

國立交通大學

環境工程研究所

碩士論文



溫室氣體盤查減量策略與技術資料庫之建立  
**Strategy and Technology Database for Greenhouse  
Gas Emission Inventory and Reduction**

研究生：黃彥瑋

指導老師：高正忠教授

中華民國九十八年七月

溫室氣體盤查減量策略與技術資料庫之建立

**Strategy and Technology Database for Greenhouse**

**Gas Emission Inventory and Reduction**

研究生：黃彥瑋

Student：Yen-Wei Huang

指導教授：高正忠

Advisor：Jehng-Jung Kao

國立交通大學

環境工程研究所

碩士論文

A Thesis

Submitted to Institute of Environmental Engineering

College of Engineering

National Chiao Tung University

In Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of

Master of Science

in

Environmental Engineering

July, 2009

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國九十八年七月

## 摘要

有效降低溫室氣體(Greenhouse Gas, GHG)的排放量，以減緩日趨明顯的全球暖化現象，是當前國內外均很受重視的議題，尤其是台灣的人均 GHG 排放量佔全世界前幾位，更有必要加速推動 GHG 減量，在推動 GHG 減量初期有必要參考國內外現有的策略與技術，以期規劃與執行適合國內的有效策略與技術，為提供更多元的減量策略及技術文獻供參考，本研究因而建立一個線上資料庫，並系統化整理分析所收集到的 GHG 減量策略與技術文獻，以供各界參考使用及有效推動 GHG 減量。

本研究將所收集的 GHG 盤查減量策略與技術文獻，依照減量施行範圍與規模大小，分類為全球與跨國、國家、城市、企業、社區、家庭、學校與個人等，此外，不易歸納於上述分類的策略或技術，則將其區分為綠色能源與 GHG 減量技術二大類別分別整理與分析之；資料庫系統所規劃的需求功能包括輸入修改、查詢、篩選、及資料輸出與展示方式等功能，資料庫結構則由基本資訊、資料摘要、GHG 減量相關名詞解釋與使用者意見等關連式資料表所組成，依據上述設計之功能需求與資料庫結構，建置線上 GHG 盤查減量策略與技術資料庫，以期讓使用者取得適宜的資料供制定台灣 GHG 減量策略與發展相關技術時參考。

**關鍵字：**溫室氣體減量策略與技術、資料庫、永續環境系統分析

## Abstract

Efficiently reducing greenhouse gas (GHG) emissions and mitigating global warming phenomena are highly focused issues in most countries now. The GHG emission in Taiwan ranks high in the world, and significant reduction of the emission has thus become a major national goal. To achieve the goal, evaluating various available GHG reduction strategies and technologies for their applicabilities in Taiwan is essential. Therefore, an online database was developed in this study for collecting, storing, and searching GHG reduction strategies and technologies. The database will serve as a major reference resource for finding appropriate strategies and technologies to perform GHG reduction tasks in Taiwan.

In the developed database, GHG reduction strategies and technologies are classified based on their implementation scopes and scales, including global and transnational, national, city, company, school, community, family, individual, and others green energy and GHG reduction technologies. The database system provides four primary functions, including input and modification, search, screening, and output. The database consists of several relational tables to store primary information, abstract, comment, and data dictionary. The database system is expected to facilitate analysis and evaluation of the strategies and technologies that are specifically appropriate for GHG reductions in Taiwan.

**Key words:** strategies and technologies for GHG reduction; database;  
sustainable environment system analysis

## 誌謝

研究所的兩年承蒙恩師高正忠的耐心指導，使得不材的我，得以順利地完成論文。此外口試期間，承蒙中興大學的望熙榮老師與朝陽科技大學林宏嶽老師，給予學生論文上的指正，在此致上最誠摯的敬意與感謝。

接者感謝在研究期間，對我耐心及細心的指導的子欽學長，感謝坤哥與冠華，針對寫程式時所遇到的問題進行指導，並且感謝研究室其他伙伴們在生活上的一些幫助。另外，感謝常與我一起慢跑的陳聖傑學長，讓我在研究所這兩年期間，體能狀況越來越好，並且鼓勵我朝向生活上應有的態度。

由國小一路以來的求學生涯，將暫時告一個段落了，這段期間特別感謝支持我、鼓勵我的家人，包括爸爸、媽媽、帆仔、小偵、最可愛的陳阿妹、以及其他愛我與我愛的家人們；另外，也要感謝一些大學同學的鼓勵，支持我走下去。

在此獻上我最衷心的感謝，謝謝所有關心我與我關心的人。

黃彥瑋 謹誌於交大

民國九十八年七月

## 目錄

中文摘要 .....	i
英文摘要 .....	ii
誌謝 .....	iii
目錄 .....	iv
表目錄 .....	ix
圖目錄 .....	x
第一章 前言 .....	1
1.1 研究緣起 .....	1
1.2 研究目的 .....	2
1.3 研究流程 .....	3
1.4 論文內容 .....	4
第二章 文獻回顧 .....	6
1.1 國際溫室氣體減量趨勢 .....	6
1.2 溫室氣體減量策略 .....	7
1.3 溫室氣體減量技術 .....	8
1.4 策略與技術資料庫 .....	9
1.4 資料分類與處理方式 .....	10
第三章 溫室氣體盤查減量策略與技術資料庫 .....	12
3.1 系統架構與功能需求 .....	12
3.2 資料庫結構 .....	14
3.2.1 資料基本資訊 .....	15
3.2.2 編碼 .....	16
3.3 資料整理基本原則 .....	20
3.4 系統功能發展及示範 .....	21
3.4.1 模組選擇 .....	21

3.4.2	資料庫系統發展 .....	25
3.4.2.1	首頁 .....	25
3.4.2.2	輸入與修改資料 .....	27
3.4.2.3	查詢 .....	33
3.4.2.4	篩選 .....	35
3.4.2.5	資料輸出與展示 .....	36
第四章	減量策略與技術之基本或核心知識、原理 .....	39
4.1	總體概述 .....	39
4.2	資料內容整理與分析 .....	39
4.2.1	氣候變遷的影響與衝擊 .....	40
4.2.2	GHG 盤查分析 .....	40
4.2.3	減量策略與技術制訂與使用 .....	40
4.3	小結 .....	41
第五章	全球與跨國溫室氣體減量策略與技術 .....	43
5.1	總體概述 .....	43
5.2	資料內容整理與分析 .....	44
5.2.1	國際趨勢與效益分析 .....	44
5.2.2	國際公約與協定.....	44
5.2.3	國際減量機制 .....	48
5.2.4	減量責任分配 .....	49
5.2.5	其他跨國性 GHG 減量 .....	50
5.3	小結 .....	50
第六章	國家溫室氣體減量策略與技術 .....	52
6.1	總體概述 .....	52
6.2	資料內容整理與分析 .....	53
6.2.1	能源 .....	53

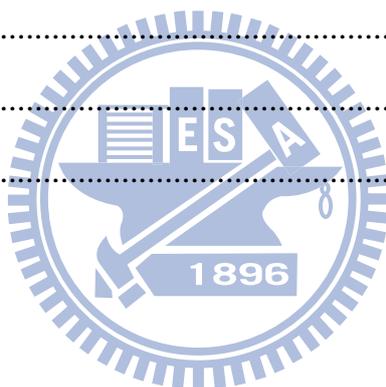
6.2.2	工業	54
6.2.3	農業	55
6.2.4	土地利用變化與森林	57
6.2.5	交通	58
6.2.6	建築	60
6.2.7	廢棄物	61
6.3	小結	63
第七章 城市溫室氣體減量策略與技術		64
7.1	總體概述	64
7.2	資料內容整理與分析	65
7.2.1	能源	65
7.2.2	交通	66
7.2.3	住商	68
7.2.4	工業	69
7.2.5	廢棄物	69
7.2.6	市政	70
7.3	小結	71
第八章 企業溫室氣體減量策略與技術		73
8.1	總體概述	73
8.2	資料內容整理與分析	74
8.2.1	一般企業	74
8.2.2	化學製造業	76
8.2.3	電力業	76
8.2.4	汽車及其零件製造業	77
8.2.5	電腦、電子產品及光學產品製造業	78
8.2.6	飲料製造業	79



8.2.7	成衣與服飾品製造業 .....	79
8.2.8	基本金屬製造業 .....	79
8.2.9	運輸業 .....	80
8.2.10	非金屬礦物製品製造業 .....	80
8.3	小結 .....	81
第九章	社區、家庭、學校與個人溫室氣體減量策略與技術 .....	82
9.1	總體概述 .....	82
9.2	資料內容整理與分析 .....	83
9.2.1	能源使用 .....	83
9.2.2	建築 .....	86
9.2.3	廢棄物 .....	87
9.3	小結 .....	88
第十章	綠色能源 .....	89
10.1	總體概述 .....	89
10.2	資料內容整理與分析 .....	90
10.2.1	綜合或共通性策略與技術 .....	90
10.2.2	太陽能 .....	92
10.2.3	氫氣能與燃料電池 .....	93
10.2.4	風能 .....	95
10.2.5	水力能 .....	96
10.2.6	海洋能 .....	96
10.2.7	地熱能 .....	97
10.2.8	生質能 .....	98
10.2.9	其他 .....	100
10.2.10	示範應用 .....	101
10.3	小結 .....	101

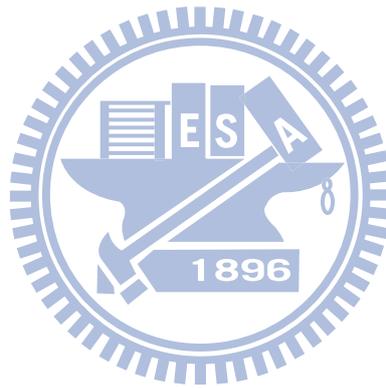


第十一章 溫室氣體減量技術 .....	102
11.1 總體概述 .....	102
11.2 資料內容整理與分析 .....	103
11.2.1 綠建築 .....	103
11.2.2 綠色設計與技術 .....	104
11.2.3 綠色燃燒技術.....	104
11.2.4 GHG 轉換技術減量 .....	105
11.2.5 大規模及創意減量技術 .....	106
11.3 小結 .....	107
第十二章 結論與建議 .....	108
12.1 結論 .....	108
12.2 建議 .....	109
參考文獻 .....	111



## 表目錄

表 1	試用模組功能比較.....	24
表 2	減量策略與技術之基本或核心知識、原理概述 .....	39
表 3	全球與跨國 GHG 減量策略與技術概述.....	43
表 4	國家 GHG 減量策略與技術概述.....	52
表 5	城市 GHG 減量策略與技術概述.....	64
表 6	企業 GHG 減量策略與技術概述.....	73
表 7	社區、家庭學校與個人 GHG 減量策略與技術概述.....	82
表 8	綠色能源策略與技術概述.....	89
表 9	溫室氣體減量技術概述.....	102



## 圖目錄

圖 1	研究流程圖 .....	4
圖 2	溫室氣體盤查減量策略與技術資料庫系統架構 .....	14
圖 3	溫室氣體盤查減量策略與技術資料庫主鍵 code 的編碼架構 .....	19
圖 4	CosmoDB 原始頁面前言 .....	22
圖 5	News 原始頁面前言 .....	22
圖 6	AMS 原始頁面前言 .....	23
圖 7	首頁及主要功能連結 .....	27
圖 8	提供資料頁面 .....	29
圖 9	欄位未填提醒功能 .....	30
圖 10	新增屬性頁面 .....	30
圖 11	選擇待審資料頁面 .....	32
圖 12	審查資料頁面 .....	32
圖 13	查詢資料頁面 .....	34
圖 14	篩選資料頁面前言 .....	36
圖 15	簡易索引 .....	37
圖 16	詳細資訊 .....	38
圖 17	使用者意見頁面 .....	38

# 第一章 前言

## 1.1 研究緣起

近年來世界各地溫度不斷地創下歷史新高，以及暖化帶來的衝擊及其對生態與人類健康財產上的影響，使溫室氣體 (Greenhouse Gas, GHG) 的排放量受到世界各國的關注，於 1997 年 12 月在日本京都簽署了「京都議定書」，該議定書於 2005 年正式生效。台灣雖非議定書締約國家，但根據國際能源總署 2007 年所公布的統計資料顯示，台灣 GHG 排放量為 261.68 百萬公噸，約占世界總放量的 1%，人均排放量為 11.41 公噸 eCO<sub>2</sub>，排名全世界第 18，在亞洲地區為第一(IEA, 2007)，另外，自然雜誌根據全球第一個全面監控發電業二氧化碳(CO<sub>2</sub>)排放量的資料庫網站「二氧化碳監控行動」於 2007 年所公布的統計資指出，台灣發電廠的 CO<sub>2</sub> 總排放量位居世界排名的第十三位，其中台中火力發電廠之 CO<sub>2</sub> 排放量更高居所有發電廠之第一位(Nature, 2007)，此外京都議定書對台灣的衝擊在 2012 年以前將是國際貿易制裁的風險，尤其是歐盟可能對於台灣所作的制裁，而在 2012 年以後的後京都時代，國際若對排放大國進行減量的要求，台灣所面臨的壓力將是於短時間內降低 GHG(梁, 2006)，因此加速擬定相關的減量策略與篩選適宜的減量技術是目前台灣應進行的工作。

目前已有數種 GHG 的排放情境以預測未來的排放趨勢，而日本地球環境研究所則發展了一套利用微軟 Access® 發展的資料庫(GERC,2008)，其目的是做為地球暖化的評估以及減量策略的決策使用，唯並未提供相關的減量策略或技術供參考；另外，國際能源總署認為二氧化碳的捕捉與封存技術對於降低溫室氣體排放將有顯著的貢獻，因此發展了碳捕捉與封存的資料庫(IEA, 2008)，但是除了上述減量技術，還有其他的技術可供選擇進行 GHG 減量，故有必要收集其他可供作為 GHG 減量之技術之相關資

料，此外，執行適當的策略的減量效益亦甚為可觀，因此本研究建立一個易於使用、系統性地分類與分析國際上目前運作極具潛力或是研究中的 GHG 減量技術與策略的線上資料庫，以供台灣進行 GHG 減量時參考。

目前國際上先進國家所進行的減量方向，是同時推動境內與境外減量行動，配合一系列的減量策略達到最好之成本有效性，然而台灣目前尚未有具體之減量策略與行動，以及設定減量目標與期程(李, 2007)，本研究提供各種減量策略資料，包括策略與技術其基本與核心的知識與原理，做為推動減量時之參考，此外，大城市在生產、技術與能源消費中心具有舉足輕重的地位，而目前台灣雖然無法參加大多數的國際環境公約，但是可透過與國際間其他城市合作制定減量策略與行動(林, 2008)，且因應國際上的 GHG 減量趨勢，企業對於 GHG 的減量態度，將影響其在國際上的競爭力(李, 2007)，因此，考慮各階層的 GHG 減量都是緊密相接且相輔相成的，減量策略與技術的評估與分析應整合全球策略趨勢、國家、城市、企業，以及社區、家庭、學校甚至到個人 GHG 減量等不同層級作為考量；另外，綠色能源技術的發展與其可運用場所的研究，是目前國際上節能減碳的重要趨勢，其他具有潛力的減量技術，例如人造雲以及碳的捕捉與封存等技術，皆是針對減少全球暖化與 GHG 排放所發展之技術，故本研究亦針對上述技術進行可行性與適用性等分析。

## 1.2 研究目的

本研究主要重點是嘗試建立一個 GHG 減量策略與技術的線上資料庫。主要研究目的有三，一一說明如下：

1. 建立 GHG 減量策略與技術資料庫供台灣執行 GHG 減量工作時參考：  
因應世界的 GHG 減量趨勢，台灣未來將面臨不小的減量壓力，預期全國各界都必須制定明確的減量方案，然而目前並沒有太多系統化整理過的資料可供擬定策略及篩選技術時參考，本研究因而收集國內外

的 GHG 減量相關文獻，建立可提供作為台灣未來進行 GHG 減量時參考的線上資料庫。

2. 建立一個平台供收集 GHG 減量策略與技術資料文獻：建立專門為 GHG 減量所做之文獻資料庫，節省蒐尋相關資料文獻的時間，並作為累積相關資料的平台，及提供更多元的策略及技術文獻資料。
3. 建立一個系統化的方式或流程整理與分析 GHG 減量策略與技術資料文獻：針對各種 GHG 減量需求，建立一個適當的資料文獻整理方法，以便系統化的整理與分析相關文獻，輔助使用者找到所需要評估的減量策略及技術之相關資料與文獻。

### 1.3 研究流程

本研究流程圖如圖 1 所示，主要分為收集資料、設定資料庫架構，與建立資料庫，以下一一摘要說明之各項主要工作之內容：

1. 收集資料：首先收集減量策略與技術篩選原則及方法，再收集策略與技術資料庫相關文獻，供設計資料庫架構時參考，然後收集減量策略與技術基本或核心知識與原理，及依資料庫所規劃的分類收集各類 GHG 減量策略與技術。
2. 文獻整理與分析：在進行文獻收集的同時，建立資料整理的原則，以使所收集之文獻符合資料庫需求。此外，並於各文獻中，加入文獻之重點說明，以提供本資料庫使用者了解該項減量資料的內容，便於使用者的參考。
3. 規劃資料庫系統需求功能：本研究先選定資料庫系統所需之系統模組，並考慮資料庫使用者之可能需求，設計本資料庫之功能需求，包括輸入與修改功能、查詢功能、篩選功能以及資料輸出與展示方式。

4. 設計資料庫結構：設計數個資料表以儲存與減量資料文獻相關之基本資料、文獻內容等，包括紀錄基本資料與編碼等之主資料表、摘要全文表、以及紀錄相關註解、意見或說明之註解意見表。
5. 發展資料庫系統：主要是以現成的模組或自行發展的程式來滿足前述所規劃的功能。本研究所發展之資料庫，主要包含有讓管理者及使用者管理文獻之資料輸入與修改功能、讓使用者初步進行資料搜尋之查詢功能、及讓使用者進一步找尋適宜資料之篩選功。最後依照各種減量策略與技術資料需求，示範如何由本研究所建立的資料庫提供所需的資訊。

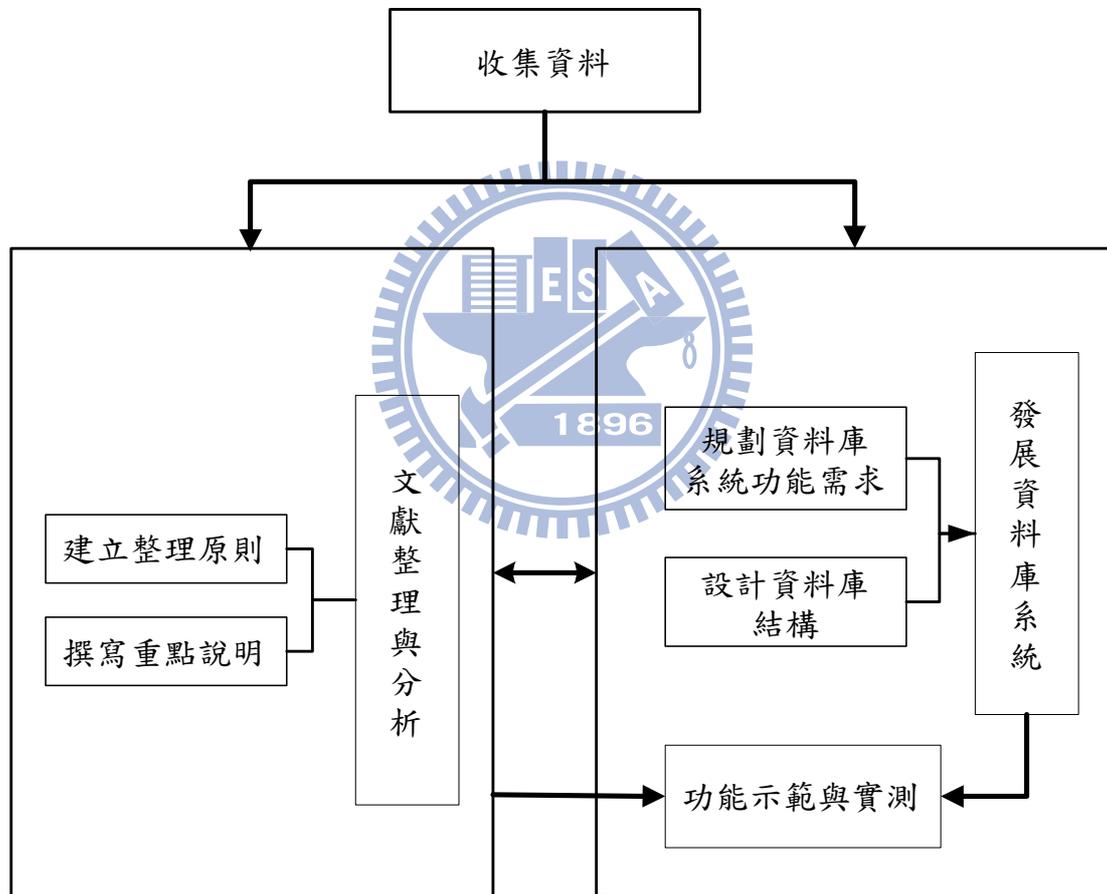


圖 1 研究流程圖

## 1.4 論文內容

本論文第二章主要介紹及回顧 GHG 減量、減量策略與技術、策略與技術資料庫、及資料分類與處理的方式等的回顧；第三章說明 GHG 盤查

減量策略與技術資料庫的系統架構與功能需求，包括資料庫所需之功能需求、資料庫結構、資料整理基本原則、及系統功能發展及示範；第四章說明基本及核心知識與原理；第五至第九章說明應用於全球與跨國、國家、城市、企業、社區、家庭、學校與個人等對象之 GHG 減量策略與技術；第十章說明未指定特定對象的綠色能源；第十二章說明未指定特定對象的 GHG 減量技術，其中包括大規模及創意技術，這些大型或很有創意的技術有的需要非常大筆經費及大膽的嚐試，甚至有的技術是應用於太空中；最後第十二章總結本論文及建議一些未來研究方向。



## 第二章 文獻回顧

比起先進國家，台灣 GHG 減量仍在起步階段，因此需有參考相關資料研擬適當的策略及選擇有效率的技術，針對此需求，本研究因而擬建立一個 GHG 減量策略與技術資料庫來滿足之。而要設計一個適當的資料庫，除了電腦系統之外，主要還需要分析可能的需求及如何滿足之，本章因而分為溫室氣體減量、溫室氣體減量策略、溫室氣體減量技術、溫室減量策略與技術篩選、與策略與技術資料庫五大主題回顧相關文獻，首先回顧國際上的減量趨勢，除了點出為何有必要建立資料庫，更指出國際上已甚重視各國各部門的減量，作為規劃資料庫之重要依據，之後回顧溫室氣體減量策略及溫室氣體減量技術的需求方向，以作為搜尋資料方向與所採用資料分類方式之依據，再來回顧相關策略與技術資料庫，以作為設計整體資料庫架構與功能時參考，最後回顧資料分類與處理分式，以作為減量策略與技術資料的分類與處理依據，以下針對五大類文獻分別說明之。

### 2.1 國際溫室氣體減量趨勢

為了減緩人為 GHG 排放所造成之氣候變遷帶來的危害影響，因此促使京都議定書(Kyoto Protocol) 於 2005 年 11 月 16 日正式生效，限制附件一國家之減量責任，但 GHG 減量成效遠不如預期，因而近期(2008 年 12 月)更於波蘭波茲南召開氣候變遷會議，討論 GHG 減量之相關議題，訂定相關合作方案與對於京都議定書效期後之相關協議，且即將在 2009 年 12 月於丹麥哥本哈根舉辦的第十五屆京都議定書締約方會議，乃將針對 2012 年後全球對於 GHG 減量的安排與合作進行討論達成新的共識；而國際上一些相關組織，如 IPCC，亦提出針對未來各部門減量措施與技術發展等相關建議，然而預期 GHG 減量目標要達成仍有重重的困難，各國必須採用更好的策略及應用或創新更好的技術。

石(96年)指出後京都時期(2012年以後)全球參與排放量管制方案極具關鍵性，因此各國皆須採取相關之減量措施，以因應未來的減量趨勢，而未來之管制方案，對於開發中國家之管制思維，已逐漸著重於以排放強度、部門別、產業別為思考模式，而非京都議定書之總量管制模式；瑞士環境部長近期在波蘭召開的聯合國氣候會議亦指出應訂定約束性的承諾以使全球因GHG增多而受到的風險降至最低，且特定產業部門，例如水泥與鋼鐵業，均應更加強GHG排放減量，因此，除了京都議定書之減量方案及京都機制合作方案，各國亦應重視於其個別部門與產業等領域之GHG減量策略及技術，本研究所發展資料庫亦因而依各個重要部門分別整理相關策略與技術。

## 2.2 溫室氣體減量策略

八大工業國會議中，日本、加拿大與英國建議在2050年全球能夠削減50%的GHG排放量，此給予後京都時代全球GHG減量協議設定可能的框架(洪，2007)；另外環保署(97年)表示電力使用的情況中，排除工業用電，一般用電只減少0.6%的用量，仍具有改善空間，對於降低GHG排放成效似乎不彰，因此選擇及制定具體有效的減量策略乃是必需的。

在制定GHG減量策略時，如何選擇及制定適當的策略並不件容易的事，Congressional Budget Office(2005)指出，以成本與效益為著眼點，未來GHG排放強度可能影響減量策略所需之成本，另外策略執行之有效性，消費者最終所需付出之減量價格、消費者可獲得之福利與生產者短期所得利益亦影響減量所需成本，而以價格作為GHG減量措施之策略，其成本與效益因為與區域時間的不同而使其複雜化，另外更提及個人對於GHG減量的態度，亦將影響減量策略之可行性；王(96年)從台灣目前在GHG減量所面臨的困境，建議政策的擬定因應不同產業與部門應有所不同，政策的規劃更建議分為短期、中期與長期三個減量策略的擬定；Rooijen et al

(2006)針對荷蘭綠色能源相關決策進行分析，其自 1900s 起即開始推廣綠色能源的使用，但其綠色能源市場未見成長且未達目標，主要在於荷蘭政府未將市場的不確定性降低，同時建立市場的信心，使得其所運用的策略不具穩定性且不具精確性；而 Andrew (2008)另外指出，經濟市場上的缺失會影響其運作的有效性，並影響 GHG 的減量成效，因此在進行決策前，須考慮造成市場缺失的主要原因，例如在歐盟排放交易計劃中，市場相關資訊的不完整與不確定性，使得參與者做出 sub-optimal 決策；由此可見要制定適當的 GHG 減量策略的複雜度頗高，需要考量不同的因子及比較不同的方案，本研究所發展的資料庫將提供各種策略及其重點內容，讓擬定策略的決策者或規劃分析師能迅速參酌與比較不同的策略，以協助其制定有效的策略。

### 2.3 溫室氣體減量技術

歐盟在 2008 年(Commission of the European Communities, 2008)宣佈在 2020 年前縮減 20%GHG 排放，且確保綠色能源占總能源 20%的「20-20-20」協議，要達成這些目標，能源運用及技術、綠色產品等都需要開發或選擇適當的技術，而國際間目前也有非常多的新技術開發出來，例如利用粒狀矽太空膠(Granular)與填入氬氣之高隔熱性半透明玻璃結合，運用於建築物以降低能源使用(Reim et al., 2002)，利用柳樹植被作為廢水過濾器，並達到 GHG 減量的技術(Börjesson et al., 2006)，將多醣類(Polysacchride)纖維運用於紡織、工程原料與包裝等降低 GHG 排放技術，但如何選擇或開發一個適當的技術，仍然有其挑戰性，且在選擇適當之技術時，宜找具有多元效益的技術，例如 Champagne (2007)利用廢棄物殘渣生產生質乙醇，可同時廢棄物再利用產生能源，以及日本豐田汽車公司將燃燒時產生的 CO<sub>2</sub> 回收，並用於溫室花房中(法新社，2008)，因而如何協助使用者由資料庫找到適用的相關技術亦有必要作好規劃，讓使用者找到較多可供參考及比較

的技術。此外，減量技術的實行範圍、使用的地點、減量潛力，亦是評估減量技術很重要的考量因子，例如 Gugliermetti et al. (2007)之建築物雙層玻璃之技術，雖可在義大利等地區執行，但由於所形成之絕熱效果，在台灣夏天反而可能會造成室內溫度增加的情況，因而在整理技術重點時，除應記錄一些技術相關之基本資料外，亦應於系統中，加入對資料進行討論或建議之功能，以協助於使用者評估技術適用性時之參考。

## 2.4 策略與技術資料庫

目前國際上已有多個與策略相關之資料庫，例如由 FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nation) (2006)所建立之 Mountain policy-related documentation 資料庫，針對現行山區永續農業與鄉村發展政策提供經濟、社會、環境方面相關資料；由 APFED (Asia-Pacific Forum for Environment and Development) (2007) 所建立之 APPED Good Practice 資料庫，為針對亞太地區永續發展的創新政策與措施所建立之資料庫，其特色乃提供策略實施參與者、環境問題、與該資料庫所分類的策略性質等作為查詢項目，提供使用者找尋適宜的策略；由英國能源研究中心所建立之 Interactive Manual of Policies to Abate Carbon from Transport 資料庫 (2009)，提供與交通運輸部門相關的 GHG 減量策略，該資料庫依據減量策略的性質分為五個類別，並允許使用者針對每筆減量策略在線上進行資料補充。

有關技術資料庫，IEA 所建立的 Greenhouse Gas R, D&D Projects Database (2008)，主要內容為碳捕捉與封存技術之相關計畫，可透過郵件提供建議給資料庫管理者，但無法進行管理者與使用者間的交流，另外，該資料庫依照技術發展的概況與技術發展的支持者等區分方式，作為使用者主要之選擇依據；日本 NEDO(2008)針對廢棄物 3R 技術，收集將近 550

個不同的技術概況，該資料庫將不同種類的廢棄物 3R 技術與不同類型的廢棄物，利用矩陣的方法，讓使用者清楚了解某項技術的適用性；Sustainable Sources 所建立的綠色建築計畫資料庫(2009)，使用者可提供該資料庫相關的資料。

上述資料庫多數僅提供查詢的功能，但當資料數量增多時，無法讓使用者再做進一步的資料篩選，故使用者不易快速獲得所需文獻。另外，由於現有之策略與技術資料庫是各自獨立之系統，故使用者在查詢上並不方便。因此，本研究發展同時整合策略與技術之資料庫，以提供決策者適當之減量策略與技術。

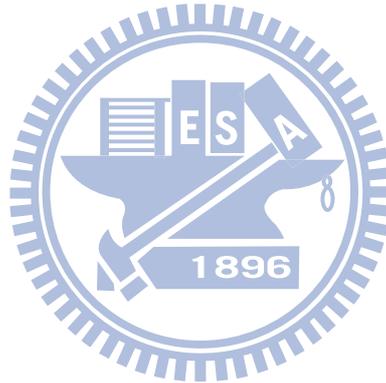
## 2.5 資料分類與處理方式

由於 GHG 文獻數量眾多，且所屬性質不一，因此當整理相關文獻時須建立一個系統性的分類與處理方式，以便於資料的處理。目前圖書館一般採用之圖書分類(羅等，90 年)，是利用單一種類的方式為圖書分類的主要模式，亦即了解主要內容將其歸類於所設定的主題中，例如經濟部 93 年所出版的”工業溫室氣體盤查減量宣導手冊”(經濟部，93 年)，依據圖書分類被歸類於能源技術類別，雖可以蓋括性地了解其主要內容資訊，但對於針對 GHGST 文獻搜尋之使用者，則無法從中了解其進一步相關內容。因此，本研究為協助使用者快速搜尋適宜之 GHG 減量資料，因此針對 GHG 的減量資料，則朝向多種類分類項目的方式進行。

前述之 APPED Good Practice 資料庫 (Asia-Pacific Forum for Environment and evelopment, 2007)以策略適用的政府層級作為資料的分類，例如區域性、國家或地方政府等，但此方法僅表示該策略所適用的範圍，無法提供其他資料屬性，以協助使用者查詢所需資料。例如，減量策

略與技術之分類，可協助使用者在查詢國家層級文獻後，進一步協助使用者了解有那些可採行之減量方向。

另外，Sustainable Sources 所建立的綠色建築計畫資料庫(Sustainable Sources, 2009)，主要依據綠色建築的類型與應用的方法等進行資料的分類，例如，在類型方面有家庭建築、商用建築等，應用方法方面則有綠色能源的利用、加熱與冷卻的技術等，但是 GHG 的減量策略或技術，除了應用於建築方面，尚包括交通運具、廢棄物處理等，針對不同的減量對象，可執行或運用的方式不盡相同，因此僅以建築類型及應用方法之分類方式並不能完全符合 GHGST 之需求。本研究以上述的文獻為依據，作為本資料庫的 GHG 減量資料分類的參考，使本資料庫的使用者易於選擇適用的減量策略或技術。



### 第三章 溫室氣體盤查減量策略與技術資料庫系統

為提供未來台灣制定減量策略與選擇適當技術時參考，本研究因而建立一個溫室氣體減量策略與技術資料庫系統 (Strategy and Technology Database for Greenhouse Gas Emission Inventory and Reduction, GHGST)，首先探討本研究系統架構及供使用者應用資料庫系統的一些功能需求，之後說明資料庫結構，將所蒐集之溫室氣體減量策略與技術文獻資料，依據資料結構及配合系統性分類，使 GHGST 系統便於查詢及使用，然後說明資料整理基本原則，最後詳細說明並示範 GHGST 系統功能。詳細內容在以下各節一一說明之。

#### 3.1 系統架構與功能需求

為了讓本研究發展的 GHGST 系統能有效協助使用者研擬 GHG 減量策略及篩選技術，首先探討資料庫系統之需求與架構，整個系統的架構如圖 2 所示，包括系統模組、資料庫形式、輸入與修改功能、查詢功能、篩選功能、資料輸出與展示方式等，以下一一說明各項內容與功能需求：

- (1) 系統模組：為了加速系統的發展，本研究以 Xoops(Xoops, 2007)為主要的系統核心模組，且選擇一個適當的資料型資料庫作為發展的依據。且以 PHP(PHP Group, 2009)程式作為主要發展語言。
- (2) 資料庫結構：考慮使用者的方便性以及網路的普及化，本資料庫系統的形式乃與網頁結合之網際網路資料庫，而本研究以 MySQL(MySQL, 2009)建立資料庫系統，儲存所收集之減量策略與技術文獻資訊。詳細的資料庫結構，請參見下一節之說明。

- (3) 輸入與修改功能：除了一筆筆的輸入與修改介面以外，亦提供 Batch 式的輸入功能，以利於可離線準備資料，然後再整合後一次輸入資料中。
- (4) 查詢功能：為協助使用者查詢減量策略或技術，本系統提供以關鍵字輸入文字的方式，配合一般查詢法則，如簡單關鍵字查詢、片語查詢、多項目查詢等方式，查詢相關文獻之標題與內容、資料出處與作者。
- (5) 篩選功能：為確實讓使用者可取得適用性較高之減量策略與技術，本研究乃設計特定之篩選項目，如資料類型、減量層級、減量領域或減量措施與其子項目以及年份等，提供使用者篩選其需要的資訊。
- (6) 資料輸出與展示方式：提供可依標題與作者姓名、年份等排序，並分為簡易索引與詳細資訊兩部分，簡易索引包括了標題、作者、文獻資料出處、出版年份，以及對於該篇文獻資料之中英文簡短描述，而詳細資料則增加了文獻資訊、附註、中英文簡短說明與中英文摘要的部分。

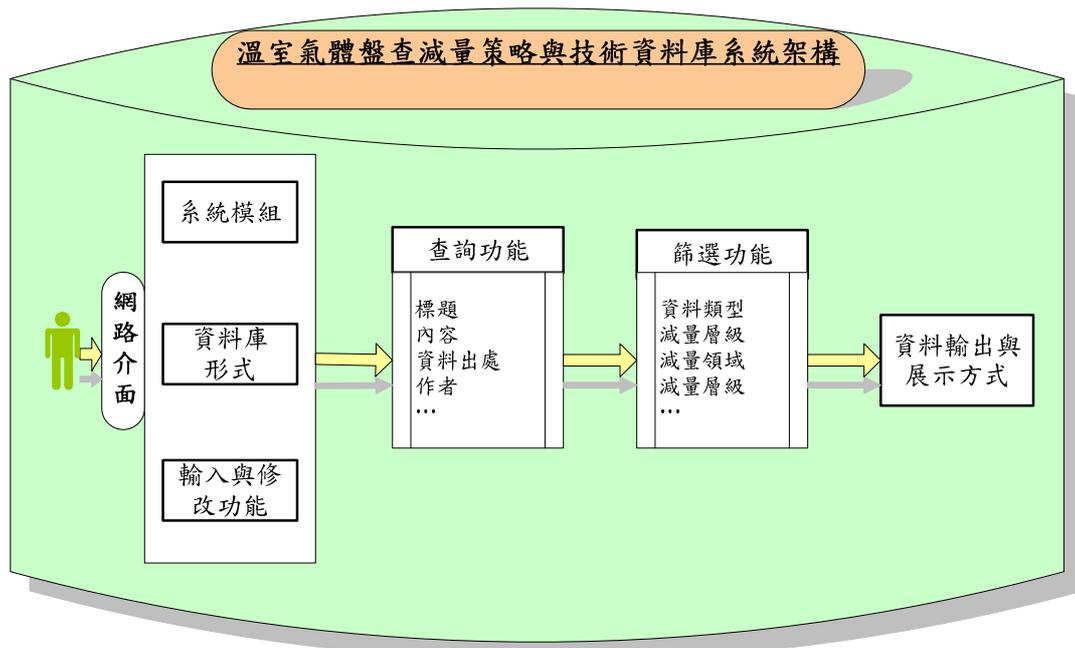


圖 2 溫室氣體盤查減量策略與技術資料庫系統架構

### 3.2 資料庫結構

GHG 減量策略與技術資料庫所儲存的資料規劃以 MySQL(MySQL, 2008)關聯式資料庫的資料表(tables)所組成，主要用以儲存資料之基本資訊，如資料標題、作者、年份與出處等，提供資料庫查詢或篩選功能之運作。資料庫之各資料表可藉資料編號進行關連，而由於資料的摘要內容較多，因此建立摘要全文表，儲存每筆資料的中文(abstract\_c)與英文(abstract\_e)摘要。此外，資料庫中之名詞資料表儲存使用者查詢時經常使用之相關名詞及說明。本資料庫亦建立使用者意見資料表，儲存使用者對資料之意見或補充。而使用者意見資料表，乃採用現有的 Xoops 模組所提供的註解意見功能，儲存使用者針對各項資料所做的意見、註解與說明等。

### 3.2.1 資料基本資訊

本資料庫資料表所儲存的基本資訊內容如下所述：

(1) 基本項目：包括每筆策略與技術資料的中文(title\_c)、英文標題(title\_e)、作者(author)、出處(source)、出版年(月)(pub\_date)、文獻出處完整資訊(lit\_inf)與補充說明附註(note)等基本資料欄位，另外加入中英文重點說明，主要以很精簡的文字簡介文獻內容及重點，是本資料庫及本研究的重要內容之一，本要由研究者整理各筆資料的重點並輸入資料庫中，由於主要是供國內使用，主要先以中文為主，英文為輔。

(2) 編碼(code)：本研究針對每一筆資料設定一個唯一的編碼，主要用於分類資料及提昇查詢的效率，欄位名稱為 code，這是每筆減量策略與技術資料的編碼，編碼主要依據減量對象、文獻種類、溫室氣體、減量領域以及使用之策略與技術等原則來編訂，詳細編碼方式將於下一節中詳細說明之。由於考量不少資料可能會同時屬於不同屬性(如分類)的情形，因此本研究以其中一個主要屬性值作為編碼的依據，至於其他可能的屬性值則以另一個欄位(a\_code)來儲存所有其他的屬性編碼，但由於這些額外屬性編碼主要是用於輔助查詢時使用，並不是真正的編碼，故並不是完整編碼，沒有完整編碼所必須的流水號，一般查詢以 code 欄位為主，但亦提供使用者可以 a\_code 欄位來查詢，但預期會花較多時間查詢。

### 3.2.2 編碼

溫室氣體減量策略與技術資料編碼如圖 3(a)所示，主要分為六大部分，格式如下列：

#### **CA-DT-GT-GA-RS-nnnn**

其中 CA 為所屬分類; DT 為文獻種類; GT 為溫室氣體種類; GS 為溫室氣體排放部門或領域; RS 為減量策略與技術; 及 nnnn 為一個由系統自動設定的 4 位數流水號。每一個編碼都是唯一，不能重複，由於有的部分較複雜，故容許多加一層子階層屬性項，但為了避免過於複雜及增加程式執行的複雜度，本研究因而只容許至多一個子階層屬性，例如 NA.DC 表示 CA 屬性中的應用對象為國家(NA)且屬開發中國家(DC)這個子階層。每一屬性皆一致採用二字英文字母代碼代表，代碼不同的意義不同，且禁止同一代碼代表不同的意義，以下一一說明五大部分的內容及編碼原則：

- (1) 所屬分類(Category, CA)：分類架構如圖 3(b)所示，主要依減量策略與技術所適用與施行之範疇大小分類，包括全球(global, GL)、跨國(multinational/transnational, MN)、國家(national, NA)、城市(city, CI)、企業(company, CO)、學校(school, SH)、社區(community, CU)、家庭(household, HO)以及個人(personal, PE)等不同屬性，其中全球、跨國與國家這三項則包括開發中國家(developing countries, DC)子分類，企業則分出工業(industrial, IN)、礦業(mine, MI)與電力業(power plant, PP)三個子分類，上述乃針對具有明確應用對象的資料，本研究亦另分出減量基本或核心知識與原理(Basis or core of GHG reduction, BC)類，以及未指定應用對象的綠色能源(green energy, GE)、溫室氣體減量技術(GHG reduction technology, RT)及大規模減量技術(large-scale technology, LA)等三類。

- (2) 文獻種類(Document type, DT)：如圖 3(c)所示，依據資料種類分為一般討論與評估(discussion and assessment, DS)、技術報告(technical report, TE)、研究性文獻(research reference, RR)，以及準則、法規、合約與公約協定(guideline/law/regulation/agreement/convention, GD)等四項。
- (3) 溫室氣體種類(GHG type, GT)：如圖 3(d)所示，依資料內容是針對什麼溫室氣體而決定此屬性，主要依京都議定書(UNFCCC, 1997)所管制之六種溫室氣體分類，亦即二氧化碳(carbon dioxide, CO<sub>2</sub>, CD)、甲烷(methane, CH<sub>4</sub>, ME)、氧化亞氮(nitrous oxide, N<sub>2</sub>O, NO)、氫氟化碳(hydrofluorocarbons, HFCs, HF)、全氟聚合物(perfluorocarbons, PFCs, PF)與六氟化硫(sulfur hexafluoride, SF<sub>6</sub>, SF)。此外，亦針對與二種以上溫室氣體相關的資料增列了多氣體(multiple gases, MG)選項，若資料沒有確切指定溫室氣體則設定為未限定(unspecified, US)。
- (4) 溫室氣體部門或領域(GHG sectors or areas, GS)：如圖 3(e)所示，主要為溫室氣體來源或匯入(sink)的部門或領域，包括林業(forestry, FO)、能源(energy, EN)、土地利用(land use, LU)、交通(transport, TR)、建築(building, BU)、農業(agriculture, AG)、廢棄物(waste, WA)與氣候變遷(climate change, CC)、盤查(emission inventory, EI)等九個項目，其中交通包括了車輛(vehicle, VE)此子階層項目，廢棄物則有電器(appliances, AP)、廢氣(waste gas, WG)、廢熱(waste heat, WH)、廢水(waste water, WT)等四個子階層項目。
- (5) 減量策略與技術(Reduction strategies and techniques, RS)：如圖 3(f)所示，依據策略與技術資料之特性，分為綠色能源(green energy, GE)、大規模減量技術(large-scale technology, LA)、碳隔離(carbon

sequestration, CQ)、綠建築(gree/eco-building, GB)、節約能源(energy saving, ES)、再利用(reuse, RU)、清潔發展機制(clean developing mechanism, CM)、排放交易(emission trading, ET)、稅收(imposing tax, IT)、補助(subsidy, SD)、投資(investment, IV)、市場(market, MA)、管理(management, MT)、共同作用(synergies, SY)、研究與發展(research and development, RD)等十五種項目，其中大規模減量策略則是指運用範圍可擴及全球性地使用，包含仍是概念構想的技術。另外，綠色能源中則包括了生質能(biomass energy, BE)、氫氣能(hydrogen energy, HE)、燃料電池(fuel cell, FC)、風能(wind energy, WE)、水力能(hydro energy, HY)、太陽能(solar energy, SE)、海洋能(ocean energy, OE)、地熱能(geothermal energy, GO)等；碳隔離則有碳捕捉與封存(carbon capture and storage, CS)以及碳鹽酸化(caronation, CB)兩個子階層項目。

上列各屬性或子階層屬性皆可以 OT 代表其他項目，或許研究過程依需要再增列屬性的選項。

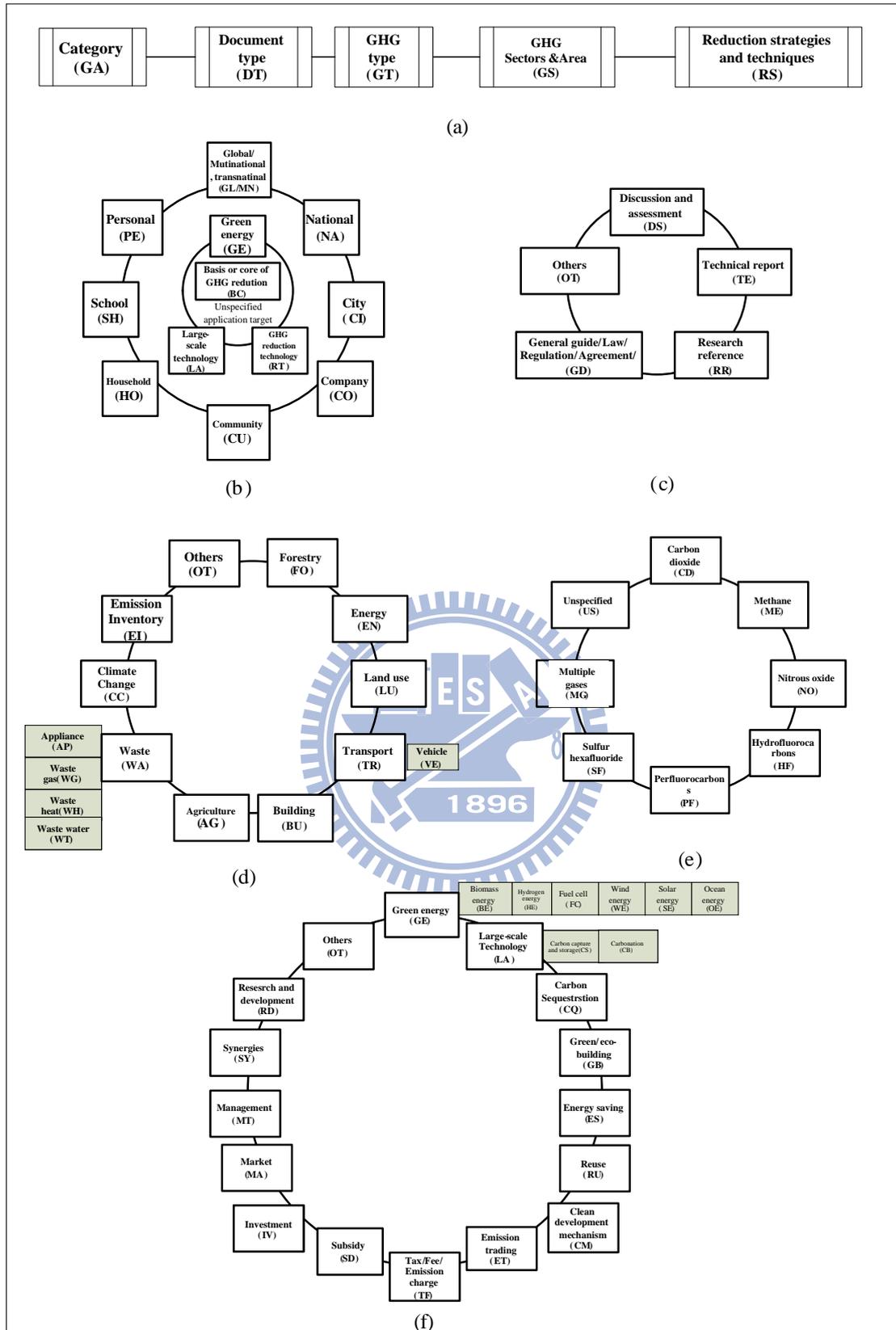


圖 3 溫室氣體盤查減策略與技術資料庫主鍵 code 的編碼架構 (a)資料編碼;(b)分類;(c)文獻種類;(d)溫室氣體種類;(e)部門或領域;(f)減量策略與技術

### 3.3 資料整理基本原則

每一類資料的整理與分析方式可能都會因各類資料的特性不同而必須採用不同的整理與分析方式，包括其相關策略與技術繁多，也即將是本研究的一大挑戰，本研究依資料整理與分析的方法，試著發展出資料整理原則等程序，依據整理經驗則歸納為以下五點：

- (1) 文獻資料主要收集方向：所收集的減量策略與技術以有涉及 GHG 減量優先收集，故針對某一特定技術，如產氫技術的發展，原則上依據是否提供 GHG 減量效益，其次為節能效益做為納入本資料庫的考量。
- (2) 盤查與效益分析類文獻：若文獻主要為盤查(包括排放係數等)或一般策略或技術效益分析相關文獻，則獨立出來放在此類文獻中。若文獻以討論或分析策略為主，雖有說明效益，則仍然優先列入策略或技術類文獻中，但若以策略或技術為輔時，可納入效益分析中；例如比較新加熱系統，此內容屬於技術類，但若是用別人已有的產品來比較，則是效益分析。
- (3) 效益比較文獻：數種減量策略或技術間的減量效益之比較，如不同能源策略或技術之 GHG 減量比較。另外，整合相關性策略之減量新策略，如森林管理與生質能替代物的整合型策略，亦納入。
- (4) 說明與介紹性的文獻：只針對知名策略或技術所作的一般說明之文獻暫不納入，如木材或生質能於 GHG 減量所扮演的角色或尚在假想中的次要創新減量技術之說明。但若該篇文獻乃針對某項減量技術而實際的減量策略，則納入。
- (5) 同一類型文獻處理原則：(a)若無創新或值得參考特點時，除了不列入本論文中，亦不會列入優先處理的文獻；(b)創新技術但效益不明確或其效益不佳，由於失敗經驗亦值得參考，故亦納入本資料庫當中。

### 3.4 系統功能發展及示範

本資料庫系統以 Xoops(Xoops, 2007)做為核心系統模組，並選取屬公的公用程式(Open source)的適當資料庫模組做為發展依據，資料庫提供了查詢功能、篩選功能以及資料輸出介面，經評估數個模組後，最後選擇 CosmoB General-purpose database system v.1.2 (WEB-LEARNER.com, 2006) 模組發展本研究資料庫系統。以下各小節首先說明如何選擇模組，再來則要介紹資料庫系統發展、首頁及所規劃功能呈現、輸入與修改資料、查詢與篩選。

#### 3.4.1 模組選擇

本研究所選擇的模組以可提供資料儲存與查詢使用為原則，且必須有資料庫、資料分類、輸入/儲存/修改資料、查詢、評論等基本功能，依以上原則測試了不少模組，剔除不符合基本需求及選擇較可能適用的模組，最後選出三個候選模組，分別為 CosmoDB - General-purpose database system(CosmoDB)1.2 版本 (WEB-LEARNER, 2006)，News1.63 版本 (Instant-Zero, 2008)，Article Management System (DMS) 2.51 版本 (Xoops ,2006)。以下一一說明這三個模組。

CosmoDB 模組主要用以整合資料及與提供功能管理檔案文件，其原始頁面如圖 4 所示，例如實驗數據等；所提供的功能包括與資料新增與移除，及選擇資料的功能，例如 radio、checkbox、select 與 text 等；查詢功能則提供 text、關鍵字(keyword)查詢使用者意見(comment)查詢；另外提供系統制定項目與管理者制定關鍵字(keyword)之資料篩選；模組亦提供功能供制定項目作資料排序；亦提供三種資料展示方式，包括展示簡易資料資訊的 List View、展示資料圖片的 Thumbnail view 與展示詳細資料資訊的

Detail View；此外，其他功能包括資料間之連結、製作資料書籤(bookmark)與文件夾(directory)等。

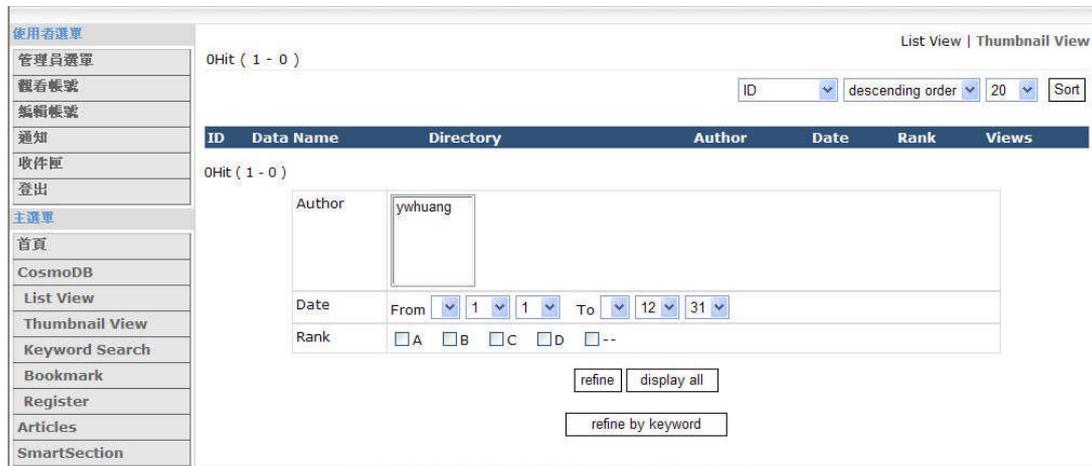


圖 4 CosmoDB 原始頁面

News 模組主要提供使用者在站內輸入數篇新聞文章，其原始頁面如圖 5 所示，並可依據使用者所建立的文章主題予以分類，且統計每種分類的文章篇數。此外此模組亦提供 RSS(Really Simple Syndication)功能，傳送模組內所更新的資料；該模組可利用文章內容自動建立查詢關鍵字，依此查詢的依據可分為，依照關鍵字於文內出現的次序、關鍵字出現最多頻率的次序與關鍵字出現最少頻率的次序等三種。



圖 5 News 原始頁面

Articles Manager System 模組同樣可自訂屬性以作為分類的依據，並依此所進行查詢，亦可於線上輸入文章，其原始頁面如圖 6 所示，此模組亦提供 RSS 功能，傳送模組內所更新的資料，另外可依據資料標題、分類、作者等作為查詢項目，以及依照資料點擊率、評價、標題與資料 ID 進行排序。



圖 6 AMS 原始頁面

表 3.2 比較上述三個模組的功能。考慮到本研究所設定的系統功能，除了文章輸入與查詢的基本功能以外，篩選與資料呈現方式亦甚為重要，由於 CosmoDB 模組所提供資料篩選的功能，便於用以發展符合 GHGST 系統需求的篩選功能，另外，該模組的資料呈現方式較符合本研究所需要的簡易索引與詳細資訊兩種資料呈現的設計。本研究因而採用它用以發展 GHGST 資料庫系統。

以下各小節詳細說明依該模組所修改而成的 GHGST 資料庫系統及展示 GHST 系統之功能。

表 1 試用模組功能比較

<b>模組名稱</b>	<b>CosmoDB - General-purpose database system</b>	<b>News</b>	<b>Article Management System</b>
<b>模組簡稱</b>	<b>CosmoDB</b>	<b>-</b>	<b>AMS</b>
<b>版本</b>	<b>1.2</b>	<b>1.63</b>	<b>2.51</b>
<b>資料分類</b>	設定資料屬性分類	設定資料屬性分類，並對該分類進行描述	設定資料屬性分類，並對該分類進行描述
<b>輸入、儲存與修改資料</b>	可直接對頁面設計及功能進行修改	輸入資料標題、描述、以及內容，可直接進行編輯或刪除	輸入資料標題、描述、以及內容，可直接進行編輯或刪除
<b>查詢</b>	可針對資料設定關鍵字以便查詢；或是使用該模組的輸入文字查詢區塊	依據所設定的資料屬性分類進行查詢	依據所設定的資料屬性分類進行查詢
<b>評論</b>	允許使用者對資料發表評論	允許使用者對資料發表評論	允許使用者對資料發表評論
<b>篩選</b>	設定資料 ID、名稱、作者、日期等作為篩選項目，另外可直接新增篩選項目	-	針對資料標題、屬性、作者等作為篩選項目
<b>資料呈現</b>	顯示資料 ID、名稱、作者、日期、評價與觀看次數等。	可設定每篇頁面之展現筆數，及呈現資料分類及其內容	可設定每篇頁面之展現筆數，及呈現資料分類及其內容

## 3.4.2 資料庫系統發展

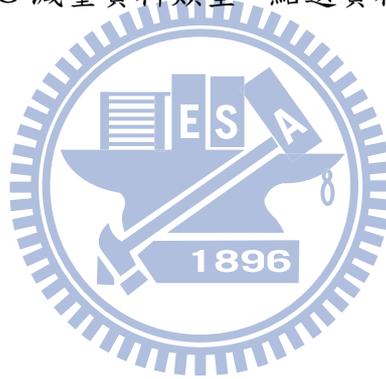
本小節將說明如何更改 CosmoDB 模組發展 GHGST 資料庫系統，包括首頁及主要功能、輸入與修改資料、查詢、篩選等功能以及資料輸出與展示介面等，並利用 PHP(PHP Group, 2009)程式作為主要發展語言，以及利用 MySQL(MySQL, 2009)建立後端資料庫。

### 3.4.2.1 首頁

GHGST 系統首頁列出所有主要功能的介面，如圖 7 所示，首頁主要由七個區塊所組成，包含：

- (1) 主要內容區塊：為讓使用者在操作 GHGST 資料庫時了解並便於使用本系統所提供的功能，設置包括首頁、背景說明、使用手冊、提供資料、查詢與名詞解釋等之使用或操作頁面的連結，以增加使用者於利用上的便利性。
- (2) 簡介區塊：為給予第一次利用 GHGST 資料庫系統的使用者，了解本資料庫之設置緣起與目的，因此設置簡介區塊以簡介本資料庫系統的設置緣起與目的等。
- (3) 查詢區塊：為便於使用者直接進行 GHG 減量策略或技術資料的搜尋，於首頁設置查詢區塊，以快速獲得相關的減量資料。查詢區塊內包含欄位查詢與分類查詢，此部分將於 3.4.5 節進一步說明之。
- (4) 新進資料區塊：GHGST 資料庫系統乃持續不斷性地更新，此區塊乃提供本資料庫的更新內容，顯示各分類最新輸入資料，提供使用者資料更新的資訊，且點選標題即可進入資料詳細資訊的頁面。

- (5) 統計區塊：為讓使用者了解關於 GHGST 資料庫資料收集的狀態，本研究設置統計區塊，利用數字做為訊息提供的方式，為了讓使用者了解本系統資料的多元性，因此依據資料的屬性分類，顯示各分類全部資料量，與當月所輸入的資料筆數。
- (6) 新進評論區塊：為讓使用者獲得其他使用者針對某筆資料所做的最新評論，因此設置此區塊，以立即取得其他使用者所提供的相關資訊。點選評論的名稱即可進入資料評論頁面，藉由此區塊的設置，直接觀看來自其他使用者所提供的資訊。
- (7) 熱門資料區塊：顯示前五筆最熱門的資料，藉此參考以了解使用者較常觀看的 GHG 減量資料類型，點選資料標題即可進入資料詳細資訊的頁面。



**GHGST**  
溫室氣體盤查減量策略與技術資料庫  
Strategy and Technology Database for  
Greenhouse Gas Emission Inventory and Reduction

06 May 2009 | 11:52:10

Hello ywhuang Logout

**主要內容**

- 首頁
- 查屏說明
- 使用手冊
- 提供資料
- 查詢
- 名詞解釋

**統計**

所屬分類: 總計(當月總計)

BC:	2 (1)
GL:	1 (1)
MN:	1 (1)
NA:	1 (1)
CI:	1 (1)
CO:	0 (0)
SH:	0 (0)
CU:	0 (0)
HO:	1 (1)
PE:	0 (0)
GE:	1 (1)
RT:	1 (1)
LA:	0 (0)

**簡介**

台灣在推動GHG減量初期有必要參考國內外現有的策略與技術，以期規劃與執行適合國內的有效策略與技術。建立一個線上資料庫，並系統化整理分析所收集到的GHG減量策略與技術文獻。將所收集的GHG盤查減量策略與技術文獻，依照減量施行範圍與規模大小予以分類。提供篩選與比較分析功能，以利找尋適宜文獻。

**查詢**

**欄位查詢**

	中文標題	==	
	作者	==	
	出處		查詢 清除

**分類查詢**

所屬分類: ----

文獻種類: ----

溫室氣體種類: ----

溫室氣體部門或領域: ----

減量策略或技術: ---- 查詢

**新進資料**

BC	From production-based to consumption-based national emission inventories	05-04 21:27
GL	Beyond Kyoto: A tax-based system for the global reduction of greenhouse gas emissions	05-04 21:27
MN	The Asia-Pacific partnership on clean development and climate: A complement or competitor to the Kyoto protocol?	05-04 21:27
NA	Switching to a U.S. hydrogen fuel cell vehicle fleet: The resultant change in emissions, energy use, and greenhouse gases	05-04 21:27
CI	Trigeneration: A new way for landfill gas utilization and its feasibility in Hong Kong	05-04 21:27
HO	Long-term energy savings and greenhouse gas emission reductions in the Swiss residential sector	05-04 21:27
GE	Envisaging feed-in tariffs for solar photovoltaic electricity: European lessons for Canada	05-04 21:27
RT	Sustainable waste management: recovery of fuels from petroleum sludge	05-04 21:27

**新進評論**

**Author Comment**

**User Comment**

test guest 04-22 00:15

**熱門資料**

**排名 標題**

- 1 From production-based to consumption-based national emission inventories
- 2 Improving GHG inventories by regional information exchange: a report from Asia
- 3 Beyond Kyoto: A tax-based system for the global reduction of greenhouse gas emissions
- 4 The Asia-Pacific partnership on clean development and climate: A complement or competitor to the Kyoto protocol?
- 5 Switching to a U.S. hydrogen fuel cell vehicle fleet: The resultant change in emissions, energy use, and greenhouse gases

圖 7 首頁及主要功能連結

### 3.4.2.2 輸入與修改資料

輸入與修改資料功能主要分為(1)線上編輯；及(2)批次處理二種方式，前者設置主要目的是讓來自不同地方的使用者，即時更新資料，但當資料量大時，若一一輸入與更新反而不是很方便，故亦提供第二種處理方式，以下分別說明之。

## (1)線上編輯

本資料庫為讓來自不同地方的使用者可以提供與溫室氣體盤查減量策略與技術相關之文獻資料，因此建立此線上資料提供功能，介面如圖 8 所示，以下說明該頁面的內容：

- (1) 資料內容：包含了屬性、中文標題、英文標題、作者、出處、出版年(月)、中文簡短說明、英文簡短說明、附註與其他屬性等，以提供與資料相關的基本資訊。而為了避免相關資訊漏填而降低資料的實用性，本系統設定屬性、中文標題、英文標題、作者、出處、出版年(月)、文獻資訊與中文重點說明等為必填欄位，若有任何必填欄位空白，則系統會如圖 9 所示，提醒使用者應該填入的欄位。
- (2) 屬性項目：為讓資料提供者所提供的資料在進入 GHGST 系統前先行分類，以便於資料的處理，設置資料屬性分類提供資料分類選項，將資料進行多元性的分類。本系統為利用下拉式選單方式選擇各項分類，而可選擇項目如 3.2.2 節所述；若於各分類中沒有符合使用者需求之選項，可選擇選單內之[自訂]選項。
- (3) 自訂屬性：本系統所提供的資料屬性不盡然適用於資料提供者所提供的資料，因此所列的屬性不符合資料的特性而有必要自訂屬性時，則如圖 10 所示，使用者可進入新增屬性的頁面，於欲新增屬性分類中，填入自訂之中文與英文屬性名稱。所自訂之屬性，亦可作為 GHGST 系統增加或修訂分類項目時的參考，以增加本資料的多元性。



# GHGST

溫室氣體盤查減量策略與技術資料庫  
Strategy and Technology Database for  
Greenhouse Gas Emission Inventory and Reduction

Register now on GHGST Database! [Login](#)

04 May 2009 | 12:07:49

## 主要內容

- ▶ 首頁
- ▶ 背景說明
- ▶ 使用手冊
- ▶ 提供資料
- ▶ 查詢
- ▶ 名詞解釋

## 提供資料

#重點說明與附註，包含標點符號，英文勿超過240字，中文則勿超過120字#

具有 \* 符號者代表必填欄位

屬性*	所屬分類	----	▼
	文獻種類	----	▼
	溫室氣體種類	----	▼
	溫室氣體部門或領域	----	▼
	減量策略或技術	----	▼

若沒有適合選項，請選擇[自訂]選項

中文標題\*

英文標題\*

作者\*   
(EX. Kahn JR, Franceschi D)

出處\*   
(EX. ECOLOGICAL ECONOMICS, Vol.58(4), p.p.778-787)

出版年(月)\*   
(EX. 200607)

文獻資訊\*

中文重點說明\*

英文重點說明

附註

其他屬性1	所屬分類	----	▼
	文獻種類	----	▼
	溫室氣體種類	----	▼
	溫室氣體種類	----	▼
	減量策略或技術	----	▼

其他屬性2	所屬分類	----	▼
	文獻種類	----	▼
	溫室氣體種類	----	▼
	溫室氣體部門或領域	----	▼
	減量策略或技術	----	▼

圖 8 提供資料頁面

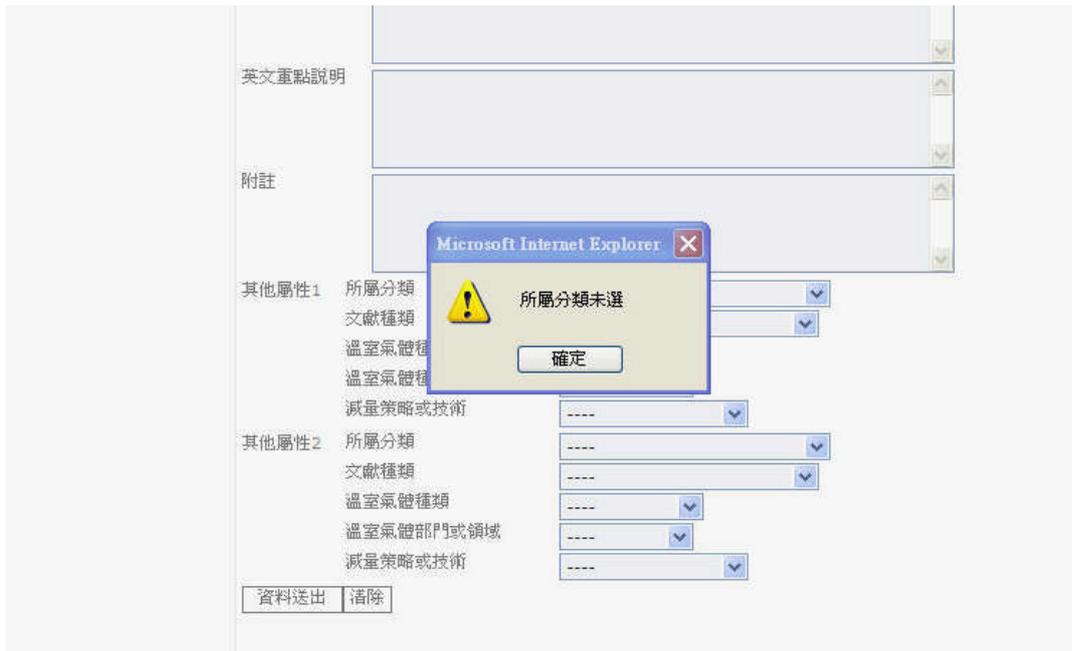


圖 9 欄位未填提醒功能



圖 10 新增屬性頁面

當使用者提供資料，有必要檢查資料的正確性與所填資料是否正確等以免存入不適當的資料或資料屬性不正確，導致後續使用上的困難，故並非直接輸入資料庫，本系統因而建立一個管理員審查功能，審查的程序如下所述：

- (1) 選擇待審資料:為了方便一一審查待審的資料與獲得所需待審的資料數目，首先進入選擇待審資料的頁面，如圖 11 所示，本系統管理員可選擇欲審查之資料，並且進入審查資料的頁面。
- (2) 審查資料內容：審查資料頁面如圖 12 所示，其內顯示使用者所提供之資料內容，包括屬性、自訂屬性、中英文標題、作者、出處、出版年(月)、文獻資訊、中英文重點說明、其他屬性等。主要目的是讓管理者可檢視資料適宜性及所填資料屬性是否正確，若有發現不適當的地方，可直接修改。
- (3) 審查資料結果：分為輸入、待查、存放與刪除等五項審查結果選項，上列審查結果選項原則如下所述：
  - (a) 輸入：若符合 GHGST 系統資料收集原則且資料也都經確認後，即為適合輸入資料庫的資料，可點選此選項納入資料庫內。
  - (b) 待查：列為待查的資料，其內容屬性雖與 GHGST 系統欲收集之資料內容符合，但有些資料或屬性需要進一步查詢、再確認或討論後才能進入資料庫，故先暫存。
  - (c) 存放：列入存放之資料，乃內容雖與 GHG 相關，但與 GHGST 系統目前收集原則尚不符合之資料，例如討論某種行為會增加 GHG，但沒有提到減量策略與技術，雖然這仍與 GHG 相關，針對這種資料可新增資料分類來容納之，但在還沒建立新分類前則先暫時存放。
  - (d) 刪除：經過審查後，若不符合本系統收集原則者，並且與 GHG 之相關性很低，即可刪除之。



圖 11 選擇待審資料頁面

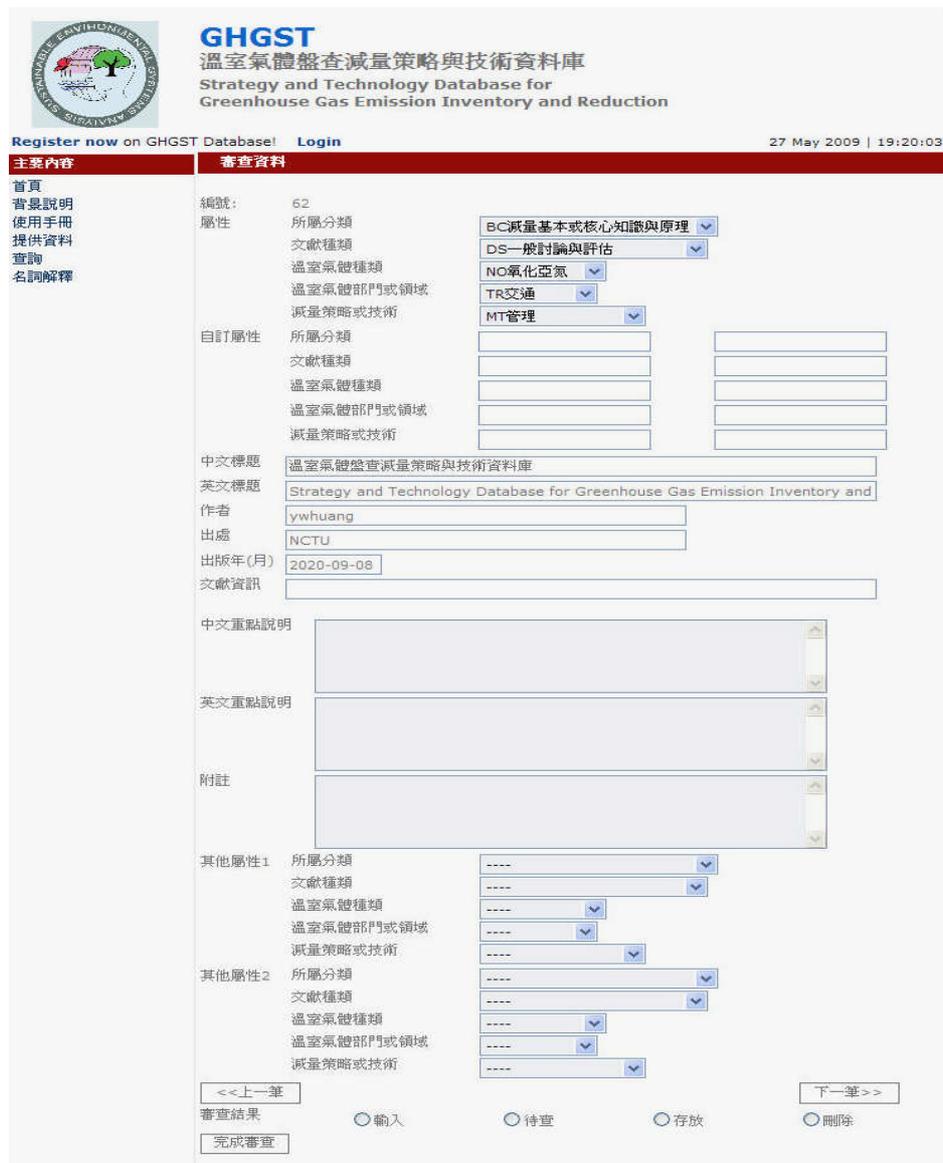


圖 12 審查資料頁面

## (2) 批次處理

由於線上編輯一次只能處理一筆資料，雖然便於散佈各地的使用者，但當要處理大量資料時，效率不佳；為了利於離線一次處理較大批的資料，及便於將資料作批次輸入或修改已存在之資料，本研究因而新增四支與資料批次輸入與修改相關的 php 程式，分別為 Check、Input、Update 與 Clear，以下一一說明之：

(1) Check：此程式主要用於確認欲輸入的資料是否已存在於資料庫中及是否有錯誤。以資料標題(欄位 title\_c 或 title\_e)與作者(欄位 author)作為比對之依據，若確認資料沒有重複，才容許執行後續資料輸入程式。

(2) Input：此程式主要用於輸入資料。該程式主要模擬 CosmoDB 系統資料儲存的動作，將資料儲存於各資料表中，此外，雖 Check 程式已確認資料是否重複，但 Input 程式仍再次確認資料是否重複，以防止資料重複輸入。

(3) Update：上一支程式是針對新資料，而此程式主要用於更新已存在資料庫中的資料。

(4) Clear：此程式主要用於清理資料庫中各相關資料表的內容，讓其回歸至最原始空白的情形，此程式基本上是用於資料庫系統的發展階段，每當測試一陣子，決定作一些重大修正時，若重新更新每筆資料，會較費時，故採用此程式清除內容，再重新批次輸入。

### 3.4.2.3 查詢

如圖 13 所示，GHGST 系統提供兩種資料查詢方式：

(1) 欄位查詢：為讓使用者快速找尋 GHG 減量資料，利用與資料相關的資訊搜尋所需的減量資料，因此設定數個與資料相關的查詢項

目，將欄位查詢作為資料搜尋的基本方式。共有三組查詢欄位，每組包含了文字輸入，查詢項目選擇與查詢項目相關性選擇，查詢項目包含了中英文標題、作者、出處、文獻資訊、附註與中英文重點說明等八項，查詢項目則依據布林邏輯查詢的方式，包含 AND、OR 與 NOT 的選項，另外亦可設定資料出版日期範圍。

(2) 分類查詢：主要是讓使用者可針對所擬搜尋的分類以直接查詢所需資料，分類查詢乃利用本系統所建立之資料主編碼進行查詢，目前主編碼主要提供功能查詢編碼第一分類階層的資料，分別為所屬分類、文獻種類、溫室氣體種類、溫室氣體部門或領域、減量策略或技術等五項查詢所需的資料，各項目內容請參見 3.2.2 節所述的分類原則。至於分類子階層查詢，由於會較複雜，且預期用的不多，故改為在篩選時才提供分類子階層的篩選(請參見下一節)。此外，系統亦提供選項容許搜尋時也包含次編碼。

The screenshot shows the GHGST database search interface. It includes a search section with three rows of input fields for '中文標題', '作者', and '出處', each with a dropdown menu for search operators (AND, OR, NOT) and a search button. Below this is a date range selector set to 'From 2005 01 To 2008 12'. A '分類查詢' (Classification Search) section includes five dropdown menus for '所屬分類', '文獻種類', '溫室氣體種類', '溫室氣體部門或領域', and '減量策略或技術'. At the bottom, there is a radio button option '是否查詢次要編碼?' (Do you want to search for secondary codes?) with '是' (Yes) selected, and '查詢' (Search) and '清除' (Clear) buttons.

圖 13 查詢資料頁面

### 3.4.2.4 篩選

當未來資料量持續增加時，若所找到的資料筆數太多時，則有必要進行篩選，故系統如圖 14 所示，讓使用者可根據查詢的結果，提供以下五個篩選項目作進一步的資料篩選，亦可根據篩選的結果進行再次的篩選：

- (1) 出版年(月)：可讓使用者透過進一步選取資料的年代，以出版年(月)欄位資料縮小資料文獻之範圍。
- (2) 編碼：除了在前一節查詢時可以編碼中第一階層分類做為查詢項目之外，本系統亦利用編碼做為篩選項目，若於查詢階段某一項之編碼屬性進行該屬性編碼第一階層之查詢，則可於該處的編碼項目針對該編碼之分類子階層進行篩選，另外，於該處的編碼項目亦可針對沒有被查詢之編碼屬性作該屬性項目的選擇，除了縮小資料之範圍，更可得到資料屬性更為精確的資料結果。
- (3) 依屬性分類：此項目乃是依編碼屬性將資料查詢結果進行分類，並標示各分類的之資料篇數，讓使用者可看到資料分類分布資訊，然後使用者可勾選其希望進一步查詢的資料，唯須注意的是此部分所勾選的選項與其他篩選項目不同，是以邏輯 OR 運算，而不是 AND 的方式。
- (4) 瀏覽排行：資料瀏覽排行提供資料被查詢的頻率，亦可作為篩選之選項，選擇查詢率較高的資料。
- (5) 意見篇數排行：資料意見篇數排行顯示資料被討論的頻率，使用者亦可據此篩選討論較多的資料。

選擇	篩選項目	篩選內容
<input type="checkbox"/>	出版年(月)	From 2005 01 To 2008 12
<input type="checkbox"/>	編碼	所屬分類: ---- 溫室氣體種類: ---- 溫室氣體部門或領域: ---- 減量策略或技術: ----
<input type="checkbox"/>	依屬性分類 (OR)	所屬分類: <input type="checkbox"/> 減量基本或核心知識與原理(2) <input type="checkbox"/> 全球(1) <input type="checkbox"/> 跨國(1) <input type="checkbox"/> 國家(1) <input type="checkbox"/> 城市(1) <input type="checkbox"/> 企業(2) <input type="checkbox"/> 家庭(1) <input type="checkbox"/> 綠色能源(2) <input type="checkbox"/> 溫室氣體減量技術(1)
		溫室氣體種類: <input type="checkbox"/> 未限定(10)
		溫室氣體部門或領域: <input type="checkbox"/> 氣候變遷(1)
		減量策略或技術: <input type="checkbox"/> 其他(10)
<input type="checkbox"/>	瀏覽排行	<input type="text"/> %
<input type="checkbox"/>	意見篇數排行	<input type="text"/> %

1896  
圖 14 篩選資料頁面

### 3.4.2.5 資料輸出與展示

經過查詢或篩選的資料輸出結果有兩種形式，分別為簡易索引與單筆詳細資訊兩個形式，此外，各資料之討論意見亦可隨資料展示，讓使用者了解討論的內容，以下一一分別說明之：

- (1) 簡易索引：經由查詢或篩選所得資料之簡易索引形式如圖 15 所示，主要顯示資料的標題、作者、出處、出版年(月)與意見，目的為提供使用者該筆資料的基本資訊。若使用者想進一步獲得更詳細的資訊，點選標題欄位之文字即會顯示詳細資訊，意見欄位的數字乃表示該篇資料之使用者意見總篇數，依此做為使用者觀看該篇資料的

一項參考，而點選數字可進入使用者對該篇資料所做之意見頁面，此外使用者亦可以上列項目進行排序，以此作為觀看資料詳細資訊的順序。

The screenshot shows the GHGST (Greenhouse Gas Emission Inventory and Reduction) database interface. The header includes the logo and title: "GHGST 溫室氣體盤查減量策略與技術資料庫 Strategy and Technology Database for Greenhouse Gas Emission Inventory and Reduction". Below the header, there are navigation links like "Register now on GHGST Database!" and "Login", along with a timestamp "22 May 2009 | 19:31:31".

The main content area is divided into two sections: "主要內容" (Main Content) on the left with a sidebar menu (Home, Background, Manual, etc.), and "簡易索引" (Simple Index) on the right. The index section shows search results for the category "BC減量基本或核心知識與原理". It includes a search filter for "中文標題" (Chinese Title) and sorting options like "descending order" and "20" results. The results are displayed in a table with columns: Title, Author, Source, PubDate, and Comment.

Title	Author	Source	PubDate	Comment
From production-based to consumption-based national emission inventories	Peters GP	ECOLOGICAL ECONOMICS, Vol.65(1), p.p.13-23	200803	2
Improving GHG inventories by regional information exchange: a report from Asia	Chisa Umemiya	Carbon Balance and Management, Vol.1(9)	200608	0

Below the table, there is a "refine" button and a "2Hit ( 1 - 2 )" indicator.

圖 15 簡易索引

(2) 單筆資料詳細資訊：若使用者針對某一筆減量資料的內容有興趣，於簡易索引中點選文獻資料的標題，即可進入單筆資料的詳細資訊頁面，以針對該筆資料做進一步地了解，如圖 16 所示，其內容除了於簡易索引中已顯示的項目外，尚包括文獻資訊、附註、中英文簡短說明與中英文摘要等更詳細的資料，已取得 GHG 減量策略或技術的內容。

**GHGST**  
 溫室氣體盤查減量策略與技術資料庫  
 Strategy and Technology Database for  
 Greenhouse Gas Emission Inventory and Reduction

Register now on GHGST Database! Login 25 May 2009 | 17:49:45

**Information | Comment**

**基本資訊**

中文標題: Trigeneration: A new way for landfill gas utilization and its feasibility in Hong Kong  
 英文標題: Trigeneration: A new way for landfill gas utilization and its feasibility in Hong Kong  
 作者: Hao XL, Yang HX, Zhang GQ  
 出處: ENERGY POLICY, Vol.36(10), p.p.3662-3673  
 出版年(月): 200810  
 文獻資訊:  
 附註:  
 英文簡短說明: Hao et al. (2008)指出，若香港地區掩埋場所產生的掩埋廢氣(Landfill Gas, LFG)，利用Trigeneration System作為新型態的LFG使用方式，比傳統方法節約能源且減少GHG  
 中文簡短說明: 0

**詳細資訊**

中文摘要:  
 英文摘要:

圖 16 詳細資訊

(3) 使用者意見：為增進 GHG 減量資料相關資訊的完整性，加強使用者的了解，本系統設有使用者意見提供的功能。於本系統簡易索引中點選文獻資料意見欄位中的數字，即可進入使用者意見頁面，如圖 17 所示，使用者可於此頁面觀看意見或者輸入意見，以取得或提供相關的資訊，此外，本資料庫亦可藉此獲得有用的相關資訊。

**GHGST**  
 溫室氣體盤查減量策略與技術資料庫  
 Strategy and Technology Database for  
 Greenhouse Gas Emission Inventory and Reduction

Register now on GHGST Database! Login 28 May 2009 | 14:43:54

**主要內容**

- ▶ 首頁
- ▶ 背景說明
- ▶ 使用手冊
- ▶ 提供資料
- ▶ 查詢
- ▶ 名詞解釋

Title: **From production-based to consumption-based national emission inventories**  
 Author: Peters GP  
 Source: ECOLOGICAL ECONOMICS, Vol.65(1), p.p.13-23  
 PubDate: 200803

Oldest first | Thread mode

Comment

Guest 2009-05-21 15:58	From production-based to consumption-based national emission inventories HELLO~~TEST
------------------------------	---

Oldest first | Thread mode

圖 17 使用者意見頁面

## 第四章 減量策略與技術之基本或核心知識、原理

本章主要說明與 GHG 減量相關的重要性，以及減量策略與技術的基本或核心知識與原理，依據目前所收集之資料文獻，主要分為氣候變遷的影響與衝擊、GHG 盤查分析與減量策略與技術制訂與使用等三部分。本章主要分為總體概述、與資料內容整理與分析與小結三個部分。

### 4.1 總體概述

表 2 為本研究所收集的 GHG 策略與技術之基本或核心知識、原理概述，並分為氣候變遷的影響與衝擊、GHG 盤查分析與減量策略與技術制訂與使用等整理資料。

表 2 減量策略與技術之基本或核心知識、原理概述

項目	資料內容概述
氣候變遷的影響與衝擊	主要內容為 GHG 排放所造成之持續性影響。
GHG 盤查分析	主要內容包括以消費為導向的國家排放清冊與區域性 GHG 盤查清冊資訊交換等 GHG 盤查分析。
減量策略與技術制訂與使用	主要內容為制定減量策略所需考量的因素，包括短期獎勵式策略、策略與技術影響因子、減量策略之成本有效性與非 CO <sub>2</sub> GHG 於策略制定之重要性等。

### 4.2 資料內容整理與分析

#### 4.2.1 氣候變遷的影響與衝擊

此部分所收集的資料主要為針對過度GHG排放對於氣候變遷的影響與衝擊，其內容如下所述：

(1) GHG之持續性影響：Solomon et al. (2008) 指出即使停止CO<sub>2</sub>排放，雖會使CO<sub>2</sub>濃度逐漸下降，降低輻射影響，但因海水表面吸熱後，會與深層海水進行混合，因此會降低海洋持續吸熱冷卻大氣之效果，故CO<sub>2</sub>排放所造成的氣候變遷仍會持續1000年之久，另外若21世紀CO<sub>2</sub>的濃度達到600ppm，海平面至少會上升0.4-1m。MacCracken (2008)指出目前全球平均溫度已較工業化時期高出0.8 °C，若GHG的排放持續增加，若GHG的排放持續增加，大氣溫度每十年會以0.2 °C速度持續上升。

#### 4.2.2 GHG 盤查分析

此部分所收集的資料主要為針對 GHG 的盤查所進行的分析，其內容如下所述：

- (1) 以消費為依據的國家排放清冊：Peters (2008)指出UNFCCC要求國家交出國家盤查清冊(National Emission Inventories, NEI)，但未將進口行為納入會導致低估，以消費為依據的NEI改變系統邊界，將進口納入但不考慮出口，有助於區別減量承諾及選擇減量策略，但是因系統邊界較大，執行時會遇到較多阻礙。
- (2) 區域性GHG盤查清冊資訊交換：根據 Umemiya (2006)，於2003年起每年進行亞洲地區GHG排放清冊統整，利用區域性的資訊交換，提供排放清冊所面對的共同議題與限制，以增進排放清冊的功用，包括專屬於亞洲地區的排放源、排放機制與技術的使用，另外協助了解目前的國家現況。

#### 4.2.3 減量策略與技術制訂與使用

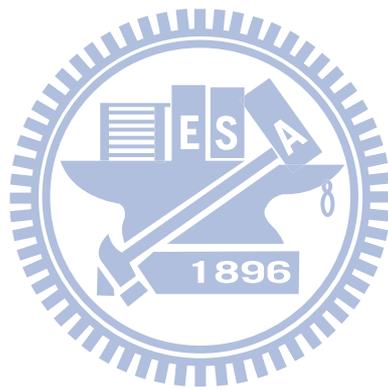
此部分所收集的資料主要為制訂與使用GHG減量策略與技術所需考慮的因素，其內容如下所述：

- (1) 短期獎勵式策略：González (2008)指出在某些情形下，短期GHG減量策略具成本效益，但長時間不見得具相同益處，例如一些以獎勵式減量策略，雖可增加使用低成本減量技術，但不能吸引採用高成本減量技術，因而有必要輔以可降低動態成本的策略。
- (2) 策略與技術影響因子：Winkler et al. (2007)指出，”mitigative capacity”為降低GHG或加強自然碳匯的能力，影響因子有三項：經濟、制度與技術，經濟因子包括收益、減量成本與機會成本，而減量成本影響能否將”mitigative capacity”轉換為實際之GHG減量；制度乃政府影響力與所規定的市場規則等；而技術乃環境友善技術與發展創新技術能力。
- (a) 減量策略之成本有效性：Duval (2008)以三個成本有效性標準評估GHG減量策略，一為靜態效能(static efficiency)，不只評估其成本有效性，並了解是否提供適當動機以受到廣泛採用；二為動態效能(dynamic efficiency)，包括新制度的效能成本與清淨技術的普遍性，以降低未來的減量成本；三為是否能夠有效地應付氣候與經濟的不確定性。
- (3) 非CO<sub>2</sub> GHG於策略制定之重要性：根據Reilly et al.(2004)指出，降低非CO<sub>2</sub> GHG的排放對於經濟發展所造成的威脅較小，並促使開發中國家加入GHG降低行動，彌補限制CO<sub>2</sub>排放所造成之缺失。

### 4.3 小結

由於持續排放GHG會造成地球溫度與海平面上升等影響，且因為GHG排放具有長期性效應，所造成的影響亦為深遠。在進行GHG減量前，可透過GHG排放量的盤查，以了解所應因應的減量策略與技術等；為了降低GHG的排放，須制定與GHG減量相關的策略與使用適宜的技術，而減量策

略與技術的制定與使用，會受到經濟、制度與技術等因子影響，其中降低非CO<sub>2</sub>的GHG排放對經濟衝擊較小。



## 第五章 全球與跨國溫室氣體減量策略與技術

本章主要說明目前全球或跨國等國際上的 GHG 減量策略與技術，依據目前所收集之資料文獻，主要分為國際趨勢與衝擊效益分析、國際公約與協定、國際減量機制與減量責任分配等四項。並將本章分為總體概述、資料內容整理與分析以及小結三個部分。

### 5.1 總體概述

表 3 為本研究針對全球與跨國 GHG 減量所收集的策略與技術內容概述，分為國際趨勢與衝擊效益分析、國際公約與協定、國際減量機制減量責任分配與其他跨國性 GHG 減量等五類整理資料。

表 3 全球與跨國 GHG 減量策略與技術概述

類別	資料內容概述
國際趨勢與 效益分析	為開發中國家參與 GHG 減量的趨勢。
國際公約與協定	為氣候變化綱要公約與京都議定書;亞太潔淨發展與氣候合作夥伴計畫、歐洲氣候變遷計畫;其他與森林相關的區域性國際協定;亦包括研究中或建議性的國際公約與協定,包括技術導向的減量協定、行動目標、GHG 減量策略與碳稅為基礎之國際協定等。
國際減量機制	為清潔發展機制、排放交易與永續發展與氣候資金援助機制。
減量責任分配	為減量責任之分配,如 Triptych Approach, 以及 GHG 減量分配所需考慮的因素等。
其他跨國性 GHG 減量	為 OECD 與 WTO 對 GHG 減量所採取的行動。

## 5.2 資料內容整理與分析

### 5.2.1 國際趨勢與衝擊效益分析

此部分內容主要為國際上進行 GHG 減量的趨勢衝擊效益分析，其內容如下所述：

開發中國家認為氣候變遷乃是因過去已開發國家所排放 GHG 所造成，因此須負起 GHG 減量之主要責任，但未來之 GHG 減量之成本，將主要發生在開發中國家，此乃由於在這些國家中執行的減量方案成本較低，成本效益較高。根據 Halsnas et al. (2005) 分析，開發中國家加入國際間之減量方案，可大幅降低減量成本，另外執行減量策略之開發中國家可間接獲得社會利益，約相當於執行策略所需的成本，依據所得之間接效益，可擴展未來 GHG 減量協定。而根據 Forsyth (2007)，未來開發中國家的氣候變遷策略，內容除了必須具備技術轉移，亦有必要形成發展紅利 (development dividend)，乃針對 CDM 計畫的國際碳市場找出 GHG 減量的顯著利益，為此建立跨部門的合作關係，如投資者、市政當局與市民，以達此目的並降低所需成本。

為了更有效地進行 GHG 減量，有必要對排放限制作出承諾，Winkler et al. (2006) 指出非附件一國家應有量化承諾，並在現有限制體制外採用這些承諾，其依照減量的責任、能力與潛力，分為 newly industrialized countries (NICs)、rapidly industrializing countries (RIDCs)、least developed countries (LDCs) 與其他開發中國家，但指出定量減量責任對於 LDCs 與其他開發中國家而言較不正當。

### 5.2.2 國際公約與協定

此部分的主要為國際上已進行、建議或研究中與 GHG 減量相關的公約與協定，內容如下所述：

(1) 全球性國際公約與協定：

(a) 氣候變化綱要公約(Framework Convention on Climate Change, UNFCCC)：UNFCCC 主要由 OECD 國家、JUSSCANNZ 集團、歐洲聯盟(European Union, EU)、77 國集團與中國(Group of 77 and China, G77/China)、島國聯盟(The Alliance of Small Island States, AOSIS)、石油輸出國家(OPEC)、中美洲國家集團與非洲國家集團所組成，目的乃個別或共同地將二氧化碳或蒙特婁議定書中的人為 GHG 排放，回復為 1990 年的排放水準，將經濟情況納入其中，採經濟有效與最低成本的 GHG 減量措施 (UNFCCC, 1994)；簽署此公約之締約國家中，公約附件一的締約方，需繳交其預測或執行減量措施後的 GHG 排放，以利締約方審查與修正；附件二國家應資付資金給予開發中國家，或透過技術的轉移等，並要考慮最不發達國家的具體需求與情況，以利其進行 GHG 減量；而非附件一與非附件二的會員國家，需繳交國內之 GHG 盤查資料，並敘述國內情況以及減量措施的初步描述等；此外，公約制定具法律約束的議定書 (UNFCCC, 1997)，設立因應氣候變遷、技術轉移與協助低開發中國家進行 GHG 減量等的基金(UNFCCC, 2001)、以及建立國家間執行 GHG 減量的規範，如京都機制與技術轉移等(UNFCCC, 2002)。

(b) 京都議定書(Kyoto Protocol)：除延續氣候變化綱要公約的精神，建議加強與經濟相關的能源效率、透過森林管理、運輸部門與其他有關部門減少或限制蒙特婁議定書中人為與管制 GHG 排放、使用不影響氣候的農業措施、進行創新技術的研發、亦可透過經濟刺激或市場手段，運用於難以進行 GHG 減量的部門，議訂書中規定締約國附件一國家於 2008-2012 年應比 1990 年的排放水準減少 5%，另外針對締約國間所進行之 GHG 減量轉讓，需取得相關締約方之批准等規定，不過，大部分國家均未達到議定書所要求的標準。並即將

在 2009 年 12 月於丹麥哥本哈根舉辦的第十五屆京都議定書締約方會議，將針對 2012 年後全球對於 GHG 減量的安排與合作進行討論並達成新的共識(UNFCCC, 2008)。

(2) 區域性國際公約與協定：

(a) 亞太潔淨發展與氣候合作夥伴計畫(Asia Pacific Partnership on Clean Development and Climate, AP6)：AP6 為美國、澳洲、中國、日本、韓國與印度等六個國家於 2005 年 7 月共同成立之自願性跨國組織，不設立強制性之減量目標，透過雙邊或多邊之合作，發展並運用符合成本之綠色能源以達到 GHG 減量之目標。依據 McGee et al.(2006) 針對 AP6 計畫之分析，未來若有更多國家參與此計畫，則將使其更具競爭力，而其在短期內對國際氣候變遷策略之影響，將視其如何導引未來京都議定書談判與協議之方向。

(b) 歐洲氣候變遷計劃(European Climate Change Programme, ECCP)：ECCP 乃歐盟(EU, 2008)用以準備更長遠氣候策略之主要工具，並確認、發展與執行所有必須執行之 EU 策略，以履行京都議定書，歐盟溫室氣體排放交易方案(European Union Greenhouse Gas Emission Trading Scheme, EU ETS)即是該計畫下所促成，ECCP 於 2000 年開始施行，於 2005 年底實施 ECCP II。

(c) 與森林相關的合作協定：

(i) 森林碳夥伴協定(Forest Carbon Partnership)：澳洲政府(Australia Government, 2008)分別於 2008 年 3 月與 6 月與巴布亞新幾內亞與印尼簽署森林碳夥伴協定，將協助兩國降低森林砍伐或破壞，以避免因減少碳匯容積而增加 GHG，雙方並承諾於未來之國際碳市場建立夥伴關係，但未提及減碳額度將如何分配。

(ii)降低森林砍伐之 GHG 排放：一項由開發中國家所提出，名為降低森林砍伐之 GHG 排放(Reducing emissions from deforestation, RED) (UNFCCC, 2005)，有時亦包含避免森林衰頹(Avoiding forest degradation)，亦稱為 REDD 的提議策略，自願性參與，需計算森林砍伐所造成的 GHG 排放，開發中國家可因降低排放而得到已開發國家的補償(Olander et al. ,2007)。

(3) 研究或建議性國際公約與協定：

(a) 技術導向的減量協定(Technology-oriented Agreements, TOAs)：

Coninck et al. (2008)指出 TOAs 包括技術轉移以及與技術相關的策略，其可增進國際合作的整體效率與影響性，但是其環境影響性可能受到限制，另外指出成功的 TOAs 有賴於其設計、執行與其在其他策略方針中所預期扮演的角色。

(b) 行動目標(Action Target) GHG 減量策略：根據 Baumert et al.

(2006)，Action target 不同於京都議定書中制定未來所需達到的 GHG 排放水準，其乃協議出各參與國所需減少之排放水準，並預估行動期間其未執行任何減量措施之可能 GHG 排放，以此為所所需削減之 GHG 排放量，而分析指出其可促進預期開發中國家參與國際氣候制度之廣度與深度。

(c) 以碳稅為基礎之國際協定：Kahn et al. (2006)建議以碳稅為 GHG 減量協定之基礎，針對開發與已開發國家，建立具經濟刺激性的碳稅系統，可用於非能源碳排放，因具有刺激開發中國家限制其 GHG 排放成長之潛勢，不需刻意規定 GHG 排放值，同時刺激上述國家持續其未來之減量工作，並解決兩者間減量公平性之問題。

### 5.2.3 國際減量機制

此部分主要為國際上進行 GHG 減量時，可以促進減量措施進行的相關機制，內容如下所述：

(1) 清潔發展機制(Clean Development Mechanism, CDM)：CDM 為京都議定書下，允許已開發國家以技術或資金協助開發中國家進行 GHG 減量，以滿足該國的減量要求，主要有五種方式：(A)單邊(Uni-lateral)CDM 是指只需要地主國提出計畫並投資，且經驗證後即可將排放量(Certified Emission Reduction, CERs)直接賣給已開發國家；(B)雙邊(Bilateral)CDM 除了附件一與非附件一國家之參與，只需地主國之批准，亦允許國際企業參與，執行上較單純且可靈活運用投資資金；(C)多邊 CDM 則是附件一國家透過第三者單位(如世界銀行)，經由該單位提供資金給予開發中國家進行減量計畫，而後再將所獲得之 CERs 交予投資者；(D)共同基金乃藉由財團法人、多邊開發銀行、國際團體或計畫地主國，藉由合資降低投資風險；(E)混合 CDM 乃混和單邊、雙邊與共同基金之特點，並定期舉行 CERs 拍賣市場。Michaelowa (2007)指出單邊之 CDM 對開發中國家在面對國外投資者高額外報酬率之要求時較具吸引力，且相對於國外投資可降低執行時之成本，但技術的轉移可能因此降低，且開發中國家須有能力執行計畫。

(2) 碳排放交易(Emission Trade, ET):ET 是指在總量管制前提下，分配排放者允許之排放量，透過市場交易達到 GHG 減量，由於 GHG 減量利益為公共財，為避免公共財供給不足，以及不勞而獲地取得公共財的情況發生，因而將參與國際排放交易市場與其國內之 GHG 減量做連結，並確保參與的開發中國家不損其經濟發展(Viguier, 2004)。

(a) 短生命週期與長生命週期 GHG 交易：Johansson et al. (2008)分析，當設定溫度目標時，短生命週期(short-lived) GHG-CH<sub>4</sub> 與長生命週期

- (long-lived) GHG-CO<sub>2</sub> 間的成本有效性交易，結果指出，當不確定性增加時，相對於 CO<sub>2</sub>，該狀況可增加 CH<sub>4</sub> 短期內之成本有效性價值。
- (b) 碳排放交易策略調整：Rehdanz et al. (2005) 指出利用排放交易機制雖有益處，但會使賣出國降低其排放目標，且販售更多的排放許可，並降低所需成本，降低買入國的環境品質，因此透過關稅(tariff)、折現率(discount)與配額(quota)等市場調整手段，促使賣出國接受比預期更嚴格之減量目標，避免買入國日後產生不良之後果。
- (3) 永續發展與氣候資金援助機制(Sustainable Development and Climate Finance Mechanism, SDCFM)：Halsnas et al. (2008)建議並分析替代性的國際合作機制，如何支持開發中國家的氣候變遷策略，其中 SDCFM 以資金援助的方式，支持國家間 GHG 減量交易的合作，並納入自願登入系統，而非透過國際律法與責任要求 GHG 之減量，且透過 UNFCCC 積極地管理與審查以確保開放與可負責之系統。

#### 5.2.4 減量責任分配

此部分的內容主要為國際上進行 GHG 減量合作時，所能夠選用的減量責任分配方式，內容如下所述：

- (1) Triptych Approach：Triptych Approach 依據技術準則(technological criteria)，為國際 GHG 減量制度的基礎，並考量各個減量部門，所作之減量分配方法，根據 Elzen et al. (2008)所做之分析，此法支持開發中國家朝永續的方式發展其經濟，而給予已開發國家更為明確的指示，說明開發中國家參與減量的時機及如何參與。
- (2) GHG 減量分擔協定(Burden Sharing Agreements, BSA)：Weikard et al. (2006)依據不同的減量分配方式，針對合作聯盟的穩定性進行分析，發現穩定性的合作聯盟，是由具備低邊際減量成本的區域所組成，而其中較為成功的減量分配方式，為依據現行的排放量作比例分配；另外根據

Jacoby et al (2008)針對各種減量分擔的法則，進行必要之財務轉移分析，發現全球性 GHG 總量管理系統中，由於收入(income)的作用，減量分配法則的選擇影響減量作業的執行，與所須支付的排放價格，在公平原則下，如果開發中國家所須支付的減量成本受到充分補償，會使已開發國家所需支出的社會福利支出(welfare costs)，由 2020 年之 2%增加為 2050 年之 10%。

### 5.2.5 其他跨國性 GHG 減量

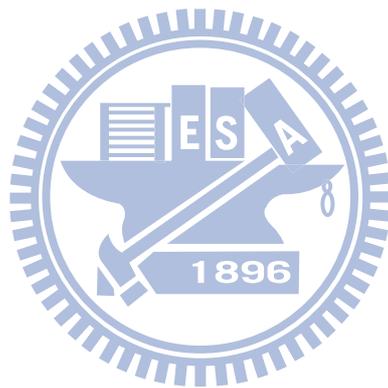
此部分的內容主要為其他跨國性的 GHG 減量措施，內容如下所述：

- (1) 總量控制與交易 (cap-and-trade)：OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development, 2008)提到可利用價格手段以降低 GHG 的排放，並認為其中的總量控制與交易可確保 GHG 排放總量、且碳權擁有者可在較佳時機將碳權賣出、並可依不同的方式與數量賣給買方，另外其可運用於多個層級，包括運用於跨部門、單一部門、國家內或國家間。
- (2) 降低節能商品與服務關稅：WTO (World Trade Organization) 的 Doha 回合貿易與環境議題談判中提及，針對環境性商品與服務，包括如風能裝置等與 GHG 減量相關的商品，可降低或免除其關稅的需求與非關稅的阻礙，以促進其在全球市場上更具效能、更具多樣性、以及價格較便宜 (WTO, 2009)。

## 5.3 小結

全球性 GHG 減量協定除了以京都議定書為主要依循架構外，亦有其他跨國或多國性的減量協定，例如歐洲氣候變遷計畫以 EU 區域經濟體進行減量合作；或依據特定的 GHG 減量措施，如森林碳夥伴協定等；或是以減量技術為導向之亞太潔淨發展與氣候合作夥伴計畫等。而國際上的跨

國組織如 OECD 與 WTO 等，亦已將 GHG 減量視為重要議題，展開相關的減量行動。GHG 減量責任的分擔方式，可能造成經濟方面與公平性之問題，並影響國家進行 GHG 的減量行動，故為 GHGST 重要之議題。而其他研究者為增進各國參與減量行動之廣度與深度，乃針對 GHG 減量提出建議性的協定，例如以碳稅為基礎的減量協定，可用於非能源碳排放，且不需刻意規定 GHG 排放值，及可鼓勵開發中國家持續減量。另一方面，在各國進行 GHG 減量時，可透過市場機制，如 CDM 與 ET 等，降低減量限制並加強 GHG 減量及鼓勵其他國家參與。



## 第六章 國家溫室氣體減量策略與技術

本章主要說明國家所可採用減量策略與技術。依我國之國家溫室氣體盤查清冊(環保署, 94)，其將部門分類為能源、工業製程、農業、廢棄物、土地利用變化與森林，雖然 IPCC(2006)的盤查分類將交通運輸列於能源部門中，但是考慮 GHG 排放特性，以及國際能源總署(International Energy Agency, IEA)會員國德國之減量措施分類(IEA, 2002)，將交通運輸與住商部門(Residential/Commercial sector)均獨立討論，故將交通獨立為一類，由於國內住商混合並沒有明顯獨立，加上國內亦正積極推廣綠建築中，故將住商改為建築類，故本章最後分為能源、工業、農業、土地利用變化與森林、廢棄物、交通與建築與等七類討論，以下首先作總體性的概述，之後說明各子分類資料內容整理與分析內容與小結。

### 6.1 總體概述

表 4 為本研究針對國家 GHG 減量所收集的策略與技術內容概述，並分為能源、工業、農業、土地利用變化與森林、交通、建築與廢棄物等七個部門整理資料。

表 4 國家 GHG 減量策略與技術概述

部門	資料內容概述
能源	包括碳稅、能源稅與推廣能源效率標章等鼓勵使用低碳 GHG 能源。
工業	以獎勵、補助與徵稅等方式鼓勵 GHG 減量，或以總量管理措施限制 GHG 排放。
農業	該部門可藉由轉換農地的耕作型態，例如休耕、無耕、有機農業與淺淹等，以防止碳的排放，或有效利用土地以種植能源作物，以及有效利用農業廢棄物等方式減少 GHG。

土地利 用變化 與森林	包括森林保護與管理，依本研究所收集到的資料，其可結合清潔發展機制或其他的減量措施，或是藉由獎勵的措施降低 GHG 排放。
交通	主要包括公共運輸、低碳能源、低 GHG 排放運具與節能駕駛型態等。
建築	包括評估建材 GHG 排放與制訂建築物的能源效率等，設計節能建物，或是建物裝置高效能的能源供應系統等。
廢棄物	主要包括將廢棄物其轉換為其他能源形式，或是在處理廢棄物時利用可降低 GHG 排放的技術，以達到減排的目標。

## 6.2 資料內容整理與分析

### 6.2.1 能源

國家能源部門類的 GHG 減量資料，除了是針對能源的使用所進行的減量措施，其所取得的能源或 GHG 減量效益，主要針對國家之整體性進行分析，本研究於該分類中所收集之資料分述如下：

#### 策略

- (1) 生質能源推廣政策比較：Thornley et al. (2008) 比較德、義、英與瑞典等國所執行之政策進行分析，包括固定價格(fixed price)、徵稅、投資補貼、綠色驗證(green certifications)。
- (2) 能源效率標章：Sanchez et al.(2008)分析美國施行能源之星(Energy Star)計畫的成效，該計畫於 2007-2015 年預期可省下 12.8EJ 的能源使用，並降低 203 Tg -eCO<sub>2</sub> 的排放量。
- (3) 徵收能源稅或碳稅：Vehmas(2005)分析芬蘭 1990-2003 徵收能源稅情形，含依燃料與使用對象之免稅或稅率調整，指出不會增加企業太多負擔，不影響企業競爭力，且以企業為徵收對象能提高該策略之有效

性；Voorspools et al.(2005)針對比利時徵收碳稅與能源稅之分析，碳稅能夠刺激轉向較低碳排放發電方式之利用，且指出 2000 年之碳稅 13EURO/t-eCO<sub>2</sub> 表現最佳，可降低 13%與發電相關之 GHG 排放，而更高之碳稅價格則不會產生更多之 GHG 減量；Shrestha et al.(2008)分析泰國在 2013-2050 不同碳稅徵收情境下與 BAU 比較，所得結果指出 70%之減量來自發電廠。Szargut et al. (2008)指出在採礦與燃料以及運輸燃料課徵 pro-ecological tax，且應依非再生能源之放射本能 (natural exergy) 比例徵稅，並取代消費稅，最終的賦稅族群為消費者，以此刺激綠色能源使用。

## 6.2.2 工業

國家工業部門類的 GHG 減量資料，其內容乃國家針對工業部門進行 GHG 減量時可實施的適用措施，本研究所收集的相關資料如下所述：

### 盤查與效益分析

- (1) 工業 GHG 減量自願協議(Voluntary Agreements)：乃政府與需實現具體環境政策目標的工業單位所達成的協議(Price, 2005；2008)，鼓勵參與的機制分為三種：(a) 完全自願；(b) 以未來的減量措施或能源/GHG 排放等稅收；(c) 以現行能源/GHG 排放等稅收或其他嚴格的減量措施促使參與。此協議是一種 Target-setting Agreement 或 Negotiated Agreement，包含目標設定程序、能源節約技術鑑定、能源效率審核、節約能源行動方案發展、鼓勵與支持策略的發展、目標發展監測以及計劃評估等。

### 策略

- (1) 徵稅：Ai-Mansour (2003)依據現行可行能源效率技術，分析斯洛維尼亞工業部門現行的能源效率提升政策與再加徵稅的比較，指出 1997 至

2020 年，現行策略之 GHG 排放將增加 2%，而強效化之策略將使 GHG 排放降低 7.8%。

- (2) 基於負載(Load-based, LB)的總量管理：Gillenwater et al. (2009)指出美國已有數個州考慮執行此計畫以降低電力業 GHG 排放，減量責任在於提供服務單位(Load Serving Entities, LSEs)，不同於傳統基於排放源(Source-based, SB)的總量管理，LB 系統可降低排放漏損量的問題，唯 LSEs 未考量電力交易產生之排放量，且如何分配排放量給每一個 LSEs 仍是主要問題。

### 6.2.3 農業

國家農業部門類的 GHG 減量資料，其內容為利用與農業相關的活動、產品等進行 GHG 減量，且其減量效益亦針對國家之整體性進行分析，本研究收集的相關資料如下所述：

#### 盤查與效益分析

- (1) 休耕(set-aside)：

(a) 易蝕地休耕：Sperow (2007)分析美國易蝕農作休耕的成本，平均成本為 US\$288/Mg C，在 21.9 Mha 之易蝕休耕地上，共可吸收 10 Tg C/yr。

(b) 休耕與生質能作物比較：一般研究認為生質燃料取代石化燃料可降低 GHG 排放，但 Pinheiro et al. (2009)指出相關研究缺乏將原土地利用如何影響土壤碳含量納入考量，因此分析北美以不同土地利用所生產的生質乙醇，比較降低 GHG 排放措施的有效性與經濟性，並將其與達到相同 GHG 減量值的土地休耕計畫比較，發現在相同土地上進行休耕，土壤碳吸存比起種植能源作物並產生生質燃料的成效佳，相同成效可維持 40 年，另外指出，若可進行商業化，生質燃料若產於休耕地對於 GHG 減量為最有效的措施。

(c) 煤碳地(peatland)休耕: Lehtonen et al. (2006)分析若芬蘭停止於其境內泥炭地之農業活動，可降低其農業部門 10%以上的碳排放，至於因此而減少的收入對於國家或區域性影響不大，且若允許生長常年生的牧草，僅限制一年生的作物栽植，則減少的收入不多。

## 策略

(1) 廢耕地改種能源作物：廢耕地或原來之牧草地種植能源作物，具有碳隔離與碳中和之功能。且根據 Dendoncker et al.(2004)，種植能源作物每年具有 96.2Gg C 之吸存能力，另外 Styles et al. (2007)亦指出可取代傳統能源，降低 GHG 排放約 7671-34,187kg -eCO<sub>2</sub>/ha · a。

(2) 農作地種植方式：包括

(a) 無耕與有機農業：採用無耕與有機農業，由於增加土壤隔離碳的能力，因而可減少二氧化碳的排放(Dendoncker et al, 2004)。Harada et al.(2007)分析無耕系統利用於稻米耕地之減量潛力，並考慮農作期間所需之燃料使用，共可降低 1,783 kg-eCO<sub>2</sub>/ha 排放。

(b) 淺淹(Shallow Flooding)：根據 Li et al.(2006)分析中國稻田種植管理，其中 shallow flooding 可使大氣中更多氧氣進入土壤中，減少甲烷之產生而降低 GHG，此外可節約農業水與增加農作產量。

(3) 以農業原料取代傳統燃料：Smith et al.(2008)分析於農業部門利用農業原料取代石化燃料的使用，例如作物殘渣、糞肥與能源作物，分別可降低 640、2240 與 16 000 Mt-eCO<sub>2</sub>/ yr，而所需成本為 0-20、0-50 與 0-100 US\$ /t-eCO<sub>2</sub>。

## 技術

(1) 牲畜糞肥能源轉換：Cuellar et al.(2008)針對牲畜糞肥利用厭氧消化的方式轉換為可利用之甲烷氣的技術分析其轉換潛力占美國全年能源消耗量的 1%，而將甲烷轉換為電能，其發電量占美國全年用電消耗之

2.4+/-0.6%，且降低 3.9+/-2.3% 全美國因用電而排放之 GHG。Ghafoori et al.(2006)分析將北美牛隻飼育場的糞肥轉換為電能，與傳統發電方式比較，可較低 880 kg-eCO<sub>2</sub>/MWh 排放。

- (2) 作物殘渣能源轉化：Remjeawon (2008)針對模里西斯將甘蔗殘渣轉換為電能分析，與使用石化燃料情況比較可降低 15% eCO<sub>2</sub>之產生，但該技術需要大量的用水，以及因為農藥的使用，而造成水質優養化。
- (3) 以穀粒取代石油生產高分子聚合物：Kim et al.(2008)以穀粒生產產生聚羥基丁酯(polyhydroxybutyrate, PHB)高分子聚合物，並與以石油產生比較，發現能降低 2.3kg-eCO<sub>2</sub>/kg 排放。

#### 6.2.4 土地利用變化與森林

土地利用變化與森林部門的 GHG 減量，包括透過其境內土地利用型態轉變或森林保護等方式達到 GHG 減量的目標，本研究所收集的資料如下所述：

##### 盤查與效益分析

- (1) 森林 CDM：Teixeira et al. (2006)分析 CDM 中的 Land Use and Land Use Change and Forestry (LULUCF)方案如何成為巴西北部與東北部低開發區永續發展策略的基礎，其中的 CDM A/R (Afforestation and reforestation) 方案具有促進森林與土壤資源永續利用的潛力，另外同時滿足當地社區的需求與承諾，能有效管理所發行 CER 之相關風險，及得到國家強力支持。Locatelli et al. (2006)分析 modalities and procedures, 方式於小規模 CDM 活動，預估可降低之 GHG 少於 8 kt-eCO<sub>2</sub>/yr，實用性不佳，結果指出雖然降低交易成本，但即使在最好假設下，小規模方案若減量不足 8 kt-eCO<sub>2</sub>/yr，則不具效益。
- (2) 土地利用獎勵：Pattanayak et al. (2005)的研究分析指出若美國利用 t-eCO<sub>2</sub> 為獎勵金單位，給付地主以降低 GHG 排放，或透過農業或土地

利用隔離 GHG，結果顯示其可促進農地轉換為森林地，並預估總體可改善國家水體水質約 2%。

- (3) 森林管理與生質能源結合運用：Jong et al (2007) 針對墨西哥境內森林部門的 GHG 減量，進行橡樹保護以及橡樹保護與生質能源的情境分析，並研究森林管理與利用策略以比較 20 年後 GHG 減量潛勢，發現橡樹保護與生質能源的減量潛勢較佳，為 21.6 -42.9 t C/ha，且生質能源的情境下具 1.36 t C/ha/yr 減量效益，而橡樹保護在 40 年後則會停止碳的累積。

## 6.2.5 交通

此部門所收集的資料為國家交通部門所適用的 GHG 減量措施，有關此部門所收集的資料如下所述：

### 策略

- (1) 低 GHG 交通工具成本分析：根據 Wright et al.(2005) 針對運輸部門可以施行之減量策略比較，以哥倫比亞為例，以使用不同燃料(如氫能)來減 GHG 量，所需成本為 US\$148-3500/t-eCO<sub>2</sub>，而使用大眾運輸或非機械化(non-motorized)方式可排放較低 GHG，所需之成本亦較低，為 US\$14-66/t-eCO<sub>2</sub>。
- (2) 發展公共運輸系統：例如 Han et al.(2008) 以中國做為開發中國家的例子，分析加速鐵路運輸網之發展以減緩高速公路運輸網之擴建，有效降低 GHG 排放。
- (3) 使用替代燃料：使用替代燃料，例如 Pongthanaisawan et al.(2006) 以泰國為例，分析壓縮天然氣(Compressed Natural Gas, GNG)取代傳統燃料對降低 GHG 排放的可能效益，其分析結果與 BAU 情境相比，顯示到 2020 年可降低交通部門 14.5% eCO<sub>2</sub>。而 Reynolds et al.(2008) 同樣針對

GNG 為替代燃料分析，若沒有考慮膠體之排放，則會增加 30% eCO<sub>2</sub> 排放，反之，減少 10% eCO<sub>2</sub> 排放。

(4) Eco-driving：Zarkadoula, et al. (2007) 評估希臘藉由改變公車司機駕駛習慣所得之效益，每年將可節省 10% 之柴油。

(5) 行動管理(Mobility Managemnet)：Litman (2005) 分析四個與交通運輸相關之策略，發現行動管理策略可相對地降低行使里程，帶來與行使里程相關之利益。

## 技術

### (1) 氫能運具

(a) 氫能火車：Haseli et al.(2008) 比較採用不同動力的火車，發現以風能產生氫氣且結合 copper-chlorine cycle 技術的 PEM 燃料電池火車比柴油或電氣火車約可降低 9% eCO<sub>2</sub>。

(b) 氫能汽車：Colella et al.(2005) 分析美國氫能汽車，天然氣氫能汽車雖然在產生氫氣時可能有 1% 之天然氣外洩，但與石化燃料汽車比較仍可降低 14% eCO<sub>2</sub>；根據 Huang et al.(2006) 針對中國上海氫能汽車所做之分析，氫氣來源為天然氣之氫能汽車具有較高之能源效率，亦可降低 GHG 排放與其他污染物，如 VOCs、NO<sub>x</sub> 等；Granovskii et al. (2006) 比較用石油與綠色能源的汽車，以天然氣為氫能來源者效率高出 25-30%，另外以風能電解水產氫之質子交換膜燃料電池(Proton exchange membrane fuel cell ,PEMFC) 汽車，產生最低之 GHG 排放；Felder et al. (2008) 則針對太陽氫能汽車分析，與傳統技術比較可減少 10 倍之傳統能源使用，且減少 70% GHG 排放。

(c) 氫能公車：Folkesson et al. (2003) 將瑞典 Scania 混合燃料電池概念性公車進行實際測試並分析，與標準型 Scania 公車比較減少 42-48%

之燃料使用，並可藉由制動能量回收控制(regeneration braking)可省下 28%之能源使用。

## 6.2.6 建築

此部門所收集的資料為國家建築部門所適用的 GHG 減量措施，本研究收集的減量措施如下所述：

### 盤查與效益分析

- (1) 建材回收效益：Vieira et al.(2008)針對美國建築材料回收所做之分析，將拆解建築之水泥回收率由 27%增加為 50%，可促進 2-3% eCO<sub>2</sub>之減量，約為 2.7-5.6 Mt-eCO<sub>2</sub>。

### 策略

- (1) 建築能源效率標籤：Eang et al. (2008)說明新加坡所執行的 Building energy Efficiency Labeling Programme，主要針對辦公大樓實施，能源使用效能在全國前 25%、維持良好的室內環境同時對不同之系統維持良好使用成效即可得到該能源效率標籤，能源使用強度需降低為 178 kWh/m<sup>2</sup>，該計畫建立基本評比資料庫及採用獨立的查核公司。

### 技術

- (1) 分散式能源系統(Distributed generation systems, DG Systems)：Medrano et al.(2008)分析三種分散式能源應用於小型辦公建築、中型辦公建築、醫院與學校等建築，指出高溫燃料電池(High-temperature fuel cell)DG 系統應用於醫院建築時，可達到 98%生產率、85%熱回收率與省下\$860,000之能源費，且只需要六年之回收期。具隔熱性質玻璃：在寒冷的地方，玻璃若能有效隔熱或保溫，可有效減少能源的使，但在台灣由於玻璃帷幕會形成溫室，反而會浪費能源。

(2) 利用粒狀矽太空膠(Granular)與填入氬氣之高隔熱性半透明玻璃結合，Reim et al. (2002)指出其可減少  $0.4 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  熱傳系數，最好情況下可增加 65% 之透光度；Gugliermetti et al. (2007)指出其中一面為具吸收能力之雙層玻璃窗(Double-glazed windows)，於冷天(heating season)時轉向室內可吸收太陽光，而於熱天(cooling season)時轉向轉向室外可隔絕太陽光，並將其運用於沒有一般盛行之冷卻或加熱需求的義大利建築。

### 6.2.7 廢棄物

此部門所收集的資料為國家廢棄物部門所適用的 GHG 減量措施，多為運用於廢棄物處理廠的減量措施，本研究所收集的減量措施如下所述：

#### 盤查與效益分析

- (1) 掩埋場廢氣發電成本：Jaramillo et al. (2005)分析美國掩埋場廢氣發電的總成本，並指出售電保本價格低於  $\text{US}\$0.04/\text{kWh}$ ，以及為實施該計畫所需補助之價格亦低於  $\$0.0085/\text{kWh}$ ，低於現行美國最低補助金之 40%。Al-Ghazawi et al.(2008)針對約旦兩座掩埋廢氣處理場進行情境分析，廢氣發電成本為 4.6 cents/KWh，比起約旦長期發電邊際成本低 0.9cents/KWh，每年約可節省  $\text{US}\$ 4.65 \text{ million}$ 。
- (2) 廢棄物回收效益：Pimenteira et al. (2004)分析 2000-2007 年巴西進行廢棄物回收，減少因生產新品所需能源，節約能源效益且延緩擴建發電廠或發電容量之情境，並降低 GHG 之排放，分別降低  $1 \text{ Mt-eCO}_2/\text{yr}$  與  $3.5 \text{ Mt-eCO}_2/\text{yr}$  之排放。
- (3) 垃圾焚化與能源轉換：Hackl et al. (2008)針對澳洲之垃圾處理進行分析，其中經由垃圾焚化以及能源轉化之垃圾處理方法，若增加廢棄物熱處理之容量與處理場數，與垃圾掩埋處理技術比較可降低 8-14% 之  $\text{eCO}_2$ 。

- (4) 廢棄物殘渣生產生質乙醇：Champagne (2007)評估加拿大利用廢棄物做為生質酒精燃料之效益，指出木質纖維來源、廢棄物管理與木素脫去的程序皆會影響燃料品質，約可生產 5336 million L 的生質乙醇，並利用其後之發酵反應，可生成 6.22 Mt/yr 的糖產量。
- (5) 廢水之柳樹植被濾器(willow vegetation filters)：Börjesson et al. (2006)將柳樹植被濾器的想法實施於瑞典具有豐富營養鹽的廢水處理中，指出在經濟、能源與環境方面，其具有減緩水污染與氣候變遷的潛力，如高處理效率、提高生質能產量、以及促進能源與資源的效率等，但該法若大規模實施，仍須克服相關知識與經驗不足等問題。

### 策略

- (1) 廢水污泥再利用：Wang et al.(2008)指出將廢棄污泥運用於種植能源作物與森林的土地為成本降低之策略，亦可作為生產能源氣體甲烷之來源。
- (2) 可再利用塑膠箱：Singh et al (2006)將可再利用塑膠容器與一次性使用之層列式瓦楞紙箱比較，所需之能源少 39%，減少 95% 固體廢棄物，與 29% 之 eCO<sub>2</sub>。

### 技術

- (1) AD(aerobic digestion)系統：Barton et al.(2007)針對開放式垃圾傾倒場、衛生掩埋場、收集與燃燒氣體或用以發電之衛生掩埋場、可進行堆肥之衛生掩埋場、AD 系統(掩埋、厭氧消化並發電)等垃圾處理方式所做之分析顯示，衛生掩埋噸垃圾之 GHG 排放為 1.2 t-eCO<sub>2</sub>，而 AD 系統每噸垃圾可達到-0.21 t-eCO<sub>2</sub>。Kalyuzhnyi (2008)亦分析俄羅斯來自不同部門有機廢棄物之沼氣潛力，並將其運用於 AD-microbial fuel cells (MFCs)。

- (2) 好氧廢水處理技術：Vanotti et al.(2008)分析由固液分離、分離液體之好氧微生物處理與分離固體之好氧堆肥所組成之好氧處理系統，可降低 4776.6 t-eCO<sub>2</sub>/yr 排放量，成本為 US\$19,106/yr。
- (3) 沼氣再利用：Jaffrin et al.(2003)指出掩埋場之沼氣可作為燃料使用，燃燒後產生之 CO<sub>2</sub> 可利用氣體注入設備做為溫室植物之 CO<sub>2</sub> 來源，可提高作物產量。

### 6.3 小結

在能源、工業、交通與建築等之減量策略與技術中，以降低燃料使用與提高能源效率為主要的GHG減量方式，包含降低燃料使用的管理、發展低碳能源技術或採取經濟誘因策略；而農業、土地利用變化與森林部門的GHG減量，考量不同運作型態所排放GHG量之差異，並在此型態下發展整合型的策略，例如結合低GHG排放作業型態與種植能源作物；而廢棄物部門則多以廢棄物處理減量措減少GHG排放，以及將廢棄物轉為可利用的能源，降低含碳能源的使用。

## 第七章 城市溫室氣體減量策略與技術

根據California Climate Action Registry et al.(2008)，其將地方政府GHG排放源分為建築與其他設施、路燈與交通號誌、水傳輸設施、交通(包括港口、飛機場設施與車輛)、發電設施、廢棄物(包括固體廢棄物與廢水設施)等。而台北市(93年)所做之GHG排放基本資料調查，將GHG排放源分為交通、住商、廢棄物、農業、固定源以及森林與土地使用，而美國麻州渥斯特市(Williams, 2004)則區分為市政、住商、工業、交通、與廢棄物部門，另外張(96年)所做之地方GHG盤查系統，則分為市政、住宅、商業、工業、交通、廢污、農業與森林部門，本章因而將城市GHG減量策略與技術分為能源、交通、住商、工業、廢棄物以及市政等六項。以下首先作總體性的概述，之後說明各子分類資料內容整理與分析與小結。

### 7.1 總體概述

表 5 概述本研究針對城市 GHG 減量策略與技術所收集資料內容，分為能源、交通、住商、工業、廢棄物與市政等六個部門整理資料。

表 5 城市 GHG 減量策略與技術概述

部門	資料內容概述
能源	主要包括刺激消費者使用綠色能源的策略，或使用低能源需求的技術。
交通	主要包括交通運輸的規劃，如公車路規劃與公車捷運系統等；或是交通管制，如車碼區隔與塞車費等；利用替代燃料或低碳運具，如太陽能公車與腳踏車租借網絡，其他則包括自願無駕車日等策略的運用。
住商	主要包括與太陽能相關的資訊利用，以及利用海水加熱空間與提供熱水的技術。

工業	主要包括生態工業網的計畫與其內所應用的技術。
廢棄物	乃使用於市內的廢棄物處理方式，主要為廢棄物處理場所的處理技術與方式，如生物與機械整合式技術、衛生掩埋場覆土方式，或是利用處理產生副產品，進一步產生能源使用，如厭氧消化器燃料電池與掩埋場熱電冷聯產系統等。
市政	主要為交通公共設施的運用，策略面為使用交通號誌間隔最佳化等，而技術面為智慧燈光系統與 LED 路燈與交通號誌等。

## 7.2 資料內容整理與分析

### 7.2.1 能源

此部分所收集的資料乃針對城市能源消耗、使用與來源等所適用的策略與技術，內容如下所述：

#### 策略

- (1) 綠色能源選擇權：根據C40 Cities (2008c)，美國洛杉磯市讓消費者可選擇使用綠色能源，讓消費者付固定之電費溢價，即多付US\$0.03/kWh之電費，可選擇使用20-100% 之綠色能源，具有降低40,000 t-eCO<sub>2</sub>之效益。
- (2) 商業區減量：Farreny et al. (2008)分析西班牙retail park服務系統中每筆購買的能源密度與GHG 排放，且將員工與顧客交通活動納入分析，依照其所作之能源消耗情境分析，採用整合式方法(integrative approach)，包括能源效率、改變交通分佈模式、以及位置與土地利用的改變等，有可能降低50%GHG排放。

#### 技術

- (1) 冷湖水用於空調：根據C40 Cities (2008e)，荷蘭阿姆斯特丹將溫度為8-10°C之湖水利用幫浦抽出輸送至轉換站，而後將冷卻水透過管路輸送

至建築物內的裝置，作為空調使用以冷卻室內之空氣，比起傳統之冷卻方式，該技術降低70% GHG排放。

## 7.2.2 交通

此部分所收集的資料為城市交通部門所適用的 GHG 減量措施，多屬於已實際應用的策略，內容如下所述：

### 策略

- (1) 車輛替代引擎與燃料：Manzini (2005)分析墨西哥城大都會區未來車輛內燃引擎預期改善的二個階段，第一階段使用油電混和內燃引擎，第二階段混和生質酒精為燃料內燃引擎，接著使用利用純生質酒精為燃料之電動車，與使用汽油比較，第一與第二階段分別可省下能源使用 9%與 17%，GHG 排放量分別降低 15%與 34%。
- (2) 公車路線規劃：Simões (2004)分析葡萄牙Évora市Blue Line 停車換乘公車(park & ride bus line)方案，Blue Line為公車路線與市外與市內停車場相連接，意圖勸阻於市內使用私人車輛，以避免市內壅塞與停車之問題，並減少污染物與GHG之排放。
- (3) 公車捷運系統(Bus Rapid Transit, BRT)：成功BRT始自巴西Curitiba (NEXus, 2008)，該系統結合土地利用與運輸需求，路線做放射擴展，並且每個主要路線皆會在三重道路系統(公車、市區道路與單向道)的中心設置中型公車路線，而該系統之主要與次要公車路線皆允許乘客做免費之交通轉乘，且車體與管狀車站(tube station)均以方便乘客進出而設計，並指出該系統減少27Million Liters/yr的燃料使用，每人平均減少30%燃料使用。Vincent et al. (2006)指出BRT可用於美國典型中型城市以做為短期策略，並分析三種情境，分別為利用私人車輛與柴油公車、建立輕軌電車(Light Rail, LRT)及建立BRT系統並利用低GHG排放公車，BRT比起LRT排放較低之GHG，且所需成本較少可建立更多

之BRT系統，更可刺激民眾搭乘公眾運輸工具，並指出若該計畫實施二十年，預期可減少654,114 t-eCO<sub>2</sub>。

- (4) 車碼區隔(Number-Coding Scheme)：此方案是依車輛車牌號碼的尾號，在選訂之日不可使用市內之主要道路。ICLEI SES-CCP(2004)說明菲律賓碧瑤市(Baguio)為解決GHG與其他空氣污染物以及道路密度過於擁擠的問題，於2003年通過Number-Coding Scheme，主要目標是降低中央商業區之車輛量，且數個交通阻塞點在指定日期(星期一至星期五每天持續12小時)不允許公用與私人車輛往返利用，該策略使該市達到其2010年10% GHG減量目標中之9%減量。
- (5) 塞車費(congestion charge)：根據 C40 Cities (2008f)，塞車費是為了降低交通擁塞與改進市中心之環境，針對車輛所課徵之環境稅，進城時拍下車輛並置於資料庫中，而車主需在一定期間內繳納費用，瑞典斯德哥爾摩於2006年進行該策略之試驗性實施，指出其具有14% GHG減量成效。
- (6) 太陽能公車：根據 The Climate Group (2008a)，澳洲Adelaide市為解決交通擁塞與GHG排放之問題，於2008年2月起使用稱為Tindo的太陽能電動市區公車，Tindo 利用設置於中央公車站屋頂之太陽能光電板充電，且提供免費搭乘之服務以刺激民眾使用，其可行駛200 km以上，且燃料相關成本比柴油低50%。
- (7) 腳踏車租借網絡：根據Project Two Degrees (2008a)，西班牙巴塞隆納於2007年起實施名為Bicing 的公共腳踏車租借網絡計劃，並與已存之公共交通網絡整合並補充其不足，諸如公車、捷運與火車等交通網，於城市中設置100個腳踏車租借駐點，且緊鄰於各車站，使用者可將腳踏車放置於其他之租借點，另外限制部分路段之汽車速率，以達到使用者的方便性與安全性，約可降低1920 t-eCO<sub>2</sub>/yr排放。

- (8) 自願無駕車日：根據Project Two Degrees (2008c)，南韓首爾實施一項自願性計劃，即是民眾在上班日中選擇一天不使用車輛，透過參與者黏於其車窗上之電子標籤，確認是否確實執行，-而參與者可得到包括油品折扣、免費停車與車輛清潔服務等獎勵，但參與者每年需至少參與三次，以得到上述之獎勵，約可降低243,000 t-eCO<sub>2</sub>/yr排放。

### 7.2.3 住商

此部分所收集的資料為城市住商部門之 GHG 減量策略與技術，內容如下所述：

#### 盤查與效益分析

- (1) 網路太陽能光電(Solar PV)裝置資訊：加州 San Francisco 市與CHM2 HILL合作建立S.A.F.E.<sup>TM</sup>(CH2M HILL Unlimited, 2007)，即是利用網路平台讓使用者輸入地址即可觀看該地點地圖畫面及建築物圖像，可估計建築物屋頂Solar PV量、太陽能、可降低之用電成本、可降低之GHG排放量、已裝置商家與家庭、以及裝置業者的相關資訊。

#### 技術

- (1) 海水熱交換/熱泵技術：根據Project Two Degrees (2008d)，荷蘭海牙(Hague)夏天利用熱交換裝置，冬天則利用熱泵將海水溫度升高，將臨近海水的能量傳遞給管網中的自來水，透過地下自來水分配網絡供應給位處沿海之Duindrop地區的住宅建築，滿足其空間加熱與熱水使用之需求，約可降低4,012 t-eCO<sub>2</sub>/yr，且比起傳統之系統，使用者不需多付額外之成本。

## 7.2.4 工業

此部分所收集的資料為城市工業的 GHG 減量策略與技術，內容如下所述：

### 策略

- (1) 生態工業網(Eco-Industrial Networking)：根據 Green Municipal Fund (FCM)(2007)，加拿大 Greater Sudbury 市所進行之 Eco-Industrial Networking 計畫，主要是協助半徑100公里內之企業，以有效利用資源為目標，其中包括將某個企業之廢棄物轉變為其他企業之輸入原料，例如焊接業的副產物為金屬碎片與鋼削等，可將其運用於汽車業，達到較佳之資源利用。

### 技術

- (1) 工業園區熱動力耦合(Combined Heat and Power, CHP)系統利用：Starfelt et al. (2008)分析廣東省東莞市生態工業園區中，利用以蒸汽渦輪技術為基礎的CHP，並配以冷卻吸收熱循環蒸汽產生器，以增加電力與蒸汽的，其與園區其他採用傳統電源廠商比較可達到12,700 t-CO<sub>2</sub>/yr的減量。

## 7.2.5 廢棄物

此部分所收集的資料為與廢棄物處理場相關的 GHG 減量策略與技術，含廢棄物回收策略，內容如下所述：

### 盤查與效益分析

- (1) 生物與機械整合式廢棄物處理(Biological and mechanical treatment, BMT)：BMT為新發展之整合式固體廢棄物管理前處理程序，Hong et al. (2006)分析上海浦東地區三個以BMT為基礎之廢棄物處理策略，包括堆肥、焚化與掩埋，並與傳統的廢棄物處理方式比較，結果顯示利用BMT

的處理系統皆比傳統的處理方法對環境的衝擊較小，傳統掩埋處理法會造成較大衝擊，BMT法可降低1.5倍以上之衝擊。

- (2) 衛生掩埋場覆土方式：Houhu et al. (2007)以杭州市衛生掩埋場測試降低 $N_2O$ 排放，結果顯示 $N_2O$ 的排放率與土壤含水量與覆土硝酸鹽濃度有關，而滲出水的回灌對於 $N_2O$ 排放影響極微小，若能選擇適當的覆土，則能有效降低排放該GHG。

### 策略

- (1) 小型多元回收：根據C40 Cities (2008b)，丹麥哥本哈根藉由設置更多的家庭式廢棄物回收中心及較小型回收中心，且採用彈性經營時間，以鼓勵居民進行廢棄物分類回收，部分種類廢棄物則由販賣者回收。該系統由1990年施行以來已降低40,000 t-eCO<sub>2</sub>排放。

### 技術

- (1) 厭氧消化氣(Anaerobic digester gas) 燃料電池：根據 Krumbeck et al. (2006)，德國的 Ahlen 市與燃料電池廠商合作，於市內廢水處理廠內設立以厭氧消化氣為原料，提供熱與能源給處理場的(molten carbonate fuel cell, MCFC)系統，其中廢氣組成、純度、流速等為系統設計主要參數。
- (2) 掩埋場熱電冷聯產系統(Trigeneration System)：Hao et al. (2008)指出，若香港地區掩埋場所產生的掩埋廢氣(Landfill Gas, LFG)，利用 Trigeneration System 作為新型態的 LFG 使用方式，比傳統方法節約能源且減少 GHG。

## 7.2.6 市政

市政部門之 GHG 減量主要包括公共建築物(含學校)、公共交通及戶外照明燈具等，其內容如下所述：

## 策略

- (1) 交通號誌間隔最佳化：根據 Project Two Degrees (2008b)，美國波特蘭市分析路上交通號誌運用與綠燈時間長短對每個交通移動速度之影響，以及每個路口號誌時間關係上之相互影響等參數，設定最佳號誌轉換時間，控制系統的軟體可利用其內建的演算法計算燃料消耗，而駕駛人總共可省下 1,750,00 gallons/yr 的汽油，相當於降低 15,460 t-eCO<sub>2</sub>/yr。

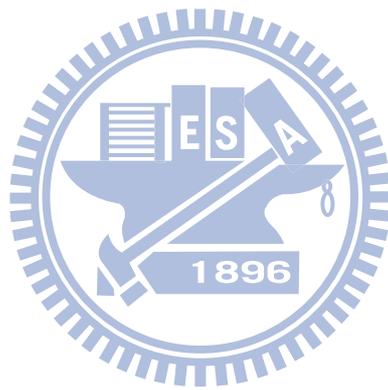
## 技術

- (1) 智慧燈光系統(Intelligent Light System)：根據 C40 Cities (2008a)，挪威奧斯陸市以高壓鈉燈取代舊的路燈設施，初始投資為€12 million，由電力公司負責操作及維護，利用依靠電力線傳送數據的 Intelligent Light System，可降低維護的需求，並依據需求調整所需之光照，降低 70% 之能源使用與 1440 t-eCO<sub>2</sub>/yr 排放，可省下€450,000/yr。
- (2) LED 路燈與交通號誌：根據 C40 Cities (2008d)，美國密西根州安那寶市(Ann Arbor)利用 LED 燈取代原有之路燈設施，LED，可降低 2,200 t-eCO<sub>2</sub>/yr，可節省 50% 以上之能源，且比一般路燈有較長之使用年限，亦節省勞力與維護成本；根據高雄市交通局(2009)97 年 12 月 15 日至 98 年 6 月 15 日所試用之單體行人號誌燈，採用小黑人圖示加大紅綠燈之顯示面積，提高行人安全，另外將現行之行人號誌燈之紅燈、綠燈與倒數功能整合於一個燈面，減少道路號誌燈數、設備建設與後續維修費用，而報廢後所產生之垃圾量為線型號誌燈之一半，但其接受度與換裝成本仍待觀察與評估。

## 7.3 小結

台灣目前雖然無法參加一些國際性環境組織，以進行國與國間的減量合作，但可透過與國際其他城市間的交流，進行GHG的減量。目前國際上

許多城市已制訂與交通部門相關的GHG減量策略，例如重新設計與規劃交通之路線與設施，以減少城市交通堵塞的問題、或限制個人汽車的駕駛以降低GHG排放。此外，城市亦可直接透過降低其內公共部門設施的能源使用，如降低交通號誌與路燈的能源使用等，作為減少GHG排放的手段之一。



## 第八章 企業溫室氣體減量策略與技術

本章主要說適合企業採用之溫室氣體減量策略與技術，主要之分類方式乃是工業局(2008)公佈的產業類別作為主要分類依據，另外則依據需求增加電力與運輸業兩個項目。本章分為總體概述與資料內容整理分析與小結三個部分。

### 8.1 總體概述

表 6 概述本研究針對企業 GHG 減量策略與技術所收集資料內容，分為一般企業、化學製造業、電力業、汽車與零件製造業、電腦、電子產品及光學製品製造業、飲料製造業、成衣與服飾品製造業、金屬製造業、運輸業與非金屬礦物製品製造業等類別整理資料。

表 6 企業 GHG 減量策略與技術概述

類別	資料內容概述
一般企業	主要內容包括企業 GHG 盤查的工具，以及透過獎勵員工、提供顧客相關的 GHG 減量資訊進行減量、與能源的監測等，進行 GHG 減量。
化學製造業	主要包括副產品的再利用與利用熱耦蒸餾技術，降低 GHG 排放。
電力業	主要內容為藉由技術的應用進行 GHG 的減量，包括整合型氣化複循環系統、熱泵加熱與冷卻系統與超超臨界燃煤發電等。
汽車及其零件製造業	主要內容為針對顧客進行教育訓練、避免能源浪費的車輛訂製方式、鼓勵車主投資綠色能源等策略。
電腦、電子產品及光學製品製造業	主要包括此產業所生產的產品，如充電飽和提醒裝置與生態友善塑膠機殼等。

飲料製造業	主要內容為此產業的冷藏設備技術。
成衣與服飾品	主要內容為鞋內填充的高環境衝擊的氣體，改以低環境衝擊的氣體取代。
基本金屬製造業	主要內容為利用煉鋼所產生的副產物隔離 GHG。
運輸業	主要包括運輸業者的駕駛措施，如航空業者的連續下降著陸方式，以及利用高效節能的引擎技術，如水力混和車輛。
非金屬礦物製品	主要內容為此產業副產品在利用，降低 GHG 排放，如碳中和廢棄物燃料。

## 8.2 資料內容整理與分析

本研究將相關資料依以下原則整理分析：

- (1) 對於某些不限定哪一種行業或是亦可應用於其他行業的 GHG 減量措施，本研究將其集中於 8.2.1 節中描述，而與各行業特性相關的措施則放入各個行業中。
- (2) 有些企業會於其所生產的產品，提供 GHG 排放的資訊，例如碳標籤，或是進行碳中和計畫，鼓勵消費者使用低 GHG 排放產品或投資低碳能源等，該部分的內容亦歸類於 8.2.1 節中。

### 8.2.1 一般企業

此部分所收集的資料乃適用於一般企業的 GHG 減量策略與技術，內容如下所述：

#### 盤查與效益分析

- (1) 溫室氣體盤查議定書(GHG protocol)：根據莫等(92年)，由 WBCSD 與世界資源研究院(WRI)所發起之 GHG Protocol 包括了跨業別工具與產

業特定工具，是一個集合多方相關團體而開發之 GHG 盤查工具，可用於不同的目標，包括參與自願性行動、因應強制性報告、企業內部管理需求與參與排放市場或交易市場的需求等。

## 策略

(1) 員工減碳獎勵：根據The Climate Group (2008d)，英國天空廣播公司於2006年起實施”Bigger Picture Card” 刺激其員工採取GHG減量活動，認可員工所降低GHG排放，實施方法由員工登入Bigger Picture 網站，標示其在工作或在家時之承諾而後可得到減碳信額，依此可得到腳踏車或生態有善性之假期等獎勵；Green Mountain Energy公司(2005)自願性實施多項方案，預計在2010年前完全抵減該公司之排放量，包括鼓勵員工購買綠色能源憑證，以抵減家中所產生之GHG排放與鼓勵員工發起通勤之GHG減量措施等，而該措施於2004年共減低1,5000 pounds CO<sub>2</sub>。

(2) 消費者 GHG 減量：

(a) 碳足跡標籤：根據 The Climate Group (2008c)，Tesco 於 2007 年開始於英國使用”By Air”標籤，而於 2008 年使用碳足跡標籤，並開始在 20 樣商品上標示產品碳之排放資訊，以刺激消費者降低 GHG 排放。

(b) 消費者投資GHG減量計畫：英國石油公司(2008) 的Global Choice 計畫，乃協助使用該公司所產之商品的顧客，藉由報名自願性減量，而後在購買產品時付出少許溢價，以協助相關之GHG減量計畫之進行，目前已抵消 2 Mt-eCO<sub>2</sub>排放。太平洋煤電公司(PG&E)推行名為ClimateSmart™的計畫(2008)，乃藉由消費者自願性登記此計畫，提供其中和能源使用而產生GHG排放之機會，除了能源有效性技術與太陽能屋頂，還包括保護森林與造林等計畫，而針對2007年計畫執行以來之第二次計畫提案，做為30,000名消費者之代表，該公司將可降低1 Mt-eCO<sub>2</sub>排放。

(3) 能源使用監測：根據WBCSD(2008b)，IBM公司為達到其降低能源使用的目標，使用Enterprise Energy Management System (EEMS)以確實監測IBM所在地之能源使用，在2005與2006年間共省下16,500 MWh用電。

## 8.2.2 化學製造業

此部分所收集的資料為化學製造業相關 GHG 減量策略與技術，內容如下所述：

### 盤查與效益分析

(1) 副產物再利用：根據 WBCSD(2006)，Dow Chemical Co.針對六個非加氯消毒廢棄物之再利用進行評估，包括用來控制 pH 值、合成化合物或做為其他工廠製程之原料，預估可降低 108 Mp eCO<sub>2</sub>/yr 與 900,000MMBtu/yr 能源使用。

### 技術

(1) 熱耦蒸餾(thermally coupled distillation): Jantes-Jaramillo et al. (2008)指出化學工業中強化化學製程的構想，可達到節能與減少排放 GHG 的效益，熱耦蒸餾技術為一種新型蒸餾技術，可用來分離胺類，相對而言除了降低能源消耗，亦減少 GHG 排放，同時亦可降低設備投資所需的成本。

## 8.2.3 電力業

此部分所收集的資料為電力業相關 GHG 減量策略與技術，主要為減量技術的應用，內容如下所述：

### 技術

(1) 整合型氣化複循環系統(Integrated Gasification Combined Cycle , IGCC) 技術：IGCC 為一種具較高效率潔淨燃煤技術。根據 WBCSD (2008a)，

西班牙的 ELCOGAS 公司以降低污染物排放，可降低 20% eCO<sub>2</sub> 排放與 50-80% 其他污染物排放，雖然於短期內沒有收益，但 ELCOGAS 認為是一種可投資之技術。

(2) 熱泵加熱與冷卻系統：熱泵技術是從周圍環境吸取熱量，並將熱傳遞給較高溫之物體，在運作同時，整個熱泵裝置消耗之功僅為輸出功之一小部分，可達到節能效益。根據 WBCSD(2008d)，相較於高油價燃燒系統，熱泵技術需要較低之成本，雖然初設成本較高，但其成本可靠長期之低價加熱與冷卻費用而補足，東京電力公司所運作之熱泵技術乃利用鄰近公共污泥處理廠之廢熱，作為位於東京新立大樓的熱泵之能量來源，相較於傳統燃器吸收製冷技術降低 70% GHG 排放，另外更省下 117,800 m<sup>3</sup> 用水。

(3) 超超臨界(ultra super-critical, USC) 燃煤發電廠：而水的臨界壓力與溫度為 22.1 MPa 與 347.15°C，蒸汽壓大於臨界壓力者稱為超臨界區，超超臨界狀態表示鍋爐的水是更高壓力與溫度，根據 The Climate Group (2008b)，中國華能集團發展高效率燃煤技術，建立發電單位為 1GW 的超超臨界燃煤發電廠，具有 45% 的熱能轉換效率，比較中國其他的燃煤發電廠，該廠平均降低排放 11 Mt-eCO<sub>2</sub>/yr。

## 8.2.4 汽車及其零件製造業

此部分所收集的資料為汽車及其零件製造業相關 GHG 減量策略與技術，主要分為產品的製造與顧客的需求兩部分，內容如下所述：

### 策略

(1) 燃料節約訓練服務：根據 WBCSD(2008c)，Volkswagen AG 公司對消費者提供汽車燃料節約訓練課程的服務，估計每位消費者可降低 13% 燃料使用。

- (2) 在地先訂後製方式：GreenBiz(2008)說明以 Intelligent Logistics for Innovative Product Technologies(ILIPT)將產品在下訂單後五個工作天內交付給顧客的方法，有別於傳統之製車方式，ILIPT建立數個車體規格與模組，在顧客下單後可立即組裝，此法必須在地化，可以避免製造過程中不必要之浪費，與輸出大量的車輛至海外而造成之GHG排放。
- (3) 綠色哩程(Greener Miles)：Ford 汽車公司(2009)與Terrapass合作之方案，乃依不同車款，提供車主了解該車款之GHG排放量的資訊，並自願性支付每年US\$30-80的費用，用以投資美國之風力發電或農場甲烷發電，所抵減之GHG經由驗證後，車主可得到參與Greener Miles 方案之標幟。

### 8.2.5 電腦、電子產品及光學製品製造業

此部分所收集的資料為電腦、電子產品及光學製品製造業相關 GHG 減量策略與技術，主要為節能產品的應用技術，內容如下所述：

#### 盤查與效益分析

- (1) 充電飽和提醒裝置：根據 WBCSD(2008e)，Nokia 公司為降低其 GHG 之排放，針對其產品開發出降地能源使用的方法，包括降低充電器之無負載(no-load)能源需求，以及提醒使用者已充電完成，若所有使用者能適時拔除充電器，省下能源足以供十萬個歐洲家庭使用。
- (2) 生態友善塑膠機殼：根據 Climate Change Corp.(2004)，日本 Fujitsu 公司於 1990 年代中期，即進行一個名為 Green Life 21 的行動，以發展生態友善性的產品，其中研發之電腦塑膠機殼組件，是首度由植物原料所製成，比較一般之機殼組件，其可減少 40%的能源使用，即使燃燒也不會排放有毒化學物質。

## 8.2.6 飲料製造業

此部分所收集的資料為飲料製造業相關 GHG 減量策略與技術，內容如下所述：

### 技術

- (1) 無HFC冷藏設備：根據CCT (2008)，可口可樂公司利用GHG Protocol 盤查系統計算其GHG排放量，而該公司致力於能源節約之努力，其中2000年實施之 eKOfreshment Sustainable Refrigeration Programs，乃是開發無HFC之冷藏設備，且較原始之冷藏設備效率提升40-50%，並針對一百萬台冷飲裝置設備發展名為EMS-55之能源管理系統，將可省下1 billion kWh與降低575,000 t-eCO<sub>2</sub>/yr。

## 8.2.7 成衣與服飾品製造業

此部分所收集的資料為成衣與服飾品製造業相關 GHG 減量策略與技術，內容如下所述：

### 技術

- (1) 氣墊鞋填充替代氣體：根據 CCT (2008)，Nike 公司於 2006 年開發出可替代填充於其品牌氣墊鞋內之 SF<sub>6</sub> 與 PFP 等 GHG 的全氮氣替代填充氣體，以降低 GHG。

## 8.2.8 基本金屬製造業

此部分所收集的資料為基本金屬製造業相關 GHG 減量策略與技術，內容如下所述：

### 技術

- (1) 煉鋼副產物隔離 GHG：鋼鐵的製造過程會排放出大量的 CO<sub>2</sub>，而 Bonenfant et al. (2008)則提出利用鋼鐵製程中的副產物鋼鐵冶煉爐渣

(Steel Slags)，為熔鋼由雜質中分離的過程所產生之複雜化合物，其中之 Electric Arc Furnace (EAF)與 Ladle Furnace (LF)之懸浮物可用以隔離 GHG，而 LF 由於有 portlandite 的礦物，其隔離能力比 EAF 高出 14 倍。

## 8.2.9 運輸業

此部分所收集的資料為運輸業相關 GHG 減量策略與技術，內容如下所述：

### 盤查與效益分析

- (1) 連續下降著陸(continuous descent arrivals, CDAs)：根據 Environmental Defense Fund (2008)，UPS 飛機駕駛員使用 CDAs，飛機由 6000 英尺高度緩慢下降，而不是進行多次的陡直階梯式降落，可減少噪音與燃料使用，每架飛機可減少使用 250-460 gallons 燃料及 1300 pounds-eCO<sub>2</sub> 排放。

### 技術

- (1) 水力混和車輛(Hydraulic Hybrid)：根據 GreenBiz(2008)，美國 UPS 運輸公司採用結合水力推動系統的高效能柴油引擎車輛，其中水力幫浦與水力貯藏槽為儲存能量之用，其功能類似於油電混和車中之儲蓄電池，在其測試期間發現其減少 45-50% 之燃料成本，以及降低 30% GHG 排放。

## 8.2.10 非金屬礦物製品製造業

此部分所收集的資料為非金屬礦物製品製造業相關 GHG 減量策略與技術，內容如下所述：

### 盤查與效益分析

- (1) 碳中和廢棄物燃料：Tokheim et al. (2007)指出水泥爐渣品 CO<sub>2</sub> 排放主要來自於石灰石去碳酸作用及燃料燃燒，可採用碳中和廢棄物燃料取代石

化燃料，就長期的觀點，使用碳中和燃料所排放的 CO<sub>2</sub>，會在大氣與生質體間持續循環，不會造成更多的 CO<sub>2</sub> 排放，而位於挪威 Brevik 水泥工廠於 2004-2005 年期間執行該計畫，使用約 100,000 tons /yr 的碳中和的廢棄物燃料，以 1995 與 2005 年比較，可降低 25% 因燃料使用造成之 GHG 排放。

### 8.3 小結

所收集一般企業 GHG 減量方式包括針對企業生產製造與消費者使用兩部分進行減量，企業進行 GHG 減量時，選擇適用的減量策略與技術時，會隨著產業類別不同而有所差異，例如降低產品生產過程中所排放的 GHG，會因產業製程不同，導致所用的減量策略或技術亦有所不同。此外，亦有部分減量方式可適用於一般企業進行 GHG 減量，如企業員工減碳獎勵，以及提供產品相關減量訊息給消費者，或鼓勵消費者支持減量計畫等，亦頗值得台灣一般企業進行 GHG 減量時參考。

## 第九章 社區、家庭、學校與個人溫室氣體減量策略與技術

本章主要說明社區、家庭學校與個人所可採用之溫室氣體減量策略與技術，依據目前所收集之資料文獻，本研究先就這些對象中與 GHG 減量最相關的能源使用、建築、廢棄物回收三項相關文獻進行分析與整理。並將本章分為總體概述、資料內容整理與分析與小結三個部分。

### 9.1 總體概述

表 7 為本研究針對社區、家庭學校與個人 GHG 減量所收集的策略與技術內容概述，並分為能源使用、建築、廢棄物回收等三項整理資料。

表 7 社區、家庭學校與個人 GHG 減量策略與技術概述

項目	資料內容概述
能源使用	主要收集內容包括電器的使用，如電器能源效率、節能電器補助等策略，或是與能源消耗相關的調整電價、能源稅與碳稅等策略，還包括家庭間碳額度交易制度；技術面主要包括，小型綠色能源的使用，用以加熱與照明等，或是具節能烹煮炊具或電器技術，如太陽能烹煮炊具與水冷式空調等。
建築	策略面主要包括制訂住宅能源標準，以及透過住宅翻修以達到節能之成效；技術面則主要包括利用節能的建築技術，如圓形屋頂建築與自然通封住宅，以及裝置高效率低排放的能源系統，如小型熱電生產系統與太陽能-柴油混合發電系統等。
廢棄物	該部門所收集資料，主要包括透過電器的回收再利用，以降低 GHG 的排放，或是將廢棄物回收轉換為其他能源使用。

## 9.2 資料內容整理與分析

### 9.2.1 能源使用

該部分的內容主要為透過節能降低 GHG 排放，資料主要針對社區、家庭學校與個人常用的能源利用，與專門針對其設計的策略，或可降低該能源使用的技術，作為收集的目標。

#### 盤查與效益分析

- (1) 家用太陽能系統(Solar Home System, SHS) 分析：Posorski et al.(2003) 分析 50Wp 的家用太陽能系統 在使用期間二十年下，與使用石油或乾電池之照明設備比較可減少 9 t-eCO<sub>2</sub>。

#### 策略

- (1) 電器設備能源效率標準：Mahlia et al. (2004)針對馬來西亞實施冰箱最小效率標準措施進行分析，與 BAU 比較到 2012 年可省下 8722GWh 用電；Varman et al. (2005)分析馬來西亞針對電視設立最小能源效率標準，家庭所能省下的能源，預期在 2005-2015 年可省下 1026 GWh 用電，但指出因為預期未來之電器能源效率將逐年提升，某個標準值僅在某段期間有效；Lu (2006)對中國針對冰箱所制訂之效率標準措施進行分析，與 2000 年中國之 GHG 排放量比較，實際使用之效率標準減少 24.6% eCO<sub>2</sub> 排放。Saidur et al.(2006)針對空調與冰箱依據能源效率標準與提昇恆溫器設置溫度之分析，馬來西亞在 2005 至 2015 年期間總共能降低之溫室氣體排放為 5,583 kt CO<sub>2</sub>。McNeil et al. (2008)以最佳成本為目標，分析印度電器效率改善的效益，產品最佳改善效率在 12-60% 間，若於 2010 年開始施行，預期於 2020 可減少 4.7% 用電意即減少 246 million t-eCO<sub>2</sub> 排放。

- (2) 調整電價：Davoudpour et al.(2006)指出伊朗住宅用電趨勢未來必會升高，有必要調整電價以防止 GHG 增加，並根據模式之預測，與 BAU 比較，若將電價調升至邊界價格(border price)且執行能源效率計畫，2000-2011 年間可降低 4.94% 之用電與 3.1% eCO<sub>2</sub>；Herter et al. (2007) 分析尖峰電價(critical-peak price, CPP)如何影響加州不同用電與薪資階級的家庭，依其分析結果，薪資少於 US\$50,000 的高用電家庭其電費為增加情形，意味 CPP 的執行目標應鎖定於該族群，以增加能源效率。
- (3) 家庭間碳額度交易制度(cap-and-trade)：Niemeier et al.(2008)分析美國加州實施於家庭間碳額度交易制度，認為直接針對使用者的下游管理，更可降低社會成本，碳額度以電力與天然氣為主，內容包括家庭排放配額及家庭間、家庭與營利企業間及營利企業與政府間之轉換。
- (4) 節能電器補助：Ashina et al.(2008)分析日本岩手縣，為了提升節能消費電器的購買量，利用補助方式減少購買節能電器之成本，若有一半家庭使用此類電器，與 BAU 比較，到 2020 年 GHG 排放量由 0.726 Mt-eCO<sub>2</sub>/yr 降為 0.674Mt-eCO<sub>2</sub>/yr，但需花費\$105 million/yr，約占 2003 年稅收之 1.5%。
- (5) 能源稅：Berkhout et al. (2004)分析荷蘭自 1996 年起實施之能源稅對於家庭能源之使用，用之影響，結果顯示在短期內，其對能源消費的影響少但卻有顯著的情形，年平均用電需求降低 8%，年平均燃氣需求則降低 4.4%。
- (6) 碳稅：Brannlund et al. (2004)分析兩個皆考慮加倍碳稅之稅收中立情境，其中之一藉由較低消費稅形式退稅，可降低瑞典 GHG 總排放量之 2%，另一則用於補助大眾運輸，結果顯示居於人口稀少地區家庭所須負擔較多。

## 技術

### (1) 小型綠色能源設備：

(a) 家用加熱系統: Good et al.(2007)分析以綠色能源為基礎之家庭加熱與通風等系統，可達50%以上之節能效率，並可降低19-90%之 $eCO_2$ 排放，降低之幅度與替代之燃料相關。Kalogirou (2004)分析使用家用太陽能熱水系統之效益，與傳統加熱系統比較，可降低80%之用電量，若同時利用於空間之加熱則減少40%用電量，但卻可減少更多污染氣體之排放。Tarnawski et al.(2009)分析日本民宅利用土壤熱源泵空調系統(ground source heat pump system)配合與地表進行熱交換之技術，比起用油或用電之加熱系統更具效益。

(b) 照明:Elsarrag (2008)在住宅利用較低成本之質子交換膜燃料電池(Proton Exchange Membrane, PEM)發電，可用於LED燈(Light-emitting Diode)，可省能源。

(2) 舊電器產品最佳汰換年限分析：Kim et al.(2006)依據冰箱生產、使用及淘汰三階段，分析GHG排放、能源消耗與經濟支出等三因子，以評估冰箱最佳汰換年限分析。此研究中以1985至2020年為時間範圍，考量不同年代之冰箱效率，發現以GHG為目標，最佳使用年限之分佈由2-11年，早期冰箱的最佳使用年限，明顯較晚期短。而以能源目標使用年限，其最佳使用年限之分佈為2-7年。

(3) 太陽能烹煮炊具：Pohekar et al. (2006)分析拋物狀太陽能炊具(Parabolic Solar Cooker ,PSC)，在九種印度家庭可利用的炊煮能源裝置中，PSC在綜合評比中排名第五，並指出應促進技術與商業上之功效，以及消費行為之信心。

(4) 水冷式空調 (Water Cooled Air-conditioner)：Chen et al. (2008)依據不同室內與室外情況，測試水冷式空調與氣冷式空調，比較冷卻輸出、電

力使用與空調制冷係數，預測使用該項技術可省下香港住宅全年用電之 8.7%。

- (5) 家用空調應用比較：Chen (2008)以四台家用分離式冷氣機，比較兩種空調冷媒之制冷性、能效比、能量消耗與可能造成的 GHG 排放等，發現環保綠色冷媒 R410A 較具有良好的熱傳遞與流動性，由於具有較低的間接 GHG 排放性質，與一般冷煤比較，最多可降低 11% GHG 排放。

## 9.2.2 建築

此部分的內容為住宅或校舍建築如何降低 GHG 排放的策略與技術，主要包括設計、標準制定及節能裝置等。

### 策略

- (1) 住宅能源標準：住宅可制定能源與熱能供應源標準，以有效引導節能減碳，Siller et al.(2007)針對瑞士進行數個情境分析，發現與 1990 年相比可降低 80%之住宅 eCO<sub>2</sub>排放量。
- (2) 住宅翻修：根據 Verbeeck et al.(2005)分析比利時住宅翻修，指出屋頂隔熱措施最具成本效益，另外利用最具經濟效益之住宅翻修措施所得之結果，以樓地面積為單位可減少 35(加減 7.6 )kg/m<sup>2</sup>/yr 或以住宅空間體積為單位可減少 13(加減 1.7) kg/m<sup>3</sup>/yr 之 GHG 排放。

### 技術

- (1) 小型熱電生產系統(small combined heat and power, micro-CHP)：Entchev et al. (2004)分析以天然氣為燃料之 Stirling 引擎運用於住宅 micro-CHP 系統，可產生 736W(e)的電輸出與 6.5kW(t)的熱輸出。
- (2) 圓形屋頂(dome-coverd)建築：Lin et al.(2008)針對圓頂屋頂建築分析其所需之能源需求，與加拿大蒙特婁的獨立房舍相比，利用圓形屋頂的建築每年約可降低 62.6%之熱能負載。

- (3) 太陽能-柴油混合發電系統(solar photovoltaic-diesel hybrid power generation system)：Shaahid et al.(2008)分析 4 kWp PV 系統連結 10 kW 柴油系統，以及 3hr 電力負載之儲蓄電池之發電系統，所需成本為 US\$0.179/kWh，與僅使用柴油之情境下，減少 19% CO<sub>2</sub>。
- (4) 自然通風住宅：Ziskind et al. (2002)實驗模擬單層獨立房屋之自然通風系統，建築物的熱源(如屋頂或牆壁)經由太陽的照射，將驅動空氣的流動，結果指出此法可得到有效之空氣流通性。

### 9.2.3 廢棄物回收

此部分的內容主要為透過廢棄物回收降低 GHG 排放，資料主要針對社區、家庭學校與個人相關的廢棄物回收所作之策略，或相關之廢棄物應用技術，作為收集的目標。

#### 盤查與效益分析

- (1) 電器回收效益分析：Nakano et al.(2007)針對日本所施行之 Home Appliance Recycle Law 進行分析，針對電視回收可達到 4.7E+4 t-e CO<sub>2</sub> 減量，空調為 9.2E+5 t-eCO<sub>2</sub>，冰箱為 2.6E+6 t-eCO<sub>2</sub>，而洗碗機為 3.8E+4t-eCO<sub>2</sub>。

#### 策略

- (1) 家庭電器回收再利用：Truttman et al. (2006)選擇八種常用電器，並比較兩種終極端情境，一為完全沒有電器產品再利用，另一為因電器產品再利用而使其壽命延長 50 至 100%，以節能為觀點，可省下 12% 能源消耗，減少奧地利全國能源使用之 0.22%。

## 技術

- (1) 沼氣(biogas)回收：沼氣回收乃結合能源替代與糞肥管理所得之效益，根據 Yu et al.(2008)針對中國農村利用沼氣所降低之溫室氣體排放量分析，到 2020 年可降低 467,94.90 Gg -eCO<sub>2</sub> 的排放。
- (2) 家用生質木炭燃燒加熱器：Horio et al. (2009)設計利用生質木炭，且可輸出 6kW 能源的燃燒加熱器，該生質木炭可來自數種廢棄生質物，例如咖啡廢棄物或大豆纖維等，以減少使用生質木炭，並降低 GHG 排放，其熱量效能為 60-81%，而排出氣體中的 CO 濃度，經過催化劑可少於 5ppm。

### 9.3 小結

社區、家庭、學校與個人等之 GHG 排放與日常生活活動有較大的相關，本研究依所收集資料內容分為能源使用、建築與廢棄物三個部分。在日常生活中，透過降低能源的使用可減少 GHG 的排放。降低日常電力使用之方法包括鼓勵節能電器的使用、制訂電器的效率標準，或是透過降低住宅建築的耗能率或裝設低 GHG 排放能源設備等，以降低排放 GHG；另外，透過廢棄物回收與再利用等，亦可降低能源使用量，減少排放 GHG。

## 第十章 綠色能源

本章主要說明非特定用途的綠色能源策略與技術，若屬特定對象的，則亦可能列入其他章節中說明，但若即使是針對特定對象，但內容是一般綠色能源技術，則亦可能列入此章中，綠色能源大致可分為太陽能、氫氣能與燃料電池、風能、水力能、海洋能、地熱能與生質能、其他與示範應用等數大類，本研究將依照上述之分類整理及分析相關資料文獻，以下依總體概述、資料內容整理與分析以及小結分別說明之。

### 10.1 總體概述

表 8 為本研究所收集與綠色能源相關策略與技術內容之概述，包括綜合或共通性策略與技術、太陽能、氫氣能與燃料電池、風能、水力能、海洋能、地熱能、其他與示範應用整理資料。

表 8 綠色能源策略與技術概述

項目	資料內容概述
綜合或共通性策略與技術	主要收集的內容為促進綠色能源推動策略，包括保證電價收購綠色能源、招標競價、綠色能源配額制與綠色驗證等；另外還包括綠色能源混合使用技術。
太陽能	主要包括利用抵稅與補助的方式，促進太陽能設備的裝置；其他內容尚包括太陽能利用於冷卻系統或游泳池的技術，以及其他利用太陽能源的技術。
氫氣能與燃料電池	內容主要為產氫的技術，包括綠色能源產氫、光合作用產氫與碳化-煅燒反應等，以及燃料電池技術，包括微生物燃料電池與無 GHG 排放含碳燃料電池等；另外則包括氫氣生產與其利用的效益分析，與增加清器使用的方便性等。

風能	該部分內容主要為小型分散式網絡風力能與風能系統的評估。
水力能	該部分內容主要為小水力發電的運用與提升小水力發電的技術等。
海洋能	該部分內容主要為海洋能轉換技術，包括水下浪板能源轉換與直接驅動永久磁鐵發電機等。
地熱能	該部分內容主要為地熱能轉換技術，包括雙階閃化、二氧化碳熱傳等地熱發電方式。
生質能	主要內容包括透過補助降低生產成本、透過免稅促進生質能使用、透過認證的方式確認品質、以及生質能生產效益與生質能與傳統能源的結合使用等，另外尚包括生質能生產技術。
其他	主要內容為將生物產生的熱轉換為有用的能源。
示範應用	主要內容為應用綠色能源的範例。

## 10.2 資料內容整理與分析

### 10.2.1 綜合或共通性策略與技術

此部分所收集的資料乃適用於多種或非特定綠色能源應用與推廣，內容如下所述：

#### **策略**

(1) 保證電價收購綠色能源(Feed-in tariffs, FIT): 該策略乃要求電力公司支付固定或市場決定之優惠金額購買綠色能源，以促進發展綠色能源。

(a) Rowlands (2005)分析歐洲於該策略應用於太陽能之經驗，不同之處包括電價支付金額、保證支付期，而該策略之優點可增加太陽能裝置容量、增加投資者信心等，但由於不能形成競爭而促使價格下降。

(b) Menz et al. (2006)針對美國數個州政府綠色能源政策對於風能之發展分析，指出 Renewable Portfolio Standard (RPS)與 Mandatory Green Power Option (MGPO)兩者強制性策略，比起金融鼓勵措施或自願性選擇綠色能源，更能夠促進風能發展。Mulder (2008)針對歐洲國家於 1985-2005 年促進風力輪渦機投資之策略進行分析，基本都結合了 FIT、基本建設投資成本補助與生產補助等價格主導之策略，其中 FIT 有效性最佳，但由風能建設之擴展速度下滑之情況，光以價格作策略手段為不夠的。

(2) 招標競價(Competitive Biddings)：Alternative Energy Sources Incentive Program (PROINFA)為巴西政府於 2002 年為刺激使用風力、生質能與小水利發電所設計之計畫，演變至今變為以招標競價制度發展綠色能源，並予以設限以限制對最終電價之衝擊，但依據 Dutra et al. (2008)分析，其較適合於單一綠色能源之發展。

(3) 綠色能源配額制(Renewable Portfolio Standards, RPS)：RPS 是要求電力公司一定比例之電力需來自綠色能源，以促使電力公司發展有效率的綠色能源。Langniss et al. (2003)依據美國德州利用 RPS 做為其發展風力能之經驗分析，該項策略可刺激綠色能源發展與鼓勵綠色能源生產者之競爭性。

(4) 綠色憑證(Green Certification)：綠色認證類似 RPS，亦是電力業者的綠色電力比例要達到一定的要求，除可購自綠色能源發電者外，亦可向其他電力公司購買憑證。Marchenko (2007)指出雖然綠色憑證不能降低能源對環境的衝擊至最小程度，但可刺激投資者、電力發電者與消費者使用混合電力來源；另外，綠色憑證亦有下列優點：1.透過市場競爭可促使所需成本最小化；2.因競爭市場所產生之短期償債能力(乃即時足額償還流動負債的保證程度)可使成本維持穩定；3.藉由不同時期技術間的跨期(inter-temporal)競爭，可增進動態效率。而 Kildegaard (2008)針對英

國、瑞典與美國德州等發展綠色憑證的國家與地區進行分析，發現可選用之減量技術只包含高固定成本之技術時，此時交易所達到之平衡點，前述之優點將會消失。當低固定成本技術在認證市場出現且與高固定成本技術競爭時，長期之交易合約將會消失，且減量技術會開始選擇低固定成本技術。

## 技術

### (1) 綠色能源混合技術：

(a) 太陽能與風能組合：Yang et al. (2009) 根據太陽能-風能系統中，光電模組數與其傾斜角度、風力模組數與其高度，以及電池容量作為變異因素，且將該設計應用於電信轉接站，具良好功效且電池很少發生過放電之狀況。Reichling et al. (2008) 則將太陽能-風能系統運用於美國的發電廠中，雖然成本上以風能單獨發電較低，但該混合系統可以負擔所需之電負載。且指出太陽資源因地區差異而有所不同，亦影響該混合系統之經濟可行性。

## 10.2.2 太陽能

此部分所敘述內容為太陽能相關的資料，內容如下所述：

### 盤查與效益分析

(1) 家用太陽能冷卻系統：Florides et al. (2002) 分析 11 kW 家用太陽能冷卻系統，使用 20 年所需成本總共為 C£ 13,380，與傳統之冷卻系統比較減少 1.2 倍之 eCO<sub>2</sub>。

### 策略

(1) 抵稅：Chandrasekar et al. (2005) 分析印度推廣太陽能裝置之策略，發現以所需的裝置成本(capital cost)做比較，抵稅利益(income tax benefit)比提供低率貸款更能刺激使用者安裝太陽能系統。

(2) 補助：Rouleau et al.(2008)說明紐西蘭推廣太陽熱水系統所採用的補助政策不宜用於低成效高價格之技術，為避免發生上述情形，因而有必要製訂成效基準標準與價格標準，以確認產品品質及成本有效性，另外補助金額須佔系統總成本相當的比率，且需有足夠長期間，給消費者與太陽能業者信心。

### 技術

(1) 泳池太陽能加熱：Michels et al. (2008)分析以太陽能用泳池加熱取代部分燃油的成本效益，所需成本為 US\$ 6,445，內部收益率為 30%，且可降低 41,213 kg eCO<sub>2</sub>/yr。

(2) 太陽能光熱系統：Fraisie et al. (2007)指出太陽能光熱系統可限制太陽能電池運作中之溫度，而用於建築上因其多重機能之架構而降低成本，沒有玻璃覆蓋物之系統因冷卻之影響，效率為 10%，有玻璃覆蓋物者效率僅 6.8%，而傳統之太陽光電模組其效率為 9.4%。

(3) 太陽能-蒸汽轉換系統：Falco et al. (2008)指出於天然氣供應管線中，以 17 vol% 之氫氣與天然氣進行混合，可提升天然氣內燃機效率及減少排放 GHGs。因而發展蒸汽轉換反應器(steam-reforming reactor)以生產甲烷與氫氣混合氣體；於反應器中，應用聚光太陽能(concentrating solar power, CSP)提高溶鹽蒸氣(molten salt stream)溫度，以進行熱交換並產生氫氣與甲烷混合。

### 10.2.3 氫氣能與燃料電池

此部分所敘述內容主要為氫氣能與燃料電池相關策略與技術。產生氫氣有時需要外部能源的供應，可考量使用其他綠色能源或是透過其他化學轉換技術來產氫。而燃料電池也包含許多種類，如可利用微生物或配合低碳的程序。內容如下所述：

## 盤查與效益分析

- (1) 綠色能源產氫效益分析：Granovskii et al. (2007)比較不同綠色能源產氫效益，且假設燃料電池引擎效率為傳統內燃引擎兩倍，比使用石油所降低之 GHG 排放，風能-氫能為 12-23 倍，而太陽能-氫能為 5-8 倍。
- (2) 氫能利用潛勢分析：Karlsson et al. (2008)分析綠色能源的未來需求，並假設北歐能源系統以氫氣為主要之運輸替代燃料，若汽油價格 \$100/barrel、CO<sub>2</sub> 價格為 40(sic)/ton、以及氫能於交通上之運用如假設之情形，則於 2050 年將 65%運輸工具依賴氫能。

## 策略

- (1) 多用途加氣站：加氣站缺乏是發展氫能汽車之一大阻礙，Forsberg et al. (2007)利用改良之小型甲烷加氣站，結合未來氫氣與甲烷之加氣需求，考慮設備需求與週期性設備維護，以及假設固定氫氣使用量，找出所需投資金額。

## 技術

### (1) 產氫技術

- (a) 油棕櫚產氫：油棕櫚可透過在超臨界水中進行氣化反應以轉換為氫氣，Kelly-Yong et al. (2007)指出油棕櫚可產生  $2.16 \times 10^{10}$  kg / yr 的氫氣，約占了世界需氫量之 50%。
- (b) 太陽能水解產氫：Bockris et al. (2008)指出，利用太陽能水解產生能量含量相當於 1 加侖石油之氫氣需要 \$2.50，所產生之氫氣可再與由大氣採取之 CO<sub>2</sub> 結合生成燃料甲醇。
- (c) 海洋能水解產氫：Temeev et al. (2006)所進行之試驗性研究指出，利用結合 offshore Float Wave Electric Power Station (FWEPS)波浪能轉換與海水電解產氫技術，其為可行技術並可予以實際操作。

- (d) 生質產氫：Manish et al. (2008)分析四種生質產氫技術程序，包括 dark-fermentation、photo-fermentation、two-stage process 與 biocatalyzed electrolysis，並與 steam methane reforming (SMR)比較，若不考慮副產物之影響，上述產氫程序效率皆比 SMR 低，但可降低 57-73% GHG 排放與 65-79%傳統能源使用。
- (e) 光合作用產氫：Tan et al. (2007)利用  $\text{TiO}_2$  吸附水且灌入高純度之  $\text{CO}_2$ ，並以 UVC 燈持續照射，可產出氫氣與甲烷。
- (f) 碳化-煅燒(Carbonation-calcination)反應產氫：Barelli et al. (2007)以合成氣做為產氫原料並利用碳化-煅燒反應產氫，且測試不同組成之合成氣，結果顯示其可提供純度 99%之氫氣，且無  $\text{CO}_2$  之生成。
- (2) 酶生質燃料電池 (Enzyme-based biofuel cell)：Minteer et al. (2007)指出雖然該種燃料電池目前有使用壽命短與低燃料利用率等缺點，但比起傳統電池其具有更大的能量密度，且比一般燃料電池較不需要薄膜隔離裝置。

#### 10.2.4 風能

此部分所敘述內容為風能相關策略與技術。主要利用風能將其轉換為電能，內容如下所述：

##### 盤查與效益分析

- (1) 小型分散式網絡風力能：Bishop et al. (2008)分析巴貝多利用少於 500W 之小型風力發電機之效益，可降低 6-23 Kt-e $\text{CO}_2$ /yr，與 BDS\$1.5-5.3 million/yr 的燃料成本。

##### 策略

- (1) 風能成本評估：Greenblatt et al.(2006)以能提供電力基本負載之前提下，分析整合風能與天然氣循環渦輪(natural gas turbines)(Wind+Gas)及整合

風能與壓縮空氣能源儲存(compressed air energy storage)(Wind + CASE)兩種系統之經濟可行性。Wind+CAES 系統所排放 GHGs 僅為 Wind+Gas 的 1/4 或煤發電之 1/10，預期在 GHG 排放價格高於 \$35/teCO<sub>2</sub> 時該系統可與其他系統競爭。

### 10.2.5 水力能

此部分所敘述內容為水利能相關策略與技術。主要利用水利能將其轉換為電能，內容如下所述：

#### 盤查與效益分析

- (1) 小水力發電(SHP)：Purohit (2008)分析印度在 CDM 下 SHP(small hydro power ,SHP )計畫所得之效益，每年可產生之 CER (Certified Emissions Reduction ,CER)在 2012 年約為 7-20 Mt-eCO<sub>2</sub>/yr，在 2021 年則約為 13-24 Mt-eCO<sub>2</sub>/yr。

#### 技術

- (1) 小水力發電效能提升：Thorburn (2005)指出瑞典有組小水力發電機用以增加電壓，因不必使用變壓器而可改善其效能，發電功率由 8.9MW 提升至 9.4MW，產電量變為 4.2GWh/yr。

### 10.2.6 海洋能

此部分所敘述內容為海洋能相關技術。主要轉換海洋能為電能，內容如下所述：

#### 技術

- (1) 水下浪板能源轉換分析：Orer et al. (2007)以長寬厚以及放置深度分別為 1 m、60 cm、2 cm 與 60 cm 之浪板，分析 20 個不同波浪性質與波浪高

度組合下能源轉換效率，結果顯示在波浪週期、波浪高度與長度分別為 1.87s、6cm 與 537cm 之情況下，其可達到 60% 之效率。

- (2) 直接驅動永久磁鐵發電機 (Direct Driven Permanent Magnetized Generator) : Leijon et al. (2007) 指出，不需要能源輸入控制系統或齒輪等能源轉換裝置的直接電能轉換裝置可降低將移動水轉換為能源之成本，分析 5kW 的永久磁鐵發電機，其在部分負荷(part-load)與超負荷(overload)之情形下皆具良好效能。

### 10.2.7 地熱能

此部分所敘述內容為地熱能相關技術。主要利用地熱能的熱量傳導，進行能量轉換並進行發電，內容如下所述：

#### 技術

- (1) 雙階閃化(Double-stage flash)地熱發電系統：閃化處理為使高溫流體因壓力驟降而迅速汽化，以推動渦輪機發電，若熱排水仍具有高溫，則再利用排水熱量再次發電，根據 Selek-Murathan et al. (2008)，在 double-stage flash 系統發電技術中，為達到最有效之能源生產，溫度為重要之控制選項。
- (2) 以二氧化碳熱傳的地熱發電系統：Pruess (2006) 指出美國史丹佛大學曾於 2000 年提出利用 CO<sub>2</sub> 取代水做為地熱能之熱傳遞流體，其有地質隔離 CO<sub>2</sub> 之輔助效益，在其所做之分析結果發現，與水相比更具由熱裂岩取熱的能力，且有較佳之壓縮性與膨脹性，可增加浮力而減少系統所需功率。
- (3) 地熱發電系統效率：Ozgener et al. (2006) 分析 Balcova 與 Salihi 兩種運用於土耳其建築物之地熱系統，其能源效率分別為 39.36% 與 59.31%。

## 10.2.8 生質能

此部分所敘述內容為生質能相關策略與技術。生質能來源頗多元，諸如能源作物、農業廢棄物、廢氣處理副產物甚或是微生物等，可用於發電與交通運輸之替代燃料，並透過補助等策略進行推廣，且透過標準的建立以確認其品質，內容如下所述：

### 盤查與效益分析

- (1) 微藻類生質燃料：Gouveia et al. (2008)指出，某些種類的微藻類因富含油脂，可作為生質燃料的來源之一，另外其具有快速的生長性，並可生長於非可耕地與非飲用水中，需水量更少，其生產不受季節影響，更不會排擠食物作物的種植。

### 策略

- (1) 補助: Demirbas (2007)指出可透過農業政策補助與免稅優惠以降低生質能總生產成本，促進生質能之使用。
- (2) 生質能認證 (biomass certification)：Dam et al. (2008)指出，由於使用率與生產率的提升，已漸形成國際生質能市場及增加交易，因此必須訂定標準以保證產出品質，而標準訂定以 GHG、能源比較及土地利用改變為主要依據。
- (3) 碳標籤(carbon labelling)計畫：該計畫首度由 Intelligent Energy Europe Programme 執行，根據 Rutz et al. (2007)指出在歐洲使用不同的碳標籤行動能夠促進生質燃料的使用，提供消費者與燃料相關的資訊與教育，減少對原油的依賴。
- (4) 棄耕地改種能源作物：Hoogwijk et al.(2005)分析棄耕、低產能與休耕三種土地類型，配合不同 GHG 排放情境，評估 2050 至 2100 年種植能源作物之潛力，發現棄耕地具有最大產能，分別為 2050 年之 130 至 410

EJ/yr，以及 2100 年之 240 至 850EJ/yr。Field et al. (2008)分析可生產能源作物並避免與糧食作物產生競爭關係的最佳生質能來源為廢棄農田或放牧場，約可占世界初級能源消耗之 5%。

- (5) 稻草生質能成本效益：Matsumura et al.(2005)分析日本利用稻草或稻殼等農作殘渣，假設轉換效率為 7%，可產電 3.8 billion kW h/yr，占全日本需電量之 0.47%，所需成本為 US\$0.21/ kW h; Suramaythangkoor et al.(2008)分析泰國利用稻草發電之潛勢，與直接燃燒之方式比較，降低 7.8-13.2 Mt-eCO<sub>2</sub>。
- (6) 沼氣再利用比較：Tilche et al.(2008)針對歐盟國家所進行之分析，將沼氣做為燃料使用，與其他生物燃料比較對於溫室氣體之減量具有更好之效益，且並不需考慮土地利用問題。
- (7) 燃料乙醇免稅：Vedenov et al. (2008)指出美國若以增加石油徵稅，讓使用燃料乙醇免稅，則能同時具有環境與能源安全效益。
- (8) 生質能與燃煤共燃發電：Ericsson (2007)分析波蘭之生質能與燃煤供燃發電措施，指出這是經濟與技術上最具效益措施，可以處理生質能供應中斷的問題，且其對些微之價格變動不敏感，但其對其他污染物(e.g. SO<sub>2</sub>)之減量不明顯;波蘭預計在 2010 年達到 7.5% 電目標，Berggren et al. (2008)分析生質能運用於波蘭現存之燃煤發電廠以共同燃燒之措施，預期發電量預計占 2010 年總發電量之 1.6-4.6%。

## 技術

- (1) 燃料乙醇：Kalogo et al.(2007)將固體廢棄物乙醇以 E85 燃料酒精運用於小客車上，比較石油與不同燃料乙醇之溫室氣體排放，發現比利用石油為燃料降低 65% eCO<sub>2</sub>，且比較將固體廢棄物以掩埋之方式處理時所需消耗之石化能源，可省 397-1830 MJ/Mt MSW 之能源使用。

- (2) 微生物生質燃料：Rittmann (2008)指出某些微生物可將農業、動物或工業廢棄物轉換為能源，另外，可利用某些光合成微生物之脂質生成生質柴油，而非脂質的部分亦可生成其他可用能源；Atsumi et al. (2008)指出利用大腸桿菌合成之生質燃料，比一般之生質燃料具有更高之能源密度、較低之吸濕性、較低之蒸汽壓，另外更適合於現今之運輸裝置，但直接利用有機體生產不具經濟效益，而需利用代謝工程(Metabolic engineering)做為替代之做法。
- (3) 柳樹(willow)發電：Heller et al.(2003)分析美國用柳樹(willow)發電之潛力，若以該生質能以 10%之比例與石化燃料共同燃燒，所產生之電能可增加 8.9%，而降低 7-10% eCO<sub>2</sub> 排放。
- (4) 柳枝稷(switchgrass)乙醇：Schmer et al. (2008)針對美國用柳枝稷生產纖維素酒精進行研究，平均可生產 60 GJ/ha/yr，與使用石油相比可減少 94% 之 eCO<sub>2</sub> 排放。

### 10.2.9 其他

此部分所敘述為其他綠色能源相關技術，內容如下所述：

#### 技術

- (1) 微生物產熱：Jan Remmereit et al. (2007)將 hyperthermophilic 微生物對生質物進行降解時所產生的熱用於液體的加熱，並直接應用於加熱幫浦、輻射加熱、產電與驅動微氣渦輪機的使用。
- (2) 石油污泥再生燃料：Elektorowicz et al. (2005)應用電動力(electrokinetic)相分離技術於石油污泥再生，可減低污泥總量，及再生無金屬與水分的燃料，其指出可降低 40,026,000 kg/yr CO<sub>2</sub>、1,057kg/yr CH<sub>4</sub>與 566 kg/yr N<sub>2</sub>O。

### 10.2.10 示範應用

此部分所敘述內容為綠色能源的實際應用案例，內容如下所述：

- (1) 綠色能源：根據企業永續發展協會 (2009)，位於桃園之 7-11 門市屋頂設置十座風力發電機，提供其部分照明，而緊鄰之自助式加油站則於屋頂設置太陽能發電板，則提供部分之加油用電，減少 6.6 t-eCO<sub>2</sub> 排放。

### 10.3 小結

綠色能源是台灣面對未來很重要且應投入發展的領域，加上台灣的自然環境很適合發展綠色能源，在各類綠色能源中，有不少值得台灣進行探討及發展。綠色能源主要包括太陽能、氫氣能與燃料電池、風能、水力能、海洋能、地熱能與生質能等。各種綠色能源的來源與發展潛力可能會受到地域條件等因素所限制，故在發展綠色能源時，需先評估當地之環境特性，如地熱能應用技術的發展即會受到地熱能來源的影響。此外，國際上已有很多國家建立相關策略鼓勵使用綠色電力，這些策略可供台灣參考。

## 第十一章 溫室氣體減量技術

本章依照所收集到的資料內容，分為綠建築、綠色設計與技術、綠色燃燒技術、GHG轉換技術與大規模及創意減量技術等五部分，以下首先作總體性的概述，之後說明各子分類資料內容整理與分析與小結。

### 11.1 總體概述

表 9 為本研究所收集的溫室氣體減量技術內容概述，並分為綠建築、綠色設計與技術、綠色燃燒技術、GHG 轉換技術與大規模及創意減量技術整理資料。

表 9 溫室氣體減量技術概述

項目	資料內容概述
綠建築	主要內容分為三項，包括被動式太陽能建築，生態有善性建築、開放式建築與土地接觸與遮蔽建築。
綠色設計與技術	主要內容為可降低 GHG 排放之產品運用，包括多醣類纖維運用與高溫超導體運用。
綠色燃燒技術	主要內容為可降低 GHG 排放，且可降低能源使用的技術，包括化學鏈燃燒技術、非混合燃燒程序與燃燒脫碳等。
GHG 轉換技術	主要內容為透過技術應用，將 GHG 轉換的技術，包括利用光進行 GHG 減量、CHF <sub>3</sub> (三氟甲烷)轉換技術與 N <sub>2</sub> O 轉換技術等。
大規模及創意減量技術	主要分為兩項技術，其一為阻止太陽能入射，包括人造雲、硫磺屏障與遮陽罩等，另一為二氧化碳吸收，包括人造樹與繁殖具吸收二氧化碳能力之生物。

## 11.2 資料內容整理與分析

### 11.2.1 綠建築

此部分的所收集的資料主要針對可降低 GHG 排放或能源使用的綠建築設計，內容如下所述：

- (1) 被動式太陽能建築(Passive Solar Building)：被動式太陽能建築，是運用熱傳學的原理，為冬季室內取暖與夏季降低室內溫度的節能設計。Chandel et al.(2008)針對印度喜馬偕爾邦所設計或建立之被動式太陽能建築進行分析，其具有較低裝置與維護成本，亦指出可省下空間加熱所需之用電，以及降低 35%建築物熱損耗；而 Larsen et al. (2008)根據阿根廷被動式太陽能建築分析其夏冬兩季之冷卻與加熱之能源使用狀況，與傳統能源供應比較，可省下 70%冷卻所需的能源，以及 50%加熱所需之源。
- (2) 生態友善性建築：根據 Project Two Degrees (2008b)，澳洲墨爾本的市議會為一座十樓高的建築，名稱為 Council House 2，其仿照地球生態，利用 24 小時自然循環的太陽能、風能、自然光線、空氣與雨水等，以提供該建築物用電、加熱與用水的需求，可降低 514 t-eCO<sub>2</sub>/yr。
- (3) 開放式建築(Open-building)：Chen et al. (2008)指出開放式建築是結合永續性建材、電子化管理、綠建築設計與營建自動化技術。例如將奈米塗料材運用於建築外牆，其可進行自動化清理，或是綠建築設計利用三合一的太陽鏡板提供綠色能源等，利用最少資源與產生最少廢棄物等。
- (4) 土地接觸與遮蔽建築(earth-contact/earth-sheltering building)：此建築技術是將土表與牆面接觸，以減少熱損失以及維持室內溫度，Kumar et al. (2007)將此技術運用於印度技術研究院內，指出其提升熱轉換與增加室內空氣溫度波動，影響隨建築結構與土地接觸增加而增加。

## 11.2.2 綠色設計與技術

此部分所收集的資料主要為可降低 GHG 排放或能源使用的產品或設計，內容如下所述：

- (1) 多醣類(Polysacchride)纖維運用：根據 Shen et al. (2008)，多醣類可運用於紡織、工程原料與包裝等的使用，其中將其與傳統運用為工程原料的玻璃纖維比較，其可降低 3-40% 的 GHG 排放，並可省下 25-30% 的非再生能源使用。利用纖維素酒精為原料可製造聚羥基脂肪酸 (Polyhydroxyalkanoates, PHA)，Yu et al.(2008)指出以此方法製造 1kg PHA 與並與傳統塑膠原料做比較，其可降低 0.49 kg-eCO<sub>2</sub>，而石化原料的塑膠則需要 2-3 kg-eCO<sub>2</sub>，約可降低 80% 之 GHG 排放。
- (2) 高溫超導體(High Temperature Superconductor, HTS)運用：Hartikainen et al. (2003)將高溫超導體運用於發電機與變壓器等，且依據芬蘭電力發電網情況，利用超導體預期可收支平衡及減少 0.8-1.53 Mt-eCO<sub>2</sub>/yr 的發電量。

## 11.2.3 綠色燃燒技術

此部分所收集的資料主要為降低燃燒過程所排放的 GHG，且進行 GHG 的捕捉及節省能源的技術，內容如下所述：

- (1) 化學鏈燃燒技術(Chemical Looping Combustion, CLC)：Hossain et al. (2008) 指出 CLC 具有效率佳與成本低的優點，此技術連結氣體與液體的流體化床反應器，以金屬氧化物為氧氣攜帶者，在兩個反應器間循環利用提供燃燒所需的氧氣，燃料不直接與空氣接觸，避免產生氮氧化物，主要生成 CO<sub>2</sub> 與水蒸氣，並使用物理冷凝的方式回收 CO<sub>2</sub>，可省下能源，且運用 Ni(鎳)在此程序會有較好效果。
- (2) 非混合燃燒(Unmixed Combustion)程序：根據 Lisbona et al. (2008)，該程序由三個相連反應器所組成，煤碳氣化室截下 CO<sub>2</sub> 及產生 H<sub>2</sub> 氣體，

以供燃料電池使用，而排出氣流可用於煙氣輪機與餘熱蒸汽產生器，最高可達到 73% 電力效率，與 96%CO<sub>2</sub> 截取效能。

- (3) 燃燒脫碳：(a)燃燒前脫碳(Pre-Combustion De-Carbonisation, PCDC)技術：在發電系統中使用 PCDC 技術，主要是將燃料轉換為合成氣，經過合成氣的轉換與 CO<sub>2</sub> 的分離，所產生的 H<sub>2</sub> 用於發電，CO<sub>2</sub> 則進行掩埋，Jansen et al. (2004)則著重於 H<sub>2</sub> 分離薄膜的反應器，指出將可提供較低的碳或損失。(b)燃燒後脫碳技術：Favre (2007)指出許多研究認為吸收程序為最為可行的碳捕獲技術，其將高分子緻密膜捕獲程序與胺類吸收技術分別用於燃燒後脫碳程序，並做兩者之比較，發現高分子緻密膜對於解決煙道氣體處置問題，當 CO<sub>2</sub> 濃度超過 20% 時其具有競爭性。
- (4) O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub> 燃料燃燒循環系統：Amann et al. (2009)將此系統用於天然氣聯合循環(Natural Gas Combined Cycle, NGCC)發電系統捕獲 CO<sub>2</sub>，可降低大約 280g /kW-h 的 CO<sub>2</sub> 排放，當 O<sub>2</sub> 純度達到 90%mol.，而 CO<sub>2</sub> 的重獲率達到 85%時，淨電效率可達到 51.3%，但與一般以化學吸收為基礎的燃燒後捕獲技術比較，其效率損失 8.1%。

#### 11.2.4 GHG 轉換技術

此部分所收集的資料為透過技術的應用，將 GHG 化合物轉換為非 GHG，或是具有利用價值的化合物，內容如下所述：

- (1)利用光進行 GHG 減量：Huang et al (2008)利用丙烯為反應物，針對 SF<sub>5</sub>CF<sub>3</sub> 與 SF<sub>6</sub> 進行光還原作用反應，變為 CH<sub>4</sub>、元素硫與微量的氟有機化合物，此法的 GHG 分解與去除效率(destruction and removal efficiency, DRE)會受到其與丙烯結合率所影響，而氧氣與水蒸汽則可加強 DRE 與沉積物的產生。Wu et al. (2009)則將 CO<sub>2</sub> 透過塗於光學纖維

上的光觸媒，產生甲醇、甲烷與乙烯等化合物，其中甲醇的生產與 UV 光線強度成正比。

- (2) CHF<sub>3</sub>(三氟甲烷)轉換技術：Han et al. (2008)將 CHF<sub>3</sub> 與 CH<sub>4</sub>利用 CaBr<sub>2</sub>(溴化鈣)為反應物，於 400-900°C 溫度下，可轉換為具有價值的產物 CH<sub>2</sub>=CF<sub>2</sub>(二氟乙烯)，而 CH<sub>4</sub> 以及反應階段所產生的 CBrF<sub>3</sub>(三氟溴甲烷)與 Br(溴)，對於增加 CH<sub>2</sub>=CF<sub>2</sub> 的生成扮演主要的角色。
- (3) N<sub>2</sub>O 轉換技術：Dacquin et al. (2008)利用貴金屬為催化劑，以進行 N<sub>2</sub>O 的催化分解，指出在高溫進行的反應混合物的還原與氧化熱處理，會增加 N<sub>2</sub>O 的轉換。

### 11.2.5 大規模及創意減量技術

此部分的內容主要是指大區域應用(甚至全球性)，包含仍是概念構想的技術，內容如下所述：

#### (1) 阻止太陽入射

- (a) 人造雲：由 John Latham 與 Stephen Salter 所構想(BBC news, 2007)，乃利用潛艇船隊將海水打入雲中，增加雲之厚度以反射更多太陽光，但是此舉對於生態系統之影響還未知。
- (b) 硫磺屏障：由 Paul Crutzen 所構想(BBC news, 2007)，乃藉由發射火箭，在平流層製造一個硫磺屏障阻止太陽光照射，但是在較低高度中硫磺會造成很多危害，包括酸雨、破壞臭氧層，並造成更多之溫室氣體排放。
- (c) 遮陽罩：由 Roger Angel 所構想(BBC news, 2007)，乃將寬度 100,000 km 的巨型鏡子發射到離地表 1.5 million km 的高度，繞著太陽與地球運轉，但是太空梭最多僅能載重 25 公噸到較低之運行軌道。

## (2) 二氧化碳吸收

(d) 人造樹：由 Klaus Lackner 所構想(BBC news, 2007)，設計具有與樹葉相似構造之人工合成樹葉以吸收二氧化碳，但是無法永久吸存二氧化碳。

(e) 繁殖具吸收二氧化碳能力之生物：由 Ian Jones 所構想(BBC news, 2007)，將營養物質，如尿素，注入海洋中浮游生物之區域，繁殖浮游生物吸收二氧化碳，而在生物死後二氧化碳則隨其生物質沉入海中，但是太多的浮游生物會造成缺氧並造成其他生物死亡。Denman (2008)則建議可將鐵投入缺乏此營養素的區域性海洋中，做為浮游植物的養分，促進其攝取 CO<sub>2</sub> 以進行光合作用，但可能的副作用包括長期作用下海洋生產力的降低、海洋食物鏈結構轉變、加速海洋酸化，此外有機碳顆粒的輸出可能造成 N<sub>2</sub>O 的排放。

## 11.3 小結

以本研究所收集的GHG減量技術中，綠色建築乃是透過建築物本體之設計或裝設節能設備，減少能源之需求，降低GHG；而綠色設計與技術，乃利用較具環境友善性的原料，取代石化等燃料。另外，利用燃料燃燒的脫碳技術，減少燃燒過程中所排放的GHG，並增加燃料轉換的效率，或者更進一步地將GHG透過產物轉換的技術，將其轉換為可供利用的有價產物，可降低GHG排放量，亦值得國內參考。

## 第十二章 結論與建議

本研究主要是建立線上溫室氣體盤查減量策略與技術資料庫，以提供多元之減量策略與技術資料，並供台灣進行溫室氣體減量時參考。所建立的資料庫主要由四個關連式資料庫資料表所組成，並針對資料庫之功能設計四項功能，而為因應所設計之功能需求，乃選擇數個可公用的 Xoops 模組進行評估，並篩選出一個較適當的模組，據以發展本研究資料庫系統。另外，本研究依據所發展的資料整理原則進行資料的收集，並依據所設計的編碼分類原則進行資料的分類。以下總結本研究的成果，並建議可繼續探討的方向及問題，以供後續研究參考。

### 12.1 結論

本研究主要有三項成果，以下一一說明之。

1. 建立 GHGST 資料庫系統：主要用以提供決策者擬定 GHG 減量方案之參考依據，用以收集國內外 GHG 減量相關文獻。藉由 MySQL 關聯式資料表所建置的資料庫結構，可系統性地儲存每筆 GHG 減量資料的基本資訊、GHG 減量方式的敘述、使用者的補充資訊，以及於 GHG 減量中常見的相關名詞，並方便 GHGST 系統的發展與資料的增減。本研究設計輸入與修改功能、查詢功能、篩選功能、資料輸出與展示方式等系統功能以增進使用的方便性。另外，使用者可藉由本研究建置之 GHG 減量資料平台獲得 GHG 減量資料的基本資訊、資料內容、以及相關的意見與經驗評論，以獲得與 GHG 減量相關內容資訊。
2. 建立系統化資料編碼與整理原則：為了系統化管理及便於資料庫使用，本研究建立以下系統化資料編碼與整理原則：

- (a) 資料編碼原則：為了便於使用者進行查詢與篩選功能的使用，針對每一筆資料設定一個唯一的編碼，由六項屬性項目所組成，包括所屬分類(CA)、文獻種類(DT)、溫室氣體種類(GT)、溫室氣體部門或領域(GS)、以及減量策略與技術。資料編碼原則協助分類及整理資料，且利於查詢與篩選所需要的 GHG 減量所需相關資料。
- (b) 建立資料整理原則：由於資料繁多，不可能一一納入，因而依特性建立整理原則，共有五項原則：文獻資料主要收集方向、盤查與效益分析類文獻、效益比較文獻、說明與介紹性文獻與同一類型文獻處理原則。依據此五項原則建置此 GHGST 資料庫，以期加速建置及提昇其實用性。
3. 依據對象特性進行 GHG 減量策略及技術之收集與回顧：由於不同對象的需求不同，因而依全球、國家、城市、企業，以及社區、家庭、學校甚至到個人等不同減量階層的特性，收集不同減量策略及技術，以作為各階層研擬進行減量方案時參考，讓分析者了解各方面 GHG 減量方式與內容，以找尋適宜之 GHG 減量資料。

## 12.2 建議

依據本研究研究過程的發現及經驗，提出下列三項建議，以供日後研究及參考，以下一一說明之。

### 1. 資料庫的比較分析功能

本資料庫主要提供的功能，乃透過編碼的設計與屬性分類作為資料整理的依據等，便於使用者能快速尋找到適合台灣的 GHG 減量策略或技術。依據本研究研究過程的經驗，提供相關策略或技術的進一步之資訊給使用者，能夠增進使用者對於此策略或技術的了解，並能進一步選定適宜的 GHG 減量策略或技術，因此本研究建議建立 GHG

比較與分析的方式與頁面，如依據減策略推行或技術發展所需的成本、執行難意度、或所受到的限制等，同時使用者可依照如減量預算等預設條件的設定，取得最適宜的減量策略或技術。

## 2. 依各種需求查詢

由於各個減量的對象進行 GHG 減量時可能有著不一樣的需求，如國家或城市可能會考慮所需的成本，而企業更可能在意執行某項策略或技術可能帶來的附加價值等，因此本研究建議針對國家、城市、企業或個人等，設立更多 GHG 減量相關屬性，以提供資料的實用性。

## 3. 資料庫的資料補充與更新原則與程序

由於 GHG 減量近年來已成為越來越熱門的全球性議題，相關的策略與技術亦不斷地進行更新與發展，而台灣的人均排放量甚高，有必要加強 GHG 減量，應積極尋求適當的策略與技術，由於國內的經驗較不足，因而有必要參考國外的經驗，因而建立此資料庫系統，但另一方面，由於各國的情況與特性與台灣不盡相同，如何分析策略與技術的在地適用性，有必要建立一套原則與程序，亦以此作為補充更新資料時的重要依據，以維持 GHG 減量資料庫的實用性。

## 參考文獻

- 工業技術研究院，氣候變化綱要公約資訊網，我國溫室氣體清冊統計方法 (96 年)。 <http://www.impact-ukerc.org/>
- 王京明，(96 年)，“溫室氣體減量之國際經驗與台灣所面臨的困境”，全球台商 e 焦點，第八十七期。
- 石信智，(96 年)，“國外溫室氣體排放交易活動與國內規劃現況”，永續產業發展雙月刊，第三十四期，10-14 頁。
- 李明堅，(97 年)，“後京時期產業碳權與碳風險管理”，中技社 96 年度春季環境與能源研討會，台北。
- 林子倫，(96 年)，“後京都時代追尋綠色城市”，Taiwan News 財經·文化周刊。
- 林斌龍、華梅英、沈鴻禧、余泰毅、張漢聲、張長威，(93 年)，「九十三年台北市溫室效應氣體排放機笨資料調查及管置推動計畫」，台北。
- 洪世淇，(96 年)，“地球溫暖化因應對策及先進國家實施現況淺述”，國際公約對化學管制品季刊，8-15 頁。
- 為節能減碳及都市景觀，高雄市試辦單體行人號誌，民國九十八年。  
<http://www.kcg.gov.tw/jsf/KcgNews.jsf?unid=8be04757d2c697ea23b5b1d41d93a4e8cc823f43> (CI)
- 莫冬立、劉國棟，(92 年)，“溫室氣體盤查議定書(GHG Protocol)的應用與發展”，工業污染防治，第八十八期，146-902 頁。(CO)
- 梁啟源，(95 年)，“京都議定書對台灣之影響及其因應政策”，中央研究院週報，第一千零五十七期。
- 張家豪，(96 年)，「地方溫室氣體盤查系統」，國立交通大學環境工程研究所，新竹。

新竹經濟部工業局工廠公示資料查詢 (97 年)。

<http://gcis.nat.gov.tw/Fidbweb/index.jsp>

經濟部工業局，(93 年)，「工業部溫室氣體盤查減量宣導手冊」，台北。

羅思嘉、陳光華、林純如，(90 年)，「圖書資訊學學術文獻主題分類體系之研究」，*圖書資訊學刊*，第十六期，185-207 頁。

Al-Ghazawi, Z.D. and Abdulla, F. (2008). "Mitigation of methane emissions from sanitary landfills and sewage treatment plants in Jordan." *Clean Technologies and Environmental Policy*, 10(4) pp. 341-350. (NA)

Al-Mansour, F., Merse, S., and Tomsic, M. (2003). "Comparison of energy efficiency strategies in the industrial sector of Slovenia." *Energy*, 28(5), pp. 421-440. (NA)

Andrew, B. (2008). "Market failure, government failure and externalities in climate change mitigation: the case for a carbon tax." *Public Administration and Development*, 28(5), pp.393-401.

Amann, J.M., Kanniche, M., and Bouallou, C. (2009). "Natural gas combined cycle power plant modified into an O-2/CO<sub>2</sub> cycle for CO<sub>2</sub> capture" *Energy conversion and Management*, 50(3), pp. 510-521. (RT/LA)

APPED (Asia-Pacific Forum for Environment and Development)- APPED Good Practice Database (2007). <http://www.apfed.net/ki/database/gp.php>

Atsumi, S. and Liao, J.C. (2008). "Metabolic engineering for advanced biofuels production from Escherichia coli." *Current Opinion Biotechnology*, 19(5), pp. 414-419. (GE)

Ashina, S. and Nakata, T. (2008). "Quantitative analysis of energy-efficiency strategy on CO<sub>2</sub> emissions in the residential sector in Japan - Case study of Iwate prefecture." *Applied Energy*, 85(4), pp. 204-217. (CU/HO/SH/PE)

- Australia Government Department of Climate Change. (2008). International Forest Carbon Initiative.  
<http://www.climatechange.gov.au/international/publications/fs-ifci.html>  
(GL/MN)
- Barelli, L., Bidini, G., Corradetti, A., and Desideri, U. (2007). “Study of the carbonation-calcination reaction applied to the hydrogen production from syngas”, *Energy*, 32(5), pp. 697-710. (GE)
- Barton, J.R., Issaias, I., and Stentiford, E.I. (2008). “Carbon - Making the right choice for waste management in developing countries.” *Waste Management*, 28(4), pp. 690-698. (NA)
- Baumert, K.A. and Goldberg, D.M. (2006). “Action targets: a new approach to international greenhouse gas controls.” *Climate Policy*, 5(6), pp. 567-581.  
(GL/MN)
- BBS News. (2007). Five Way to save the world.  
<http://news.bbc.co.uk/2/hi/programmes/6298507.stm> (RT/LA)
- Berggren, M., Ljunggren, E., and Johnsson, F. (2008). “Biomass co-firing potentials for electricity generation in Poland - Matching supply and co-firing opportunities”, *Biomass & Bioenergy*, 32(9), pp. 865-879. (GE)
- Berkhout, P.H.G., Ferrer-i-Carbonell, A., and Muskens, J.C. (2004). “The ex post impact of an energy tax on household energy demand.” *Energy Economics*, 26(3), pp.297-317. (CU/HO/SH/PE)
- Bishop, J.D.K., Amaratunga, G.A.J. (2008). “Evaluation of small wind turbines in distributed arrangement as sustainable wind energy option for Barbados.” *Energy Conversion and Management*, 49(6), pp. 1652-1661. (GE)

- Bockris, J.O. (2008). "Hydrogen no longer a high cost solution to global warming: New ideas." *International Journal of Hydrogen Energy*, 33(9), pp. 2129-2131. (GE)
- Bonenfant, D., Kharoune, L., Sauve, S., Sauve, S. Hausler, R., Niquette, P., Mimesult, M., and Kharoune, M. (2008). "CO<sub>2</sub> Sequestration Potential of Steel Slags at Ambient Pressure and Temperature." *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 47(20), pp. 7610-7616. (CO)
- Börjesson, P. and Berndes, G. (2007). "The prospects for willow plantations for wastewater treatment in Sweden. " *Biomass & Bioenergy*, 50(3), pp.211-230. (NA)
- BP Australia. (2008). BP Global Choice.  
<http://www.bp.com/subsection.do?categoryId=9012553&contentId=7024333> (CO)
- Brannlund, R. and Nordstrom, J. (2004). "Carbon tax simulations using a household demand model." *European Economic Review*, 48(1), pp.211-233. (CU/HO/SH/PE)
- C40 Cities. (2008a). 10,000 intelligent streetlights save 1440 tCO<sub>2</sub> and reduce energy consumption by 70%.  
[http://www.c40cities.org/bestpractices/lighting/oslo\\_streetlight.jsp](http://www.c40cities.org/bestpractices/lighting/oslo_streetlight.jsp) (CI)
- C40 Cities. (2008b). Copenhagen's waste plan 2008: Copenhagen puts only 3% of waste into landfill.  
[http://www.c40cities.org/bestpractices/waste/copenhagen\\_landfill.jsp](http://www.c40cities.org/bestpractices/waste/copenhagen_landfill.jsp) (CI)
- C40 Cities. (2008c). Green energy for a green Los Angeles provides a renewable energy option for consumers.  
[http://www.c40cities.org/bestpractices/renewables/la\\_renewable.jsp](http://www.c40cities.org/bestpractices/renewables/la_renewable.jsp) (CI)

C40 Cities. (2008d). LED street lighting pilot project reduces energy use by 80%. [http://www.c40cities.org/bestpractices/lighting/annarbor\\_led.jsp](http://www.c40cities.org/bestpractices/lighting/annarbor_led.jsp) (CI)

C40 Cities. (2008e). Lake water air conditioning cuts CO<sub>2</sub> emissions by 70% compared to conventional cooling. [http://www.c40cities.org/bestpractices/energy/amsterdam\\_cooling.jsp](http://www.c40cities.org/bestpractices/energy/amsterdam_cooling.jsp) (CI)

C40 Cities. (2008f). Stockholm to introduce congestion charge – trial cut CO<sub>2</sub> by 14%, traffic by 25%. [http://www.c40cities.org/bestpractices/transport/stockholm\\_congestion.jsp](http://www.c40cities.org/bestpractices/transport/stockholm_congestion.jsp) (CI)

California Air Resources Board, California Climate Action Registry, ICLEI, and the Climate Registry. (2008). *Local Government Operations Protocol*. California Air Resources Board, California Climate Action Registry, ICLEI, and the Climate Registry

Center for Global Environmental Research . (2006). Global environmental database <http://www-cger.nies.go.jp/cger-j/db/D027.html>

Ceres. (2008). NIKE, Inc. <http://www.ceres.org/Document.Doc?id=396> (CO)

Ceres . (2008). The Coca-Cola company. <http://www.ceres.org/Document.Doc?id=386> (CO)

CH2MHILL. (2008). S.A.F.E.<sup>TM</sup> Methodology and solar mapping solution. [http://www.ch2m.com/corporate/markets/enterprise\\_management\\_solutions/solar\\_mapping\\_capabilities/assets/CH2MHILL\\_solar\\_mapping\\_fact\\_sheet.pdf](http://www.ch2m.com/corporate/markets/enterprise_management_solutions/solar_mapping_capabilities/assets/CH2MHILL_solar_mapping_fact_sheet.pdf) (CI)

Champagne, P. (2007). “Feasibility of producing bio-ethanol from waste residues: A Canadian perspective Feasibility of producing bio-ethanol from

- waste residues in Canada.” *Resources Conservation and Recycling*, 50(3), pp. 211-230. (NA)
- Chandel, S.S. and Aggarwal, R.K. (2008). “Performance evaluation of a passive solar building in Western Himalayas.” *Renewable Energy*, 33(10), pp. 2166-2173. (RT/LA)
- Chandrasekar, B., and Kandpal, T.C. (2005). “Effect of financial and fiscal incentives on the effective capital cost of solar energy technologies to the user.” *Solar Energy*, 78(2), pp. 147-156. (GE)
- Chen, H., Lee, W.L., and Yik, F.W.H. (2008). “Applying water cooled air conditioners in residential buildings in Hong Kong.” *Energy Conversion and Management*, 49(6), pp. 1416-1423. (CU/HO/SH/PE)
- Chen, W. (2008). “A comparative study on the performance and environmental characteristics of R410A and R22 residential air conditioners.” *Applied Thermal Engineering*, 28(1), pp. 1-7. (CU/HO/SH/PE)
- Cheng, M.Y., Lien, L.C., and Tsai, M.H. (2008). *An Introduction for Mega House*. The 25<sup>th</sup> International Symposium on Automation and Robotics in Construction, Vilnius, Lithuania. (RT/LA)
- Climate Change Corp. (2004). Fujitsu announces world-first eco computer. <http://www.climatechangecorp.com/content.asp?ContentID=1955> (CO)
- Colella, W.G., Jacobson, M.Z., and Golden, D.M. (2005). “Switching to a US hydrogen fuel cell vehicle fleet: The resultant change in emissions, energy use, and greenhouse gases.” *Journal of Power Sources*, 150, pp. 150-181. (NA)
- Commission of the European Communities (2008), *Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European*

*Economic and Social Committee and the Committee of the Regions,*  
Commission of the European Communities, EU.

Congressional Budget Office (2005), *Uncertainty in Analyzing Climate Change: Policy Implications*, Congressional Budget Office, USA.

Coninck, H., Fischer, C. and Newell, R.G. (2008). "International technology-oriented agreements to address climate change." *Energy Policy*, 36(1), pp. 335-356. (GL/MN)

Cuellar, A.D. and Webber, M.E. (2008). "Cow power: the energy and emissions benefits of converting manure to biogas." *Environmental Research Letters*, 3(3). (NA)

Dacquín, J.P., Dujjuri, S., and Granger, P. (2008). "Surface reconstruction of supported Pd on LaCoO<sub>3</sub>: Consequences on the catalytic properties in the decomposition of N<sub>2</sub>O." *Journal of Catalysis*, 253(1), pp. 37-49. (RT/LA)

Davoudpour, H. and Ahadi, M.S. (2006). "The potential for greenhouse gases mitigation in household sector of Iran: cases of price reform/efficiency improvement and scenario for 2000-2010." *Energy Policy*, 34(1), pp. 40-49. (CU/HO/SH/PE)

Demirbas, A. (2007). "Importance of biodiesel as transportation fuel." *Energy Policy*, 35(9), pp. 4661-4670. (GE)

Dendoncker, N., van Wesemael, B., Rounsevell, M.D.A., Roelandt, C., and Lettens, S. (2004). "Belgium's CO<sub>2</sub> mitigation potential under improved cropland management." *Agriculture Ecosystems & Environment*, 103(1), pp. 101-106. (NA)

den Elzen, M., Hohne, N., and Moltmann, S. (2008). "The Triptych approach revisited: A staged sectoral approach for climate mitigation." *Energy Policy*, 36(3), pp. 1107-1124. (GL/MN)

- Denman, K.L. (2008). "Climate change, ocean processes and ocean iron fertilization." *Marine Ecology-progress Series*, 364, pp. 219-225. (RT/LA)
- Dutra, R.M. and Szklo, A.S. (2008). "Incentive policies for promoting wind power production in Brazil: Scenarios for the Alternative Energy Sources Incentive Program (PROINFA) under the New Brazilian electric power sector regulation." *Renewable Energy*, 33(1), pp. 65-76. (GE)
- Duval, R. (2008). "A taxonomy of instruments to reduce greenhouse gas emissions and their interactions." *OECD Economics Department Working Papers*, 636. (BC)
- Eang, L.S. and Priyadarsini, R. (2008). "Building energy efficiency labeling programme in Singapore." *Energy Policy*, 36(10), pp. 3982-3992. (NA)
- Elektorowicz, M. and Korol, R. (2005). "Sustainable waste management: recovery of fuels from petroleum sludge." *Canadian Journal of Civil Engineering*, 32(1), pp. 164-169. (GE)
- Elsarrag, E. (2008). "Experimental study of using fuel cells in dwellings for energy saving lighting and other low power applications." *International Journal of Hydrogen Energy*, 33(16), pp. 4427-4432. (CU/HO/SH/PE)
- Entchev, E., Gusdorf, J., Swinton, M., Bell, M., Szadkowski, F., Kalbfleisch, W., and Marchand, R. (2004). "Micro-generation technology assessment for housing technology." *Energy and Buildings*, 36(9), pp. 925-931. (CU/HO/SH/PE)
- Environmental Defense Fund. (2008). UPS: Shipping Green. <http://innovation.edf.org//page.cfm?tagID=30791> (CO)
- Ericsson, K. (2007). "Co-firing - A strategy for bioenergy in Poland?" *Energy*, 32(10), pp. 1838-1847. (GE)

EU. (2008). European Climate Change Program.

<http://ec.europa.eu/environment/climat/eccp.htm> (GL/MN)

Falco, M., Giaconia, A., Marrelli, L., Tarquini, P., Grena, R., and Caputo, G. (2009). "Enriched methane production using solar energy: an assessment of plant performance." *International Journal of Hydrogen Energy*, 34(1), pp. 98-109. (GE)

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nation)- Mountain Policy-related Documentation Database (2006).

<http://www.fao.org/sard/en/sardm/Communi/polDB/index.html>

Farreny, R., Gabarrell, X., and Rieradevall, J. (2008). "Energy intensity and greenhouse gas emission of a purchase in the retail park service sector: An integrative approach." *Energy Policy*, 36, pp. 1957-1968. (CI)

Favre, E. (2007). "Carbon dioxide recovery from post-combustion processes: Can gas permeation membranes compete with absorption?" *Journal of Membrane Science*, 294(1-2), pp. 50-59. (RT/LA)

Felder, R., and Meier, A. (2008). "Well-to-wheel analysis of solar hydrogen production and utilization for passenger car transportation." *Journal of Solar Energy Engineering-Transactions of the ASME*, 130(1), pp. 11-17. (NA)

Field, C.B., Campbell, J.E., and Lobell, D.B. (2008). "Biomass energy: the scale of the potential resource" *Trends Ecology & Evolution*, 23(2), pp. 65-72. (GE)

Florides, G.A., Kalogirou, S.A., Tassou, S.A., and Wrobel, L.C. (2002).

"Modelling, simulation and warming impact assessment of a domestic-size

absorption solar cooling system.” *Applied Thermal Engineering*, 22(12), pp. 743-747. (GE)

Folkesson, A., Andersson, C., Alvfors, P., Alakula, M. and Overgaard, L. (2003). “Real life testing of a hybrid PEM fuel cell bus.” *Journal of Power Sources*, 118(1-2), pp. 349-357. (NA)

Ford-Greener Miles (2009).

<http://www.ford.com/innovation/environmentally-friendly/greener-miles>

(CO)

Forsberg, P. and Karlstrom, M. (2007). “On optimal investment strategies for a hydrogen refueling station.” *International Journal of Hydrogen Energy*, 32(5), pp. 647-660. (GE)

Forsyth, T. (2007). “Promoting the "Development dividend" of climate technology transfer: Can cross-sector partnerships help?” *World Development*, 35(10), pp. 1684-1698. (GL/MN)

Fraisse, G, Menezo, C., and Johannes, K. (2007). “Energy performance of water hybrid PV/T collectors applied to combisystems of Direct Solar Floor type.” *Solar Energy*, 81(11), pp. 1426-1438. (GE)

Gillenwater, M. and Breidenich, C. (2009). “Internalizing carbon costs in electricity markets: Using certificates in a load-based emissions trading scheme.” *Energy Policy*, 37(1), pp. 290-299. (NA)

Gonzalez, P.D. (2008). “Policy implications of potential conflicts between short-term and long-term efficiency in CO<sub>2</sub> emissions abatement.” *Ecological Economics*, 65(2), pp. 292-303. (BC)

Good, J.T., Ugursal, V.I., and Fung, A.S. (2007). ”Modeling and technical feasibility analysis of a low-emission residential energy system.” *International Journal of Green Energy*, 4(1), pp. 27-43. (CU/HO/SH/PE)

- Gouveia, L., Oliveira, A.C., and Volk, T.A. (2009). "Life cycle assessment of a willow bioenergy cropping system." *Biomass & Bioenergy*, 25(2), pp. 147-165. (GE)
- Granovskii, M., Dincer, I., and Rosen, M.A. (2007). "Exergetic life cycle assessment of hydrogen production from renewables." *Journal of Power Sources*, 167(2), pp. 461-471. (GE)
- Greater Sudbury's Regional Eco-Industrial Strategy (2007).  
<http://www.project2degrees.org/Pages/BestPractices/Energy/HagueSeawater.aspx> (CI)
- Greenblatt, J.B., Succar, S., Denkenberger, D.C., Williams, R.H., and Socolow, R.H. (2007). "Baseload wind energy: modeling the competition between gas turbines and compressed air energy storage for supplemental generation." *Energy Policy*, 35(3), pp. 1474-1492. (GE)
- Gugliermetti, F. and Bisegna, F. (2007). "Saving energy in residential buildings: The use of fully reversible windows." *Energy*, 32(7), pp.1235-1247. (NA)
- Hackl, A. and Mauschitz, G. (2008). "Role of waste management with regard to climate protection: a case study." *Waste Management & Research*, 26(1), pp. 5-10. (NA)
- Halsnas, K., and Priyadarshi. (2008). "Sustainable development as a framework for developing country participation in international climate change policies." *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 13(2), pp. 105-130. (GL/MN)
- Halsnaes, K. and Olhoff, A. (2005). "International markets for greenhouse gas emission reduction policies - possibilities for integrating developing countries." *Energy Policy*, 33(18), pp. 2313-2325. (GL/MN)

- Han, J. and Hayashi, Y. (2008). "A system dynamics model of CO<sub>2</sub> mitigation in China's inter-city passenger transport." *Transportation Research Part D-Transport and Environment*, 13(5), pp. 298-305. (NA)
- Hanlon, M. (2005). *Green Mountain Energy company Goes Carbon Neutral Company Joins EPA's Climate Leaders Program*. Green Mountain Energy Company, USA. (CO)
- Han, W., Yu, H., Kennedy, E.M, Mackie, J.C., and Dlugogorski, B.Z. (2008). "Conversion of CHF<sub>3</sub> to CH<sub>2</sub> = CF<sub>2</sub> via reaction with CH<sub>4</sub> and CaBr<sub>2</sub>." *Environmental Science & Technology*, 42(15), pp.5795-5799. (RT/LA)
- Hao, X., Yang, X., and Zhang, G. (2008). "Trigeneration: A new way for landfill gas utilization and its feasibility in Hong Kong." *Energy Policy*, 36, pp. 3662-3673. (CI)
- Harada, H., Kobayashi, H., and Shindo, H. (2007). "Reduction in greenhouse gas emissions by no-tilling rice cultivation in Hachirogata polder, northern Japan: Life-cycle inventory analysis." *Soil Science and Plant Nutrition*, 53(5), pp. 668-677. (NA)
- Hartikinen, T., Lahtonen, J., and Mikkonen, R. (2003). "Role of HTS devices in greenhouse gas emission reduction." *Superconductor Science & Technology*, 16(8), pp. 963-969. (RT/LA)
- Haseli, Y., Naterer, G.F., and Dincer, I. (2008). "Comparative assessment of greenhouse gas mitigation of hydrogen passenger trains." *International Journal of Hydrogen Energy*, 33(7), pp. 1788-1796. (NA)
- Heller, M.C., Keoleian, G.A., and Volk, T.A. (2003). "Life cycle assessment of a willow bioenergy cropping system", *Biomass & Bioenergy*, 25(2), pp. 147-165. (GE)

- Herter, K. (2007). "Residential implementation of critical-peak pricing of electricity." *Energy Policy*, 35(4), pp. 2121-2130. (CU/HO/SH/PE)
- Hong, R.J., Wang, S.L., Guo, R. Z., Cheng, X., Liu, Q., Zhang, P. J., and Qian, G. R. (2006). "Life cycle assessment of BMT-based integrated municipal solid waste management: Case study in Pudong, China." *Resources, Conservation and Recycling*, 49, pp. 129-146. (CI)
- Hoogwijk, M., Faaij, A., Eickhout, B., de Vries, B., and Turkenburg, W. (2005). "Potential of biomass energy out to 2100, for four IPCC-SRES land-use scenarios", *Biomass & Bioenergy*, 29(4), pp. 225-257. (GE)
- Horio, M., Suri, A., Asahara, J, Sagawa, S. and Aida, C. (2009) "Development of biomass charcoal combustion heater for household utilization." *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 48(1), pp. 361-372. (CU/HO/SH/PE)
- Hossain, M.M., and de Lasa, H.I. (2008). "Chemical-looping combustion (CLC) for inherent CO<sub>2</sub> separations-a review." *Chemical Engineering Science*, 63(18), pp. 4433-4451. (RT/LA)
- Houhu, Z., Pinjing, H.E., Liming, S., Qu, X., and Lee, D.J. (2008). "Minimizing N<sub>2</sub>O fluxes from full-scale municipal solid waste landfill with property selected cover soil." *Journal of Environmental Sciences*, 20, pp. 189-194. (CI)
- Huang, L., Shen, Y., Dong, W.B, Zhang, R.X., Zhang, J.L., and Hou, H.Q. (2008). "A novel method to decompose two potent greenhouse gases: Photoreduction of SF<sub>6</sub> and SF<sub>5</sub>CF<sub>3</sub> in the presence of propene." *Journal of Hazardous Materials* , 151(2-3), pp. 323-330. (RT/LA)
- Huang, Z. and Zhang, X. (2006). "Well-to-wheels analysis of hydrogen based fuel-cell vehicle pathways in Shanghai." *Energy*, 31(4), pp. 471-489. (NA)

ICLEI. (2004). The number-coding scheme for motor vehicles.

[https://www.iclei.org/fileadmin/user\\_upload/documents/SEA/CCP\\_Projects/Baguio.pdf](https://www.iclei.org/fileadmin/user_upload/documents/SEA/CCP_Projects/Baguio.pdf) (CI)

IEA (2007), Key World Energy Statistics, IEA.

IEA- R, D&D Projects Database (2008).

<http://www.co2captureandstorage.info/co2db.php>

IPCC (2006), 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, United Nations.

Jacoby, H.D., Babiker, M.H., Paltsev, S., and Reilly, J.M. (2008). *Sharing the Burden of GHG Reductions*. MIT Joint Program on the Science and Policy of Global Change. (GL/MN)

Jaffrin, A., Bentounes, N., Joan, A.M., and Makhlouf, S. (2003). "Landfill biogas for heating greenhouses and providing carbon dioxide supplement for plant growth." *Biosystems Engineering*, 86(1), pp. 113-123. (NA)

Jantes-Jaramillo, O., Segovia-Hernandez, J.G., and Hernandez, S. (2006). "Reduction of energy consumption and greenhouse gas emission in a plant for the separation of amines." *Chemical Engineering & Technology*, 31(10), pp. 1462-1469. (CO)

Jaramillo, P. and Matthews, H.S. (2005). "Landfill-gas-to-energy projects: Analysis of net private and social benefits." *Environmental Science & Technology*, 39(19), pp. 7365-7373. (NA)

Jansen, D., Pex, P.P.A.C., Dijkstra, J.W., and Kluiters, S.C.A. (2008). *Membrane Reactors: Key Technology for Production of De-Carbonised Energy Carriers*. The 7th International Conference on Greenhouse Gas Control Technologies, Vancouver, Canada. (RT/LA)

- Johansson, D.J.A., Persson, U.M., and Azar, C. (2007). "Uncertainty and learning: implications for the trade-off between short-lived and long-lived greenhouse gases." *Climatic Change*, 88(3-4), pp. 293-308. (GL/MN)
- Jong, B.H., Masera, O., Olguin, M., and Martinez, R. (2007). "Greenhouse gas mitigation potential of combining forest management and bioenergy substitution: A case study from Central Highlands of Michoacan, Mexico." *Forest Ecology and Management*, 242(2-3), pp. 398-411. (NA)
- Kahn, J.R. and Franceschi, D. (2006). "Beyond Kyoto: A tax-based system for the global reduction of greenhouse gas emissions." *Ecological Economics*, 58(4), pp. 778-787. (GL/MN)
- Kalogirou, S.A. (2004). "Environmental benefits of domestic solar energy systems." *Energy Conversion and Management*, 45(18-19), pp. 3075-3092. (CU/HO/SH/PE)
- Kalogo, Y., Habibi, S., Maclean, H.L., and Joshi, S.V. (2007). "Environmental implications of municipal solid waste-derived ethanol" *Environmental Science & Technology*, 41(1), pp. 35-41. (GE)
- Kalyuzhnyi, S.V. (2008). "Energy potential of anaerobic digestion of solid wastes generated in the Russian Federation." *Water Science and Technology*, 58(9), pp. 1743-1748. (NA)
- Karlsson, K. and Meibom, P. (2008). "Optimal investment paths for future renewable based energy systems - Using the optimisation model Balmorel." *International Journal of Hydrogen Energy*, 33(7), pp. 1777-1787. (GE)
- Kelly-Yong, T.L., Lee, K.T., Mohamed, A.R., and Bhatia, S. (2007). "Potential of hydrogen from oil palm biomass as a source of renewable energy worldwide." *Energy Policy*, 35(11), pp. 5692-5701. (GE)

- Kildegard, A. (2008). "Green certificate markets, the risk of over-investment, and the role of long-term contracts", *Energy Policy*, 36(9), pp. 3413-3421.  
(GE)
- Kim, H.C., Keoleian, G.A., and Horie, Y.A. (2006). "Optimal household refrigerator replacement policy for life cycle energy, greenhouse gas emissions, and cost." *Energy Policy*, 34(15), pp. 2310-2323.  
(CU/HO/SH/PE)
- Kim, S. and Dale, B.E. (2008). "Energy and Greenhouse Gas Profiles of Polyhydroxybutyrates Derived from Corn Grain: A Life Cycle Perspective." *Environmental Science & Technology*, 42(20), pp. 7690-7695. (NA)
- Krumbeck, M., Klinge, T., and D'oding, B. (2006). "First European fuel cell installation with anaerobic digester gas in a molten carbonate fuel cell." *Journal of Power Science*, 157, pp. 902-194. (CI)
- Kumar, R., Sachdeva, S., and Kaushik, S.C. (2008). "Dynamic earth-contact building: A sustainable low-energy technology." *Building and Environment*, 42, pp. 2450-2460. (RT/LA)
- Langniss, O. and Wiser, R. (2003). "The renewables portfolio standard in Texas: an early assessment." *Energy Policy*, 31(6), pp. 527-535. (GE)
- Larsen, S.F., Filippin, C., Beascochea, A., and Lesino, G. (2008). "An experience on integrating monitoring and simulation tools in the design of energy-saving buildings." *Energy and Buildings*, 40(6), pp. 987-997.  
(RT/LA)
- Lehtonen, H., Peltola, J., and Sinkkonen, M. (2006). "Co-effects of climate policy and agricultural policy on regional agricultural viability in Finland." *Agricultural Systems*, 88(2-3), pp. 472-493. (NA)

- Leijon, M. and Nilsson, K. (2007). "Direct electric energy conversion system for energy conversion from marine currents. " *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part A - Journal of Power and Energy*, 221(A2), pp. 201-205. (GE)
- Li, C., Salas, W., DeAngelo, B., and Rose, S. (2006). " Assessing alternatives for mitigating net greenhouse gas emissions and increasing yields from rice production in china over the next twenty years." *Journal of Environmental Quality*, 35(4), pp. 1554-1565. (NA)
- Lin, Y. and Zineureanu, R. (2008). "Three-dimensional thermal and airflow (3D-TAF) model of a dome-covered house in Canada." *Renewable Energy*, 33(1), pp.22-34. (CU/HO/SH/PE)
- Lisbona, P. and Romeo, L.M. (2008). "Enhanced coal gasification heated by unmixed combustion integrated with an hybrid system of SOFC/GT." *International Journal of Hydrogen Energy*, 33(20), pp. 5755-5764. (RT/LA)
- Litman, T. (2005). "Efficient vehicles versus efficient transportation. Comparing transportation energy conservation strategies." *Transport Policy*, 12(2), pp. 121-129. (NA)
- Locatelli, B. and Pedroni, L. (2006). "Will simplified modalities and procedures make more small-scale forestry projects viable under the clean development mechanism." *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 11(3), pp. 621-643. (NA)
- Lu, W. (2006). "Potential energy savings and environmental impact by implementing energy efficiency standard for household refrigerators in China." *Energy Policy*, 34(13), pp. 1583-1589. (CU/HO/SH/PE)
- Lutsey, N. and Spring, D. (2008). "America's bottom-up climate change mitigation policy." *Energy Policy*, 36(2), pp. 673-685.

- MacCracken, M.C. (2008). "Prospects for future climate change and the reasons for early action." *Journal of the Air & Waste Management Association*, 58, pp. 735-786. (BC)
- Mahlia, T.M.I., Masjuki, H.H., Saidur, R., and Amalina, M.A. (2004). "Cost-benefit analysis of implementing minimum energy efficiency standards for household refrigerator-freezers in Malaysia." *Energy Policy*, 32(16), pp.1819-1824. (CU/HO/SH/PE)
- Manish, S. and Banerjee, R. (2008). "Comparison of biohydrogen production processes." *International Journal of Hydrogen Energy*, 3(1), pp. 279-286. (GE)
- Manzini, F. (2006). "Inserting renewable fuels and technologies for transport in Mexico City Metropolitan Area." *International Journal of Hydrogen Energy*, 31, pp. 327-335. (CI)
- Marchenko, O.V. (2008). "Modeling of a green certificate market." *Renewable Energy*, 33(8), pp. 1953-1958. (GE)
- Matsumura, Y., Minowa, T., and Yamamoto, H. (2005). "Amount, availability, and potential use of rice straw (agricultural residue) biomass as an energy resource in Japan", *Biomass & Bioenergy*, 29(5), pp. 347-354. (GE)
- Mcgee, J. and Taplin, R. (2006). "The Asia-Pacific partnership on clean development and climate: A complement or competitor to the Kyoto protocol." *Global change, peace and security*, 18(3), pp. 173-192. (GL/MN)
- McNeil, M.A., Iyer, M., Meyers, S., Letschert, V.E., and McMahan, J.E. (2008). "Potential benefits from improved energy efficiency of key electrical products: The case of India." *Energy Policy*, 36(9), pp. 3467-3476. (CU/HO/SH/PE)

- Medrano, M., Brouwer, J., McDonell, V., Mauzey, J., and Samuelsen, S. (2008).  
“Integration of distributed generation systems into generic types of  
commercial buildings in California.” *Energy and Buildings*, 40(4), pp.  
537-548. (NA)
- Menz, F. C. and Vachon, S. (2006). “The effectiveness of different policy  
regimes for promoting wind power: Experiences from the states.” *Energy  
Policy*, 34, pp. 1786-1796. (GE)
- Michaelowa, A. (2007). “Unilateral CDM-can developing countries finance  
generation of greenhouse gas emission credits on their own?” *International  
Environmental Agreements*, 7(1), pp. 17-34. (GL/MN)
- Michels, A., Mayer, F.D., Gallon, R., Hoffmann, R., and Serafini, S.T. (2008).  
“Fossil fuel saving through a direct solar energy water heating system.”  
*Clean-Soil Air Water*, 36(9), pp. 743-747. (GE)
- Minteer, S.D., Liaw, B.Y., and Cooney, M.J. (2007). “Enzyme-based biofuel  
cells”, *Current Opinion in Biotechnology*, 18(3), pp. 228-234. (GE)
- Mulder, A. (2008). “Do economic instruments matter? Wind turbine  
investments in the EU(15).” *Energy Economics*, 30(6), pp. 2980-2991. (GE)
- Nature News (2007). Countries with highest CO<sub>2</sub> – emitting power sectors  
(tones per year)  
<http://www.nature.com/news/2007/071114/pdf/450327.pdf>
- Nakano, K., Aoki, R., Yagita, H, and Narita, N. (2007). “Evaluating the  
reduction in green house gas emissions achieved by the implementation of  
the household appliance recycling in Japan (CU/HO/SH/PE)
- NEDO- 3Rs Technology Database. (2008).<http://www.nedo3r.com/indexE.html>
- Newell, R.G (2008). *International Climate Technology Strategies*. Harvard  
Kennedy School, USA. (GL/MN)

NeXus. (2008). Curitiba, Brazil, BRT Case Study.

<http://nexus.umn.edu/Courses/ce5212/Case3/Curitiba.pdf> (CI)

Niemeier, D., Gould, G., Karner, A., Hixson, M., Bachmann, B., Okma, C., Lang, Z., and Del, V.D.H. (2008). "Rethinking downstream regulation: California's opportunity to engage households in reducing greenhouse gases." *Energy Policy*, 36(9), pp. 3436-3447. (CU/HO/SH/PE)

OECD. (2007). *Climate Change Mitigation-What Do We Do?* OECD. (GL/MN)

Olander, L.P. and Murray, B.C. (2007). *A new opportunity to help mitigate climate change, save forests, and reach development goals*. The Nicholas Institute for Environmental Policy Solution Duke University, Durham, N.C., USA. (GL/MN)

Orer, G. and Ozdamar, A. (2007). "An experimental study on the efficiency of the submerged plate wave energy converter." *Renewable Energy*, 32(8), pp. 1317-1327. (GE)

Ozgener, L., Hepbasli, A., and Dincer, I. (2006). "Performance investigation of two geothermal district heating systems for building applications: Energy analysis." *Energy and Buildings*, 38(4), pp. 286-292. (GE)

Pattanayak, S.K., McCarl, B.A., Sommer, A.J., Bondelid, T., Gillig, D., and DeAngelo, B. (2005). "Water quality co-effects of greenhouse gas mitigation in US agriculture." *Climatic Change*, 71(3), pp. 341-371. (NA)

Perters, G.P. (2006). "From production-based to consumption-based national emission inventories." *Carbon Balance and Management*, 1(9). (BC)

Pimenteira, C.A.P., Pereira, A.S., Oliveira, L.B., Rosa, L.P., Reis, M.M., and Henriques, R.M. (2004). "Energy conservation and CO<sub>2</sub> emission

reductions due to recycling in Brazil.” *Waste Management*, 24(9), pp. 889-897. (NA)

Pinheiro, G., Jobbagy, E.G., Baker, J., Murray, B.C., and Jackson.,R.B. (2009). ” Set-asides can be better climate investment than corn ethanol.” *Ecological Applications*, 19(2), pp. 277-282. (NA)

Pohekar, S.D. and Ramachandran, M. (2006). “Utility assessment of parabolic solar cooker as a domestic cooking device in India.” *Renewable Energy*, 31(11), pp. 1827-1838. (CU/HO/SH/PE)

Pongthanaisawan, J., Sorapipatana, C., and Limmeechokchai, B. (2006). *Land Transport Demand Analysis and Energy Savings Potentials in Thailand*. The 2<sup>th</sup> Joint International Conference on Sustainable Energy and Environment, Bangkok, Thailand. (NA)

Posorski, R., Bussmann, M., and Menke, C. (2003). “Does the use of Solar Home Systems (SHS) contribute to climate protection?” *Renewable Energy*, 28(7), pp. 1061-1080. (CU/HO/SH/PE)

Price, L., Christina, G., and Kramer, K.J. (2008). *International Experience with Key Program Element of Industrial Energy Efficiency or Greenhouse Gas Emissions Reduction*. Environmental Energy Technologies Division Lawrence Berkeley National Laboratory, USA. (NA)

Project Two Degrees. (2008a). Bicing-changing transport modes in Barcelona. <http://www.project2degrees.org/Pages/BestPractices/Transport/BarcelonaBicing.aspx> (CI)

Project Two Degrees. (2008b). Council House 2 (CH2) new municipal office building. [http://www.project2degrees.org/Pages/BestPractices/docs/melbourne\\_eco.pdf](http://www.project2degrees.org/Pages/BestPractices/docs/melbourne_eco.pdf) (RT/LA)

- Project Two Degrees. (2008c). Portland replaces 1,000 traffic intersection signals with LED lights, savings millions of kiloeatt-hour per year.  
<http://www.project2degrees.org/Pages/BestPractices/Lighting/PortlandLED.aspx> (CI)
- Project Two Degrees. (2008d). Seoul car-free days have reduced CO<sub>2</sub> emissions by 10% annually.  
<http://www.project2degrees.org/Pages/BestPractices/Transport/SeoulDriving.aspx> (CI)
- Project Two Degrees. (2008e). The Hague uses seawater to heat homes.  
<http://www.project2degrees.org/Pages/BestPractices/Energy/HagueSeawater.aspx> (CI)
- Pruess, K. (2006). “Enhanced geothermal systems (EGS) using CO<sub>2</sub> as working fluid - A novel approach for generating renewable energy with simultaneous sequestration of carbon.” *Geothermics*, 35(4), pp. 351-367. (GE)
- Purohit, P. (2008). “Small hydro power projects under clean development mechanism in India: A preliminary assessment.” *Energy Policy*, 36(6), pp. 2000-2015. (GE)
- Ramjeawon, T. (2008). “Life cycle assessment of electricity generation from bagasse in Mauritius.” *Journal of Cleaner Production*, 16(16), pp. 1727-1734. (NA)
- Rehdanz, K. and Tol, R.S.J. (2005). “Unilateral regulation of bilateral trade in greenhouse gas emission permits.” *Ecological Economics*, 54(4), pp. 397-416. (GL/MN)

- Reichling, J.P. and Kulacki, F.A. (2008). "Utility scale hybrid wind-solar thermal electrical generation: A case study for Minnesota." *Energy*, 33(4), pp. 626-638. (GE)
- Reilly, J., Sarofim, M., Paltsev, S., and Prinn, R.G. (2004). *The role of non-CO<sub>2</sub> greenhouse gases in climate policy: analysis using the MIT IGSM*, MIT Joint Program on the Science and Policy of Global Change, 114. (BC)
- Reim, M., Beck, A., Korner, W., Petricevic, R., Glora, M., Weth, M., Schliermann, T., Fricke, J., Schmidt, C., and Potter, F.J. (2002). "Highly insulating aerogel glazing for solar energy usage." *Solar Energy*, 72(1), pp. 21-29. (NA)
- Remmerelt, J. and Thomm, M. (2008). *Energy Production with Hyperthermophilic Organisms*. United States Patent Application Publication, USA. (GE)
- Reynolds, C.C.O. and Kandlikar, M. (2008). "Climate Impacts of Air Quality Policy: Switching to a Natural Gas-Fueled Public Transportation System in New Delhi." *Environment Science Technology*, 42(16), pp. 5860-5865. (NA)
- Rittmann, B.E. (2008). "Opportunities for renewable bioenergy using microorganisms", *Biotechnology and Bioengineering*, 100(2), pp. 203-212. (GE)
- Rouleau, T. and Lloyd, C.R. (2008). "International policy issues regarding solar water heating, with a focus on New Zealand." *Energy Policy*, 36(6), pp. 1843-1857. (GE)
- Rowlands, I.H. (2005). "Envisaging feed-in tariffs for solar photovoltaic electricity: European lessons for Canada." *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 9(1), pp. 51-68. (GE)

- Rutz, D., Janssen, R., and Helm, P. (2007). *The EU Carbon Labelling Initiative*. Importance of biodiesel as transportation fuel, 15<sup>th</sup> European Biomass Conference & Exhibition, Berlin, Germany. (GE)
- Saidur, R., Khaliq, A.H.A., and Masjuki, H.H. (2006). "Analysis of energy and exergy use for process heating in the industrial sector of Malaysia." *International Journal of Exergy*, 3(2), pp. 119-149. (CU/HO/SH/PE)
- Sanchez, M.C., Brown, R.E., Webber, C., and Homan, G.K. (2008). "Savings estimates for the United States Environmental Protection Agency's ENERGY STAR voluntary product labeling program." *Energy Policy*, 36(6), pp. 2098-2108. (NA)
- Schmer, M.R., Vogel, K.P., Mitchell, R.B., and Perrin, R.K. (2008). "Net energy of cellulosic ethanol from switchgrass" *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 105(2), pp. 464-469. (GE)
- Selek-Murathan, A., Murathan, A., and Demirbas, A. (2008). "Electricity production from geothermal sources by using double-stage flash system." *Energy Sources Part A-Recovery Utilization and Environmental Effects*, 30(20), pp. 1884-1889. (GE)
- Shaahid, S.M. and Elhadidy, M.A. (2008). "Economic analysis of hybrid photovoltaic-diesel-battery power systems for residential loads in hot regions - A step to clean future." *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 12(2), pp.288-503. (CU/HO/SH/PE)
- Shen, L. and Patel, M.K. (2008). "Life cycle assessment of polysaccharide materials: A review" *Journal of polymers and The Environment*, 16(2), pp. 154-167. (RT/LA)

- Shrestha, R.M., Pradhan, S., and Liyanage, M.H. (2008). "Effects of carbon tax on greenhouse gas mitigation in Thailand." *Climate Policy*, 8, pp. s140-s155. (NA)
- Simões, A.M., Farias, T.L., and Quenino, J.H. (2004). *Energy Efficiency and GHG Reduction in a Park & Ride Bus Line: Application to a Case Study in Évora City Portugal*. International Conference on New and Renewable Energy Technologies for Sustainable Development. Évora, Portugal. (CI)
- Singh, S.P., Chonhenchob, V., and Singh, J. (2006). "Life cycle inventory and analysis of re-usable plastic containers and display-ready corrugated containers used for packaging fresh fruits and vegetables." *Package Technology and Science*, 19(5), pp. 279-293. (NA)
- Siller, T., Kost, M., and Imboden, D. (2007). "Long-term energy savings and greenhouse gas emission reductions in the Swiss residential sector." *Energy Policy*, 35(1), pp. 529-539. (CU/HO/SH/PE)
- Smith, P., Martino, D., Cai, Z., Gwary, D., Janzen, H., Kumar, P., McCarl, B., Ogle, S., O'Mara, F., Rice, C., Scholes, B., Sirotenko, O., Howden, M., McAllister, T., Pan, G., Romanenkov, V., Schneider, U., Towprayoon, S., Wattenbach, M., and Smith, J. (2008). "Greenhouse gas mitigation in agriculture." *Philosophical Transactions of the Royal Society B-Biological Sciences*, 363, pp. 789-813. (NA)
- Solomon, S., Plattner, G.-K., Kuntzi, R., and Friedlingstein, P. (2009). "Irreversible climate change due to carbon dioxide emissions." *Proceeding of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 106, pp. 1704-1709. (BC)

- Sperow, M. (2007). "The marginal costs of carbon sequestration: Implications of one greenhouse gas mitigation activity." *Journal of Soil and Water Conservation*, 62(6), pp. 367-375. (NA)
- Starfelt, F. and Yan, J.Y. (2008). "Case study of energy systems with gas cogeneration technology for an eco-industrial park." *International Journal of Energy Research*, 32, pp. 1128-1135. (CI)
- Styles, D. and Jones, M.B. (2007). "Energy crops in Ireland: Quantifying the potential life-cycle greenhouse gas reductions of energy-crop electricity." *Biomass & Bioenergy*, 31(11-12), pp. 759-772. (NA)
- Sustainable Sources- Sustainable Building Sources (2009).  
[http://www.greenbuilder.com/general/BuildingSources.html#case\\_studies](http://www.greenbuilder.com/general/BuildingSources.html#case_studies)
- Szargut, J. and Stanek, W. (2008). "Influence of the pro-ecological tax on the market prices of fuels and electricity", *Energy*, 33(2), pp. 137-143. (NA)
- Tan, S.S., Zou, L., and Hu, E. (2007). "Photosynthesis of hydrogen and methane as key components for clean energy system." *Science and Technology of Advanced Materials*, 8(1-2), pp. 89-92. (GE)
- Tarnawski, V.R., Leong, W.H., Momose, T., and Hamada, Y. (2009). "Analysis of ground source heat pumps with horizontal ground heat exchangers for northern Japan." *Renewable Energy*, 34(1), pp. 127-134. (CU/HO/SH/PE)
- Teixeira, M.A., Murray, M.L. and Carvalho, M.G. (2006). "Assessment of land use and land use change and forestry (LULUCF) as CDM projects in Brazil." *Ecological Economics*, 60(1), pp. 260-270. (NA)
- Temeev, A.A., Belokopytov, V.P., and Temeev, S.A. (2006). "An integrated system of the floating wave energy converter and electrolytic hydrogen producer." *Renewable Energy*, 31(2), pp. 225-239. (GE)

The Climate Group (2008a). 100% solar electric-charged bus service, free to the people of Adelaide.

[http://www.theclimategroup.org/facts\\_and\\_actions/what\\_can\\_be\\_done/infrastructure/transport/success\\_stories/2/](http://www.theclimategroup.org/facts_and_actions/what_can_be_done/infrastructure/transport/success_stories/2/) (CI)

The Climate Group. (2008b). Cutting emissions from coal by 50%.

[http://www.theclimategroup.org/facts\\_and\\_actions/what\\_can\\_be\\_done/infrastructure/power/success\\_stories/1/](http://www.theclimategroup.org/facts_and_actions/what_can_be_done/infrastructure/power/success_stories/1/) (CO)

The Climate Group. (2008c). Product carbon labelling.

[http://www.theclimategroup.org/facts\\_and\\_actions/what\\_can\\_be\\_done/products\\_and\\_services/supply\\_chains/success\\_stories/1/](http://www.theclimategroup.org/facts_and_actions/what_can_be_done/products_and_services/supply_chains/success_stories/1/) (CO)

The Climate Group. (2008d). Rewarding employee action on climate change.

[http://www.theclimategroup.org/facts\\_and\\_actions/what\\_can\\_be\\_done/people/colleagues/success\\_stories/1/](http://www.theclimategroup.org/facts_and_actions/what_can_be_done/people/colleagues/success_stories/1/) (CO)

Thorburn, K. and Leijon, M. (2005). "Case study of upgrading potential for a small hydro power station." *Renewable Energy*, 30(7), pp. 1091-1099. (GE)

Thornley, P. and Cooper, D. (2008). "The effectiveness of policy instruments in promoting bioenergy." *Biomass & Bioenergy*, 32(10), pp. 903-913. (NA)

Tilche, A. and Galatola, M. (2008). "The potential of bio-methane as bio-fuel/bio-energy for reducing greenhouse gas emissions: a qualitative assessment for Europe in a life cycle perspective" *Water Science and Technology*, 57(11), pp. 1683-1692. (GE)

Tokheim, L.-A. and Brevik, P. (2007). *Carbon dioxide emission reduction by increased utilization of waste-derived fuels in the cement industry*.

International conference on sustainability in the cement and concrete industry, Lillehammer, Norway. (CO)

- Truttmann, N. and Rechberger, H. (2006). "Contribution to resource conservation by reuse of electrical and electronic household appliances." *Resources Conservation and Recycling*, 48(3), pp. 249-262. (CU/HO/SH/PE)
- UK Energy Research Centre- Interactive Manual of Policies to Abate Carbon from Transport (2009). <http://www.impact-ukerc.org/>
- Umemiya, C. (2008). "From production-based to consumption-based national emission inventories." *Ecological Economics*, 65(1), pp.13-23. (BC)
- UNFCCC. (1997). "Report of the conference of the parties on its third session", United Nations. (GL/MN)
- UNFCCC. (2001). "Report of the conference of the parties on the second part of its sixth session", United Nations. (GL/MN)
- UNFCCC. (2008). "Fact sheet: Copenhagen-COP15/CMP5", United Nations. (GL/MN)
- UNFCCC. (2002). "Report of the conference of the parties on its seventh session", United Nations. (GL/MN)
- United Nations. (1998). "Kyoto protocol to the United Nations Framework Convention in Climate Change", United Nations. (GL/MN)
- United Nations. (1994). "United nations framework convention on climate change", United Nations. (GL/MN)
- van Dam, J., Junginger, M., Faaij, A., Jurgens, I., Best, G., and Fritsche, U. (2008). "Overview of recent developments in sustainable biomass certification", *Biomass & Bioenergy*, 32(8), pp. 749-780. (GE)
- van Rooijen, S.N.M. and van Wees, M.T. (2006). "Green electricity policies in the Netherlands: an analysis of policy decisions." *Energy Policy*, 34(1), pp. 60-71.

- Vanotti, M.B., Szogi, A.A., and Vives, C.A. (2008). "Greenhouse gas emission reduction and environmental quality improvement from implementation of aerobic waste treatment systems in swine farms." *Waste Management*, 28(4), pp. 759-766. (NA)
- Varman, M., Masjuki, H.H., and Mahlia, T.M.I. (2005). "Electricity savings from implementation of minimum energy efficiency standard for TVs in Malaysia." *Energy and Buildings*, 37, pp. 685-689. (CU/HO/SH/PE)
- Vedenov, D. and Wetzstein, M. (2008). "Toward an optimal US ethanol fuel subsidy", *Energy Economics*, 30(5), pp. 2073-2090. (GE)
- Vehmas, J. (2005). "Energy-related taxation as an environmental policy tool-the Finnish experience 1990-2003." *Energy Policy*, 33(17), pp. 2175-2182. (NA)
- Verbeeck, G. and Hens, H. (2005). "Energy savings in retrofitted dwellings: economically viable?" *Energy and Buildings*, 37(7), pp. 747-754. (CU/HO/SH/PE)
- Vieira, P.S. and Horvath, A. (2008). "Assessing the end-of-life impacts of buildings." *Environmental Science & Technology*, 42(13), pp. 4663-4669. (NA)
- Viguiet, L.L. (2004). "A proposal to increase developing country participation in international climate policy." *Environmental Science & Policy*, 7(3), pp. 195-204. (GL/MN)
- Vincent, W. and Jerram, L.C. (2006). "The potential for bus rapid transit to reduce transportation-related CO<sub>2</sub> emissions." *Journal of Public Transportation*, 9(3), pp. 219-237. (CI)
- Voorspools, K., Peersman, I., and D'haeseleer, W. (2005). "A comparative analysis of energy and CO<sub>2</sub> taxes on the primary energy mix for electricity

generation.” *International Journal of Energy Research*, 29(10), pp. 879-890.  
(NA)

Wang, H., Brown, S.L., Magesan, G.N., Slade, A.H., Quintern, M., Clinton, P.W., and Payn, T.W. (2008). “Technological options for the management of biosolids.” *Environmental Science and Pollution Research*, 15(4), pp. 308-317. (NA)

WBCSD. (2006). By product synergy = energy efficiency.

<http://www.wbcd.org/DocRoot/r0FJbK0eI8ooMvcCRa3B/Dow-by%20product%20synergy.pdf> (CO)

WBCSD. (2008a). Clean and efficient use of coal: ELCOGAS.

<http://www.wbcd.org/DocRoot/8oRjL52jVOuMxwnLRs77/Elcogasfullcasefinal.pdf> (CO)

WBCSD. (2008b). Enterprise energy management system.

<http://www.wbcd.org/DocRoot/DbgbnZsSqZY7rT7I5EeX/IBM-EEMS-fullcase.pdf> (CO)

WBCSD. (2008c). Fuel economy training – the smart way to drive.

<http://www.wbcd.org/DocRoot/u9X0lhQkLviCtlrxvnR/VWFuel%20economytrainingfullcasefinal.pdf> (CO)

WBCSD. (2008d). High-efficiency heat pumps: TEPCO.

<http://www.wbcd.org/DocRoot/uPWCuUSDaI94LEFd7Gr7/TEPCOSonyCity.pdf> (CO)

WBCSD. (2008e). Reducing mobile phone no-load energy demand: Nokia.

<http://www.wbcd.org/DocRoot/MoIqNt3s43idtouUGj7/Nokiachargercasefinaledit.pdf> (CO)

- Weikard, H.P., Finus, M. and Altamirano-Cabrera, J.C. (2006). “The impact of surplus sharing on the stability of international climate agreements.” *Oxford Economic Papers-New Series*, 58(2), pp. 209-232. (GL/MN)
- Williams, C.L. (2004). *Greenhouse gas emission in the city of Worcester: How to develop an inventory and plan for reductions*, USA.
- Winkler, H., Baumert, K., Blanchard, O., Burch, S., and Robinson, J. (2007). “What factors influence mitigative capacity?” *Energy Policy*, 35(1), pp. 692-703. (BC)
- Winkler, H., Brouns, B., and Kartha, S. (2006). “Future mitigation commitments: differentiating among non-Annex I countries.” *Climate Policy*, 5(5), pp. 469-486. (GL/MN)
- Wright, L. and Fulton, L. (2005). “Climate change mitigation and transport in developing nations.” *Transport Reviews*, 25(6), pp. 691-717. (NA)
- Wu, J.C.S. (2009). “Photocatalytic Reduction of Greenhouse Gas CO<sub>2</sub> to Fuel.” *Catalysis Surveys from Asia*, 13(1), pp. 30-40. (RT/LA)
- Yang, H.X., Zhou, W., and Lou, C.Z. (2009). “Optimal design and techno-economic analysis of a hybrid solar-wind power generation system.” *Applied Energy*, 86(2), pp. 163-169. (GE)
- Yu, J., and Chen, L.L.X.L. (2008). “The greenhouse gas emissions and fossil energy requirement of bioplastics from cradle to gate of a biomass refinery.” *Environmental Science & Technology*, 42(18), pp. 6961-6966. (RT/LA)
- Yu, L. Yaoqiu, K., Ningsheng, H., Zhifeng, W., and Lianzhong, X. (2008). “Popularizing household-scale biogas digesters for rural sustainable energy development and greenhouse gas mitigation.” *Renewable Energy*, 33(9), pp. 2027-2035. (CU/HO/SH/PE)

Zarkadoula, M., Zoidis, G., and Tritopoulou, E. (2007). “Training urban bus drivers to promote smart driving: A note on a Greek eco-driving pilot program.” *Transportation research Part D – Transport and Environment*, 12(6), pp. 449-451. (NA)

Ziskind, G., Dubovsky, V., and Letan, R. (2002). “Ventilation by natural convection of a one-story building.” *Energy and Buildings*, 34(1), pp. 91-102. (CU/HO/SH/PE)

(此部分針對第四章至第十一章的文獻，乃在最後標註其英文代碼，例如屬於國家溫室氣體減量策略與技術類的文獻，則標註為(NA)，其他類別代碼請參考本論文第 16 頁)

