	13.09	52	8	0.6	159
上海(Shanghai)	中國	12.63	139	148	11.7	1,063
洛杉磯(Los Angeles)	美國	12.22	639	159	13.0	249
卡拉奇(Karachi)	巴基斯坦	12.20	55	16 (est)	1.3 (est)	298
拉戈斯(Lagos)	奈及利亞	11.70	30	27 (est)	2.3 (est)	893
里約熱內盧(Rio de Janeiro)	巴西	11.62	141	24	2.1	173
開羅(Cairo)	埃及	11.29	98	23 (est)	2.0 (est)	233
北京(Beijing)	中國	10.85	99	110	10.1	1,107
莫斯科(Moscow)	俄國	10.82	181	167 (est)	15.4 (est)	922
伊斯坦堡(Istanbul)	土耳其	10.00	133	51 (est)	5.1 (est)	384
巴黎(Paris)	法國	9.89	460	51	5.2	112
首爾(Seoul)	南韓	9.52	218	39	4.1	179
芝加哥(Chicago)	美國	8.80	460	106	12.0	230
利馬(Lima)	秘魯	8.35	67	20 (est)	2.5 (est)	305
波哥大(Bogota)	哥倫比亞	7.80	86	30 (est)	3.8 (est)	348
倫敦(London)	英國	7.61	452	73	9.6	162
香港(Hong Kong)	中國	7.28	244	25 (est)	3.4 (est)	102
曼谷(Bangkok)	泰國	6.65	89	71	10.7	799
費城(Philadelphia)	美國	5.36	312	60	11.1	191
馬德里(Madrid)	西班牙	5.17	188	36	6.9	190
多倫多(Toronto)	加拿大	5.16	209	60	11.6	286
悉尼(Sydney)	澳大利亞	4.45	172	115 (est)	25.8 (est)	666
休士頓(Houston)	美國	4.39	235	62	14.1	263
河內(Hanoi)	越南	4.22	28	5 (est)	1.2 (est)	178
羅馬(Rome)	義大利	4.00	123	37 (est)	9.3 (est)	303
墨爾本(Melbourne)	澳大利亞	3.71	135	96 (est)	25.8 (est)	708
約翰內斯堡(Johannesburg)	南非	3.44	79	34 (est)	9.9 (est)	432
華沙(Warsaw)	波蘭	3.35	48	35 (est)	10.5 (est)	730
柏林(Berlin)	德國	3.33	75	39 (est)	11.6 (est)	516
卡拉卡斯(Caracas)	委內瑞拉	3.30	28	27 (est)	8.1 (est)	949
雅典(Athens)	希臘	3.25	73	34	10.4	463
阿的斯阿貝巴(Addis Ababa)	衣索比亞	3.15	7	3 (est)	0.8 (est)	378

資料來源：C40 Cities: Climate Leadership Group (2012)。

註：標註「est」表示為推估量。

參考文獻

- 行政院環境保護署，2012。《國家溫室氣體登錄平台》。台北：行政院環境保護署。
(<http://ghgregistry.epa.gov.tw/Tool/tools.aspx>) (2012/11/20)。
- 吳珮瑛，2009。《環境與自然資源值多少？——效益與價值衡量之概念、理論、方法與應用》。台中：財團法人台灣文化教育基金會。台北：翰蘆。
- Adger, W. Neil, Shardul Agrawala, M. Monirul Qader Mirza, Cecilia Conde, Karen O'Brien, Juan Pulhin, Roger Pulwarty, Barry Smit, and Kiyoshi Takahashi. 2007. "Assessment of Adaptation Practices, Options, Constraints and Capacity," in M. L. Parry, O. F. Canziani, J. P. Palutikof, P. J. van der Linden, and C. E. Hanson, Eds. *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability, Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel of Climate Change*, pp. 717-43. Cambridge: Cambridge University Press.
- Aerts, Jeroen C. J. H., and W. J. Wouter Botzen. 2011. "Flood-resilient Waterfront Development in New York City: Bridging Flood Insurance, Building Codes, and Flood Zoning." *Annals of the New York Academy of Sciences*, Vol. 1227, pp.1-82.
- Agrawala, Shardul, Annett Moehner, Mohamed El Raey, Declan Conway, Maarten van Aalst, Marca Hagenstad, and Joel Smith. 2004. *Development and Climate Change In Egypt: Focus on Coastal Resources and the Nile*. Paris: Organization for Economic Co-operation and Development (OECD).
- Bambrick, Hilary, Keith Dear, Rosalie. Woodruff, Ivan Hanigan, and Anthony McMichael. 2008. *The Impacts of Climate Change on Three Health Outcomes: Temperature-related Mortality and Hospitalisations, Salmonellosis and other Bacterial Gastroenteritis, and Population at Risk from Dengue*. Canberra: Australian National University.
- Bambrick, H. J., A. G. Capon, G. B. Barnett, R. M. Beaty, and A. J. Burton. 2011. "Climate Change and Health in the Urban Environment: Adaptation Opportunities in Australian Cities." *Asia-Pacific Journal of Public Health*. doi: 10.1177/1010539510391774.
- California Climate Change Center. 2006. "Scenarios of Climate Change in California: An Overview." California Energy Commission and California Environmental Protection Agency. CEC-500-2005-186-SF. California Climate Change Center. (<http://www.energy.ca.gov/2005publications/CEC-500-2005-186/CEC-500-2005-186-SF.PDF>) (2012/3/15)
- City of Chicago. 2008. *Chicago Climate Action Plan* (<http://www.chicago>

- climateaction/org/filebin/pdf/finalreport/CCAPREPORTFINAL.pdf) (2012/3/2)
- Clapp, Christa, Alexia Leseur, Olivier Sartor, Gregory. Briner, and Jan Corfee-Morlot. 2010. *Cities and Carbon Market Finance: Taking Stock of Cities Experience with Clean Development Mechanism (CDM) and Joint Implementation (JI)*. OECD Working Paper No. 29 (<http://www.oecd.org/env/workingpapers>) (2012/3/1)
- Climate Leadership Group. 2012. *C40 Summit Presentations in Sao Paulo Brazil 31 May-2 June, 2011* (<http://live.c40cities.org/c40-summit-presentations/>) (2012/3/30)
- Dessai, S. 2003. "Heat Stress and Mortality in Lisbon. Part II: An Assessment of the Potential Impacts of Climate Change." *International Journal of Biometeorology*, Vol. 48, No. 1, pp. 37-44.
- Ekelund, Nina. 2007. *Adapting to Climate Change in Stockholm: Stockholm's Action Programme on Climate Change*. Stockholm: Environment and Health Administration (<http://www.stockholm.se/KlimatMiljo/Klimat/Stockholms-Action-Programme-on-Climate-Change/Downloads/>) (2012/3/17)
- Ekins, Paul. 1996. "How Large a Carbon Tax Is Justified by the Secondary Benefits of CO₂ Abatement?" *Resource and Energy Economics*, Vol. 18, pp. 161-87.
- European Environment Agency. 2007. *Climate Change: The Cost of Inaction and the Cost of Adaptation*. EEA Technical Report, No. 13/2007. EEA, Copenhagen. DOI 10.2800/14754.
- Freeman, Myrick A. III. 2003. *The Measurement of Environmental and Resource Values: Theory and Methods*, 2nd ed. Washington, D. C.: Resources for the Future.
- Gupta, Sujata, Dennis A. Tirpak, Nicholas Burger, Joyeeta Gupta, Niklas Höhne, Antonina Ivanova Boncheva, Gorashi Mohammed Kanoan, Charles Kolstad, Joseph A. Kruger, Axel Michaelowa, Shinya Murase, Jonathan Pershing, Tatsuyoshi Saijo, and Agus. Sari. 2007. "Policies, Instruments and Co-operative Arrangements," in B. Metz, O. R. Davidson, P. R. Bosch, R. Dave, and L. A. Meyer, Eds. *Climate Change 2007: Mitigation, Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, pp. 746-807. Cambridge: Cambridge University Press.
- Greater London Authority. 2008. *The London Climate Change Adaptation Strategy*. (<http://www.london.gov.uk/mayor/publications/2008/docs/climate-change-addapt-strat.pdf>) (2012/3/10)
- Hallegatte, Stéphane, Nicola Ranger, Olivier Mestre, Patrice Dumas, Jan Corfee-Morlot, Celine Herweijer, and Robert Muir Wood. 2011a. "Assessing Climate Change Impacts, Sea Level Rise and Storm Surge Risk in Port Cities: A Case Study on Copenhagen," *Climate Change*. Vol. 104, pp. 113-37.

- Hallegatte, Stéphane, Fanny Henriot, and Jan Corfee-Morlot. 2011b. "The Economics of Climate Change Impacts and Policy Benefits at City Scale: A Conceptual Framework," *Climate Change*. Vol. 104, pp. 51-87.
- Hope, Chris, John Anderson, and Paul Wenman. 1993. "Policy Analysis of the Greenhouse Effect: An Application of the PAGE Model." *Energy Policy*, Vol. 21, pp. 327-38.
- Hunt, Alistair, and Paul Watkiss. 2011. "Climate Change Impacts and Adaptation in Cities: A Review of the Literature." *Climatic Change*, Vol. 104, No. 1, pp. 13-49.
- Kirshen, Paul, Kelly Knee, and Matthias Ruth. 2008. "Climate Change and Coastal Flooding in Metro Boston: Impacts and Adaptation Strategies." *Climatic Change*, Vol. 90, No. 4, pp. 453-73.
- Klein, Richard J. T., Saleemul Huq, Fatima Denton, Thomas E. Downing, Richard G. Richels, John B. Robinson, and Ference L. Toth. 2007. "Inter-relationships between Adaptation and Mitigation," in M. L. Parry, O. F. Canziani, J. P. Palutikof, P. J. van der Linden, and C. E. Hanson, Eds. *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability, Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel of Climate Change*, pp. 745-77. Cambridge: Cambridge University Press.
- Li, Ying, and Douglas J. Crawford-Brown. 2011. "Assessing the Co-benefits of Greenhouse Gas Reduction: Health Benefits of Particulate Matter Related Inspection and Maintenance Programs in Bangkok, Thailand." *Science of the Total Environment*, Vol. 409, pp. 1774-85.
- Ligeti, Eva, Ireen Wieditz, and Jennifer Penney. 2007. *Hot Days and Nights in the City: Adapting to Climate Change in Toronto*. Canada: Clean Air Partnership.
- London Climate Change Partnership (LCCP). 2002. *London Climate Change Partnership: A Climate Change Impacts in London Evaluation Study*. London: London Climate Change Partnership.
- Mairie de Paris. 2007. *Plan Climate de Paris* (<http://www.paris.fr/portail/viewmultimediacdocument?multimediacdocument-id=33859>) (2012/2/25)
- New York City Department of Environmental Protection, Climate Change Program. 2008. *Assessment and Action Plan: A Report Based on the Ongoing Work of the DEP Climate Change Task Force*. Report 1. New York: Department of Environment Protection.
- Ng, Wei-Shiuen, and Robert Mendelsohn. 2005. "The Impact of Sea Level Rise on Singapore." *Environment and Development Economics*, Vol. 10, No. 2, pp. 201-15.
- Nordhaus, William D. 1977. "Economic Growth and Climate: The Carbon Dioxide

- Problem,” *The American Economic Review*, Vol. 67, No.1, pp. 341-46.
- Nordhaus, William D. and Zili. Yang. 1996. “A Regional Dynamic Equilibrium Model of Alternative Climate Change Strategies.” *American Economic Review*, Vol. 86, pp. 741-65.
- Pittel, Karen, and Dirk T. G. Rübelke. 2008. “Climate Policy and Ancillary Benefits: A Survey and Integration into the Modelling of International Negotiations on Climate Change.” *Ecological Economics*, Vol. 68, pp. 210-20.
- Preston, B. L., and R. N. Jones. 2006. *Climate Change Impacts on Australia and the Benefits of Early Action to Reduce Global Greenhouse Gas Emissions: A Consultancy Report for the Australian Business Roundtable on Climate Change*. Canberra: Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization (CSIRO).
- Sherbinin, Alex de, Andrew Schiller, and Alex Pulsiphe. 2007. “The Vulnerability of Global Cities to Climate Hazards.” *Environment and Urbanization*, Vol. 19, No. 1, pp. 39-64.
- Stanton, Elizabeth A., and Frank. Ackerman. 2007. *Florida and Climate Change: The Costs of Inaction*. Miami: Global Development and Environment Institute, Tufts University (<http://www.ase.tufts.edu/gdae/Pubs/rp/FloridaClimate.html>) (2012/3/15)
- Stasinopoulos, Georgios. 2009. *Economic Impacts of Climate Change on Cities: A Survey of the Existing Literature*, Hamburg Institute of International Economics (HWWI), Policy Paper, No. 1-18 (<http://econstor.eu/bitstream/10419/47704/1/663620686.pdf>) (2012/3/21)
- Stern, Nicholas. 2006. *The Economics of Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Tol, Richard S. J. 1997. “On the Optimal Control of Carbon Dioxide Emissions: An Application of FUND.” *Environmental Modeling & Assessment*, Vol. 2, pp. 151-63.
- Tol, Richard S. J. 2005. “Adaptation and Mitigation: Trade-offs in Substance and Methods.” *Environmental Science and Policy*, Vol.8, pp. 572-78.
- Toronto Environment Office. 2008. *Ahead of the Storm: Preparing Toronto for Climate Change* (http://www.toronto.ca/teo/pdf/ahead_of_the_storm.pdf) (2012/3/1)
- Van Vuuren, D. P., J. Cofala, H. E. Eerens, R. Oostenrijk, C. Heyes, Z. Klimont, J. G. J. den Elzen, and M. Amann. 2006. “Exploring the Ancillary Benefits of the Kyoto Protocol for Air Pollution in Europe.” *Energy Policy*, Vol. 34, pp. 444-60.
- World Bank. 2010. *Cities and Climate Change: An Urgent Agenda*. Urban Development Series Knowledge Papers. Washington DC: Urban Development and Local Government, World Bank.

Economic Impacts of Climate Change at City Level: Implications for Cities in Taiwan

Pei-Ing Wu

Professor, Department of Agricultural Economics

National Taiwan University, Taipei, TAIWAN

Abstract

The purpose of this paper is to explore the economic impacts of climate change on cities and draw implications for cities in Taiwan. In order to achieve such purpose, we firstly define the scope of economic impacts. And secondly we will discuss the impacts that cities around the world have been experienced and what the impacts that cities are projected to confront as climate change continues. The discussion will then move on to the necessity and methods for monetizing all aspects of impacts. The expressions of all impacts in monetary term can be used to observe the impacts change of any specific city along the time and compare the impacts across cities. Thirdly, the strategies and policies that cities can implement will be reviewed. The characteristics of two major policies, adaptation and mitigation, are then explored. Fourthly, we will introduce various groups and organizations, ICLEI, UCLG, C40, to comprehend cooperation and experience sharing for cities through these organizations around the world. Finally but the most importantly is to draw implications for cities in Taiwan for resolving all the related issues under climate change with the experiences from other cities and/or the selection of policies.

Keywords: climate change, monetize, adaptation, mitigation, public good, C40