

住宅類建築 CO₂ 排放量調查與推估模式 分析研究

內政部建築研究所委託研究報告

中華民國101年12月

(本報告內容及建議，純屬研究小組意見，不代表本機關意見)

PG10101-0513

住宅類建築CO₂排放量調查與推估模式 分析研究

受委託者：財團法人台灣建築中心

研究主持人：林杰宏

協同主持人：曾俊達、李訓谷

研究助理：徐怡君、黃琨智、鄭凱文

內政部建築研究所委託研究報告

中華民國101年12月

(本報告內容及建議，純屬研究小組意見，不代表本機關意見)

目次

目次.....	I
表次.....	III
圖次.....	VII
摘要.....	XI
第一章 緒論.....	1
第一節 計畫緣起.....	1
第二節 計畫背景與目的	3
第三節 計畫目標與成效	7
第二章 研究方法與進度說明	9
第一節 本研究採用之方法	9
第二節 碳排放度量指標計算方法	11
第三節 計畫時程與進度說明	16
第三章 蒐集資料及文獻分析	21
第一節 相關文獻回顧與探討	21
第二節 國內能源與CO ₂ 排放推估模型	50
第三節 碳排放度量指標之起源與定義	62
第四章 我國住宅建築CO ₂ 排放統計（「自上而下」模式）	67
第一節 我國能源統計與CO ₂ 排放統計說明	67

第二節 「自上而下」模式調查成果	75
第五章 我國住宅建築CO ₂ 排放統計（「由下而上」模式）	
.....	82
第一節 「由下而上」模式之問卷設計	82
第一節 「由下而上」模式調查成果	86
第三節 調查結果綜合比較	99
第四節 我國住宅建築CO ₂ 排放推估模式.....	105
第六章 結論與建議	112
第一節 結論	112
第二節 建議	115
附錄一 問卷調查空白表	117
附錄二 期初評選審查會議紀錄	118
附錄三 期中審查會議意見及回應表	120
附錄四 期末審查會議意見及回應表	123
附錄五 第一次專家學者座談會議紀錄	126
附錄六 第二次專家學者座談會議紀錄	128
參考書目	131

表次

表2-1 計畫時程與進度說明表.....	19
表3-1 建築技術規則之建築物用途分類.....	21
表3-2 建築物使用執照總樓地板面積.....	23
表3-3 綠建築設計技術規範之建築類別.....	24
表3-4 美國ASHRAE節能規範建築物耗能分類表.....	26
表3-5 日本建築物耗能分類表.....	26
表3-6 各類辦公場所EUI數值彙整表.....	29
表3-7 各類百貨商場EUI數值彙整表.....	30
表3-8 各類醫院EUI數值彙整表.....	30
表3-9 各類旅館EUI數值彙整表.....	30
表3-10 各類住宅EUI數值彙整表.....	31
表3-11 國內建築碳排放數據相關文獻一覽表.....	35
表3-12 國內建築類型生命週期二氧化碳排放現況文獻與評估對象.....	44
表3-13 臺灣MARKAL模型之特性.....	51
表3-14 永續發展理念之能源策略所面對之目標.....	54
表3-15 TaiSEND模型之特性.....	54
表3-16 TaiSEND模型特色一覽表.....	56
表3-17 MARKAL與TaiSEND模型之比較一覽表.....	57
表3-19 第一階段先導型計畫參與機構.....	59
表3-20 第一階段先導型計畫「自上而下」模型之結果.....	65
表3-21 第一階段先導型計畫「自下而上」模型之結果.....	66

表3-22 第二階段先導型計畫參與機構.....	66
表4-1 各部門燃料燃燒CO ₂ 排放量(各部門不包括電力消費 排放).....	69
表4-2 各部門燃料燃燒CO ₂ 排放量(各部門包括電力消費排 放).....	72
表4-3 住宅建築2001~2010年住宅建築CO ₂ 排放統計量	77
表4-4 住宅建築CO ₂ 十年移動平均排放量趨勢	79
表5-1 住宅類建築耗能現況之調查對象分類.....	84
表5-2 台北地區CO ₂ 排放量與EUI調查結果(100年)	86
表5-3 建築型態對於電力消費造成之二氧化碳排放量比較表 (台北地區)	87
表 5-4 建築型態對於總二氧化碳排放量比較表(台北地區).	88
表5-5 建築型態對於二氧化碳排放量比較表(台北地區)....	89
表5-6 雲林地區CO ₂ 排放量與EUI調查結果(100年)	90
表5-7 建築型態對於電力消費造成之二氧化碳排放量比較表 (雲林地區)	91
表5-8 建築型態對於總二氧化碳排放量比較表(雲林地區).	92
表5-9 建築型態對於二氧化碳排放量比較表(雲林地區)....	93
表5-10 高雄地區CO ₂ 排放量與EUI調查結果(100年)	94
表5-11 建築型態對於電力消費造成之二氧化碳排放量比較 表 (高雄地區).....	95

表5-12 建築型態對於總二氧化碳排放量比較表(高雄地區)	96
表5-13 建築型態對於二氧化碳排放量比較表(高雄地區)...	97
表5-14 各地區電力消費造成之二氧化碳排放量比較表	99
表5-15 各地區總二氧化碳排放量比較表.....	100
表5-16 電力消費造成之二氧化碳排放量比較表.....	102
表5-17 總二氧化碳排放量比較表.....	103
表5-18 ARMIA模型參數輸出	100

圖次

圖 1-1 IPCC 統計十萬年週期全球二氧化碳排放量.....	3
圖 1-2 各部門溫室氣體減量潛勢.....	4
圖 1-3 節能減碳年主行動計畫架構.....	5
圖 2-1 建築物全生命週期之碳排放比例分佈.....	12
圖 2-2 建築物二氧化碳估算法示意圖排放分類.....	13
圖 2-3 碳排放度量指標之架構.....	13
圖 2-4 碳排放度量指標輸入介面.....	14
圖 2-5 CCM 二氧化碳估算之調查表格案例.....	15
圖 2-6 研究流程圖.....	18
圖 3-1 生命週期評估法.....	43
圖 3-2 影響建築物能耗與 CO ₂ 排放量之因素.....	47
圖 3-3 預測模式與實際建物能耗差異之因素.....	47
圖 3-4 預測模式與實際建築物 CO ₂ 排放量之結果.....	48
圖 3-5 影響住宅類建築 CO ₂ 排放之層級架構.....	49
圖 3-6 國際 MARKAL 模型使用者分佈圖.....	51
圖 3-7 臺灣 MARKAL 模型作業流程圖.....	53
圖 3-8 MACRO 模型流程圖.....	59
圖 3-9 MACRO 模型預測上海住宅建築 CO ₂ 排放量.....	60
圖 3-10 SBCI 會員.....	63

圖 4-1 各部門燃料燃燒 CO ₂ 排放量趨勢(各部門不包括電力消費排放).....	71
圖 4-2 各部門燃料燃燒 CO ₂ 排放量趨勢(各部門包括電力消費排放).....	74
圖 4-3 住宅建築 CO ₂ 排放量趨勢.....	76
圖 4-4 住宅建築 CO ₂ 十年移動平均排放量趨勢.....	78
圖 4-5 住宅建築碳排放度量指標（「自上而下」模式） ..	78
圖 4-6 住宅建築碳排放度量指標十年移動平均值（「自上而下」模式） ..	79
圖 5-1 碳排放度量指標問卷調查區域.....	84
圖 5-2 建築型態對於電力消費造成之二氧化碳排放量比較圖（台北地區） ..	88
圖 5-3 建築型態對於總二氧化碳排放量比較圖（台北地區） ..	89
圖 5-4 建築型態對於二氧化碳排放量比較圖(台北地區)....	89
圖 5-5 建築型態對於電力消費造成之二氧化碳排放量比較圖（雲林地區） ..	92
圖 5-6 建築型態對於總二氧化碳排放量比較圖（雲林地區） ..	93
圖 5-7 建築型態對於二氧化碳排放量比較圖(雲林地區)....	96

圖 5-8 建築型態對於電力消費造成之二氧化碳排放量比較 圖（高雄地區）	97
圖 5-9 建築型態對於總二氧化碳排放量比較圖（高雄地區）	98
圖 5-10 建築型態對於二氧化碳排放量比較圖(高雄地區)...	98
圖 5-11 各地區電力消費造成之二氧化碳排放量比較圖 ...	101
圖 5-12 各地區總二氧化碳排放量比較圖	103
圖 5-13 電力消費造成之二氧化碳排放量比較圖	104
圖 5-14 總二氧化碳排放量比較圖	104
圖 5-15 住宅建築 CO ₂ 排放推估模式架構	101
圖 5-16 住宅部門燃料燃燒 CO ₂ 排放量推估	103
圖 5-17 台電公司表燈非營業用戶 2000 年至 2010 年售電量 分析	104
圖 5-18 住宅部門燃料燃燒 CO ₂ 排放量推估	109
圖 5-19 住宅部門燃料燃燒 CO ₂ 排放量推估	101
圖 5-20 美商麥肯錫公司推估住宅部門能源需求推估說明	103
圖 5-21 住宅部門能源需求推估	104

摘要

關鍵詞：住宅建築、二氧化碳排放、碳排放度量指標、全生命週期

一、研究緣起

台灣是個能源短缺的國家，以民國 101 年 4 月能源供給統計顯示，總供給量為 12,762 千公秉油當量，較去年 100 年同月增加 2.36%。其中占能源供給比重達 99.35% 的進口能源較去年同月增加 2.21%，自產能源增加 32.17%。目前我國針對能源政策與經濟發展或能源需求，分別發展了臺灣 MARKAL/TIMES 模型與 TaiSEND 模型，整合作為能源與溫室氣體減量之政策規劃，或能源供需規劃模擬之前置作業重要分析工具。

住宅（建築）部門因主管建築機關並非能源主管部會，以往並未針對能源使用與實際 CO₂ 排放部分進行探討，目前僅限於依照建築技術規則綠建築專章基準，規範新建建築物之外殼節能設計，對於整體住宅（建築）部門實際的用電耗能與生命週期 CO₂ 排放，缺乏完整的評估分析工具與基礎資料，亟待建立基礎資料並進行影響因子分析，俾能作為建築節能減碳對策分析規劃之參考。

二、研究方法及過程

本研究計畫蒐集彙整國內住宅與建築耗能相關調查研究文獻，並從中彙整其調查研究成果與特點；並進一步針對台灣現有能源模型：MARKAL 與 TaiSEND 模型以及本研究計畫採用之碳排放度量指標(Common Carbon Metric)進行探討與比對。再者，本研究現階段已建立適合台灣之碳排放度量指標(Common Carbon

Metric) 計算方法，並且亦完成台灣整體之住宅類建築碳排放度量指標。其研究內容包括：

1. 建立影響住宅類建築二氧化碳排放及能源需求之因素與排放變動因素分析。
2. 建立一套台灣住宅類建築二氧化碳排放預測模式。
3. 蒐集比對國內住宅與建築耗能相關調查研究文獻（如成大研究團隊與經濟部能源局等），並比較 EUI 解析數據之差異性。
4. 評估二氧化碳減量目標導入後，對整合模式中之因素的影響，分析減量目標對住宅類建築二氧化碳排放量的變化。

三、重要發現

為了瞭解我國住宅建築 CO₂ 排放現況，本研究計畫首先以經濟部能源局之台灣燃料燃燒 CO₂ 排放統計資料，主計處之人口數與住宅建築面積統計資料，並且依照碳排放度量指標計算方法，獲得「自上而下」模式之我國住宅建築 CO₂ 排放量。由於經濟部能源局之台灣燃料燃燒 CO₂ 排放統計資料是依據「IPCC 國家溫室氣體清冊指南」計算方法所求得，IPCC 計算方法與碳排放度量指標計算方法所採用之 ISO standards 及 WRI/WBCSD Greenhouse Gas protocol 是一致的，因此本研究計畫所獲得「自上而下」模式的住宅建築 CO₂ 排放量是有效的。本研究計畫之重要發現如下：

1. 本研究計畫蒐集比對國內住宅與建築耗能相關調查研究文獻，並比較 EUI 解析數據之差異性。比對之結果顯示相關文獻之 EUI 解析數據之差異大多在於樣本數、取樣範圍以及分析的年份之差異。
2. 由 2001~2010 年住宅建築 CO₂ 排放量趨勢圖可知：住宅建築的 CO₂ 排放量以電力佔大部分，十年平均值約為 84.7%，其他燃料大約佔 15.3% 的 CO₂ 排放量。
3. 本研究計畫利用碳排放度量指標(CCM)方法完成台灣住宅類建築「自上而下」模式與高雄、台北與雲林之「由下而上」模式之二氧化碳排放量調查。調查結果顯示鄉村(雲林)的單位面積或人均二氧化碳排放量均小於都市區域(高雄、台北)。而就建築類型而言，公寓的二氧化碳排放量>一般大樓(未考慮公共用電)的二氧化碳排放量>透天獨立住宅的二氧化碳排放量。「由下而上」模式之二氧化碳排放量調查可顯示出地理位置、社區型態以及住宅型態等三個影響因子對於二氧化碳排放量之影響，其中以住宅型態對二氧化碳排放量之影響最為顯著。然而對於生活模式與設備型態對於二氧化碳排放量之影響評估不在碳排放度量指標(CCM)方法之範圍內。
4. 住宅建築 CO₂ 排放推估模式架構應包含住宅建築 CO₂ 排放歷史資料庫，住宅建築能源使用現況推估模型以及預估情境設定等三部分。在住宅建築 CO₂ 排放歷史資料庫部分利用碳排放度量指標(CCM)所獲得之逐年住宅建築 CO₂ 排放量資料是住宅建築 CO₂ 排放推估模式最基礎也最重要的部分，此資料庫之數據影響使用現況推估模型以及預估情境設定之預測推估結果。再者，本研究計畫以碳排放度量指標(CCM)方法完成台灣住宅類建築「自上而下」模式之數據，配合時間序列模式推估 2030 年住宅部門 CO₂ 排放基線(BAU)。

四、建議事項

根據本研究計畫之發現，本研究根據住宅類建築二氧化碳排放及能源使用資料庫與住宅類建築二氧化碳排放預測模式，提出下列建議。以下分別從立即可行建議及中長期建議加以列舉。

建議一

本研究計畫以碳排放度量指標方法完成台灣住宅類建築之二氧化碳排放量調查，並據此建立住宅部門CO₂排放推估基線(BAU)，可提供作為我國住宅部門節能減碳分析之基礎：立即可行建議

主辦機關：行政院節能減碳推動會

協辦機關：內政部建築研究所、台灣電力公司

本研究計畫以碳排放度量指標方法完成台灣住宅類建築「自上而下」模式與高雄、台北與雲林之「由下而上」模式之二氧化碳排放量調查，調查結果顯示當調查樣本數越多時，「自上而下」模式與「由下而上」模式會趨近一致。而且利用「由下而上」模式調查之結果可以進一步反映出不同氣候條件、方位以及建築型態之二氧化碳排放量的差異。所完成至 2030 年住宅部門 CO₂ 排放推估基線(BAU)，可提供作為我國住宅部門節能減碳分析之基礎及住宅節能策略規劃之參據。

建議二

建議參考本研究完成之住宅建築 CO₂ 排放推估模式之架構，持續規劃辦理住宅類建築CO₂調查與比較驗證研究：中長期建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：台灣建築學會、中華經濟研究院

本研究計畫已結合碳排放度量指標方法以及日本 MACRO 模型，建立住宅建築 CO₂ 推估模式之架構，可提供相關研究單位賡續辦理住宅類建築二氧化碳排放調查與推估研究之參考。

ABSTRACT

Keywords: residential building, CO₂ emission, Common Carbon Metrics, whole life cycle

The environmental footprint of the building sector includes 30% of energy use. The building sector is responsible for more than one third of energy-related GHG emissions and, in most countries, is the largest emissions source. In the past two decades, CO₂ emission in Taiwan have increased rapidly, but models for forecasting the future trend of CO₂ emission in the building sector are still insufficient. In this study, the Common Carbon Metrics (CCM) proposed by UNEP-SBCI-WRI is used to estimate annual CO₂ emission in the building sector in Taiwan. CO₂ emission is estimated using Top-down approach based on the energy consumption of residential building sector from 1990 to 2010. Then, three cities- Taipei, Kaohsiung and Yulin are selected to survey the real CO₂ emission by using Bottom-up approach, respectively. Finally, the framework for estimating the future trend of CO₂ emission in residential building sector is developed. The ARIMA method is used to estimate the future Business-As-Usual (BAU) carbon emissions of the residential building sector.

In order to develop the CCM for estimating annual CO₂ emission in the building sector in Taiwan, this project concludes that:

1. According to historical CO₂ emission in building sector during the period of 2001~2010, it is found that 84.7% of CO₂ emission generate from electricity usage, and only 15.3% is from other fuel combustion

2. The building type has a significant effect on the CO₂ emission in the building sector.

3. The framework for estimating the future trend of CO₂ emission in residential building sector includes the historical CO₂ emission database, the future Business-As-Usual (BAU) carbon emissions estimation model and energy-saving scenario model.

This project comes to the immediate and long-term strategies.

For immediate strategies:

1. It is feasible to use the Common Carbon Metrics proposed by UNEP-SBCI-WRI to calculate annual CO₂ emission in the building sector in Taiwan.

2. The ARIMA model proposed in this study can be used to estimate the future Business-As-Usual (BAU) carbon emissions of the residential building sector.

For long-term strategies:

1. The framework for estimating the future trend of CO₂ emission in residential building sector proposed in this study need further demonstration for validating the accuracy and applicability of this model. It is necessary to investigate real CO₂ emission in the building sector by the Common Carbon Metrics.

第一章 緒論

第一節 計畫緣起

台灣是個能源短缺的國家，以民國 101 年 4 月能源供給統計顯示，總供給量為 12,762 千公秉油當量，較去年 100 年同月增加 2.36%。其中占能源供給比重達 99.35%的進口能源較去年同月增加 2.21%，自產能源增加 32.17%。另依 99 年國內能源消費量之部門別分析統計顯示，住宅部門占總能源消費量的 10.71%；如以燃料燃燒 CO₂ 排放統計分析，則住宅部門 CO₂ 排放量(包括電力消費排放)約占總排放量的 12.9%，較 98 年減少 1.2%，雖有成長減緩趨勢，但總能源需求與 CO₂ 排放量仍持續擴增。

2009 年 4 月 15 日全國能源會議 總統開幕致詞宣示，永續發展是人類文明共同的願景，而建立公平正義的社會、創造永續的經濟發展模式、以及維持潔淨的自然環境，更是我們應該對後代子孫的無悔承諾。隨著「地球高峰會」、「聯合國氣候變遷綱要公約」以及「京都議定書」的召開與簽署，我國也不能自外於國際社會的責任與義務。為了善盡世界公民的責任，在「節流」方面，政府亦訂定未來 8 年每年提高能源效率 2%以上的目標；在「淨源」方面，積極推動全國二氧化碳排放減量，在 2016 年至 2020 年間回到 2008 年的排放量，在 2025 年回歸到 2000 年的減量目標。

另在住宅建築整體能源消費統計顯示，85.5%為電力消費使用，14.5%為液化石油氣或天然瓦斯等非電力項目，因應行政院節能減碳推動會歷次會議指示，住宅部門亟需釐清能源使用與 CO₂ 排放總量的規模，以及其變動因子與權重，俾能作為我國住宅部門研議節能與減碳策略之參據。

目前我國針對能源政策與經濟發展或能源需求，分別發展了臺灣 MARKAL/TIMES 模型與 TaiSEND 模型，整合作為能源與溫室氣體減量之政策規劃，或能源供需規劃模擬之前置作業重要分析工具；運輸部門亦已規劃執行多年有關交通政策、運具效率與運輸部門節能減碳相關研究與分析模型之建置工作，據以研擬交通運輸之節能減碳政策措施。

住宅（建築）部門因主管建築機關並非能源主管部會，以往並未針對能源使用與實際 CO₂ 排放部分進行探討，目前僅限於依照建築技術規則綠建築專章基準，規範新建建築物之外殼節能設計，對於整體住宅（建築）部門實際的用電耗能與生命週期 CO₂ 排放，缺乏完整的評估分析工具與基礎資料，亟待建立基礎資料並進行影響因子分析，俾能作為建築節能減碳對策分析規劃之參考。

第二節 計畫背景與目的

一、研究背景

二十一世紀由於二氧化碳濃度持續上升（詳圖 1-1 所示），導致地球環境加速溫暖化現象，造成全球氣候變遷問題，因此國際上於 2009 年推動的減碳 350 運動、全球前二十大經濟體元首高峰會（G20，group of 20）至哥本哈根會議（COP15）之後均著重於探討二氧化碳減量課題，思考如何有效降低二氧化碳排放量。

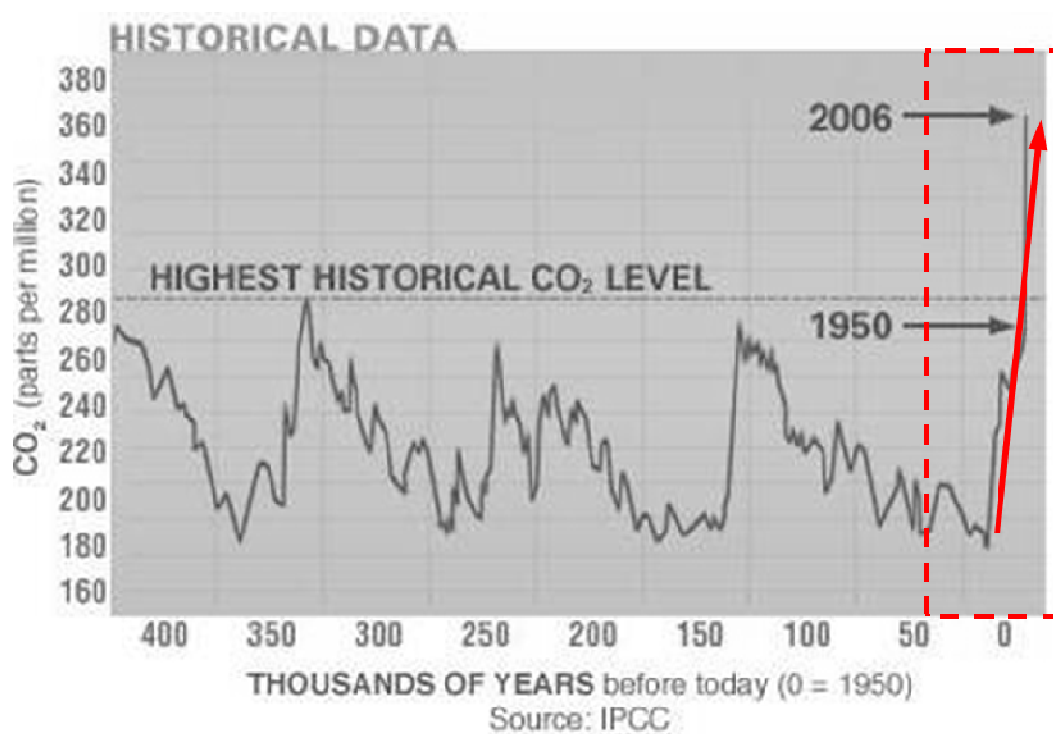


圖 1-1 IPCC 統計十萬年週期全球二氧化碳排放量

(資料來源：IPCC)

國際上針對節能減碳議題已具體落實至生活環境中，例如：英國標準協會（BSI）提出碳足跡認證（PAS2050）計算各產品之碳足跡，藉由日常生活中使用之各項產品累計碳足跡；日本亦於 2009 年也以英國標準協會提出之方法為基

礎發展理想碳足跡制度方案（發展カーボンフットプリント制度の在り方(案)）顯示碳足跡議題正快速發展中。

建築部門的環境足跡(environmental footprint)包含 40%能源使用、30%原物料使用、25%的固體廢棄物、25%水使用量以及 12%的土地使用。根據 the Intergovernmental Panel on Climate Change's 4th Assessment Report (IPCC AR-4)預估在 2004 年與建築有關的溫室氣體排放約為 86 億當量二氧化碳噸，而到 2030 年大約會成長到 2004 年的兩倍，約為 156 億當量二氧化碳噸。再者，IPCC AR-4 預估各部門的溫室氣體減量的潛勢（詳圖 1-2 所示）可知，對於處理氣候變遷問題是聯合國的優先政策之前提下，有 1/3 能源相關的溫室效應排放之建築部門具有相當大的二氧化碳減量潛勢。

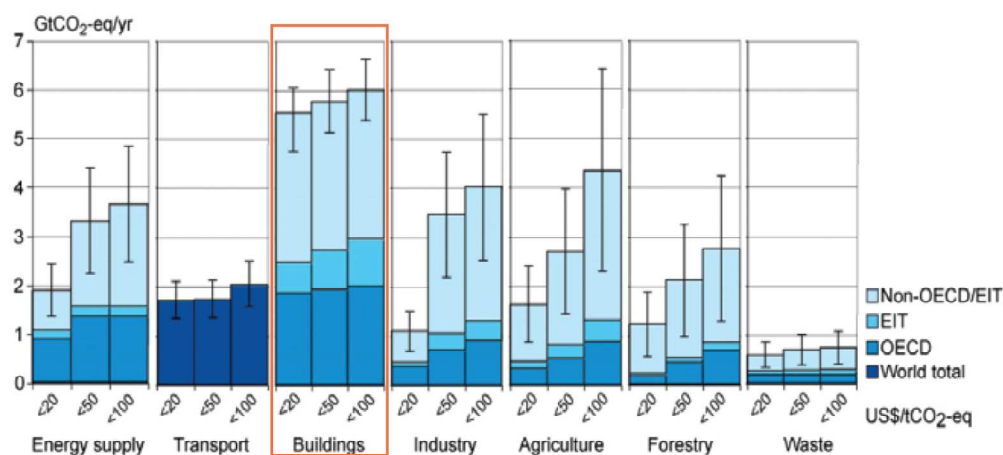


圖 1-2 各部門溫室氣體減量潛勢

(資料來源：Sustainable Buildings and Climate Initiative，2009)

行政院於 2008 年推動「生態城市綠建築推動方案」、「節能減碳行動方案」及全國能源會議有關「低碳家園」等低碳施政，明訂二氧化碳減量為政策推動之首要目標。另根據統計資料顯示，台灣每年約釋放 25 億公噸二氧化碳於大氣中，

其中建築產業耗能約佔總排放量的 27%，顯示建築部門為推動二氧化碳減量促進永續發展的關鍵之一。

我國減碳情境規劃係以落實能源密集度每年下降 2% 為目標，預期可於 2020 年減 CO₂ 共 76 百萬噸，達到全國減碳目標的 36%；「節能減碳年」之主要行動計畫詳如圖 1-3 所示。而國家節能減碳總體計畫在節能目標上期望未來 8 年每年提高能源效率 2% 以上，使能源密集度於 2015 年較 2005 年下降 20% 以上；並藉由技術突破及配套措施，2025 年下降 50% 以上。減碳目標則是全國二氧化碳排放減量，於 2020 年間回到 2005 年排放量，於 2025 年回到 2000 年排放量。

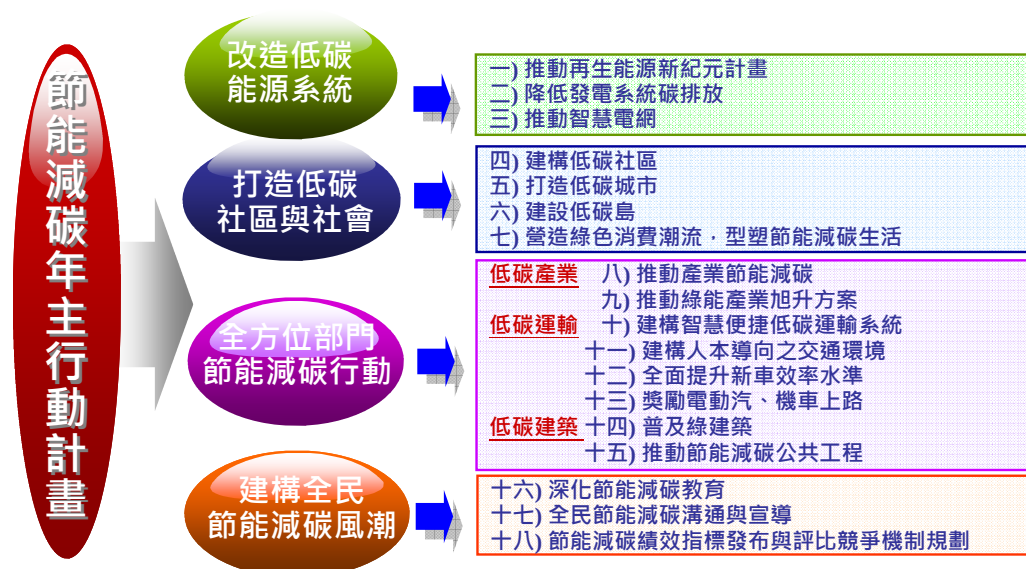


圖 1-3 節能減碳年主行動計畫架構

(資料來源：「節能減碳年主要行動計畫」，2000，行政院節能減碳推動會)

二、 研究目的

因國內過去對於住宅部門之二氧化碳排放量分析上，主要多將個別建築物排放量之調查數據以迴歸方式，得到未來二氧化碳排放量，但若僅以此迴歸模式（bottom-up 法）作為住宅部門長期二氧化碳排放之預測模式，則將策略導入後表所現出來之減量效果通常不顯著，不易作為實際策略訂定之有效依據。有鑑於此，本計畫期望可提供一套估計住宅部門二氧化碳排放量之分析法，以作為將來住宅部門在訂定策略之依據。

第三節 計畫目標與成效

本計畫擬探討歷年之住宅類建築二氧化碳排放量相關研究成果，由本計畫之研究人員進行整合運用，使研究之成果可落實於實際案例中；並透過相關專家及專業技術人員諮詢，給予住宅類建築二氧化碳排放量之指導。計畫目標與成效敘述如下：

- 一、 建立影響住宅類建築二氧化碳排放及能源需求之因素與排放變動因素分析。
- 二、 建立一套台灣住宅類建築二氧化碳排放預測模式。
- 三、 蒐集比對國內住宅與建築耗能相關調查研究文獻（如成大研究團隊與經濟部能源局等），並比較 EUI 解析數據之差異性。
- 四、 評估二氧化碳減量目標導入後，對整合模式中之因素的影響，分析減量目標對住宅類建築二氧化碳排放量的變化。

第二章 研究方法及進度說明

第一節 本研究採用之方法

本研究規劃蒐集國內外住宅（建築）能源需求及 CO₂ 排放與減量分析模型與工具（如聯合國環境規劃署(UNEP)建立之碳排放度量指標（Common Carbon Metric,CCM）），並彙整我國住宅（建築）用電與其他能源需求現況資料，分析成長趨勢，並檢討影響因子，建立 CO₂ 排放量推估模式。CO₂ 排放量推估模式將以實際營建統計與住宅存量統計資料為基礎，配合日常使用階段的各項耗能統計結果，進行比對驗證，以驗證推估模式之完整度與可行性。其研究方法如下所示：

一、文獻分析法

本研究計畫將依照計畫之研究議題，蒐集國內外住宅（建築）能源需求及 CO₂ 排放與減量分析模型與工具相關文獻資料，參考如聯合國環境規劃署(UNEP)建立之碳排放度量指標（Common Carbon Metric,CCM）等相關標準建立之 CO₂ 排放估算公式，並參酌 ISO 15686-5 生命週期各階段層級分析項目之規範，用以建立國內住宅類建築 CO₂ 排放與減量試算與分析模式。

再者，本研究團隊之重要工作項目之一為收集現有國內外建築部門二氧化碳排放之研究報告與論文，藉此明白國際間在與本研究議題有關之發展方向與現況，作為本研究計畫報告與投稿論文撰寫之文獻回顧資料庫。

二、比較分析法

針對蒐集之文獻作相對性優缺點比較分析，藉以瞭解國內外之歷時變化並比較分析其差異性，作為適用國內住宅類建築 CO₂ 排放與減量試算與分析模式架構之參考依據，並挑選具代表性之都市與鄉村各一案，進行實體案例計算比較。

三、專家諮詢法

研究結果經初步整理後，研究團隊將定期邀請相關學者以及產業界、工會專家進行意見溝通交流，並針對研究內容進行審議，提出應修正及增刪之意見，作為充實、加強本研究計畫內容之參考。並擇期辦理期中、期末簡報來說明研究計畫執行成效、進度及所遭遇之問題。

四、碳排放度量指標法

有關碳排放度量指標法之流程與計算方法敘述於下節。

第二節 碳排放度量指標(Common Carbon Metric)計算方法

為了本研究計畫所獲得之建築二氧化碳排放量能與世界各國相關數據接軌，本研究計畫採用 UNEP-SBCI 所發展的碳排放度量指標(Common Carbon Metric)計算方法，進行台灣住宅建築二氧化碳排放量估算。根據調查，建築物在全生命週期的碳排放量部分，使用階段佔全部生命週期的 80-90% (如圖 2-1)，因此碳排放度量指標(Common Carbon Metric)計算方法僅估算建築物在使用階段的碳排放量。根據 WRI-WBCSD 標準，建築物二氧化碳排放範圍分別與直接排放(Scope 1)、建築用電部分間接排放(Scope 2)與其他部分間接排放(Scope 3) 等三部分有關，如圖 2-2 所示。直接排放(Scope 1)係指建築物在使用時直接產生的二氧化碳，例如：燃料（天然氣、瓦斯、煤油）直接燃燒的碳排，設備（冷氣、電腦等）。建築用電部分間接排放(Scope 2)是指建築用市電在非建築物內的碳排放量，例如：電廠產電所產生的二氧化碳。其他部分間接排放(Scope 3)為建築用電部分間接排放(Scope 2)之外的碳排放，目前碳排放度量指標僅涵蓋直接排放(Scope 1)與建築用電部分間接排放(Scope 2)兩部分。

碳排放度量指標的計算方法包含「自上而下(Top-down)」評估模型以及「由下而上(Bottom-up)評估模型兩種(詳如圖 2-3 碳排放度量指標之架構所示)。「自上而下(Top-down)」評估模型是以國家、城市或是區域的規模來預估住宅建築的能源使用密度與碳排放密度指標。「自上而下(Top-down)」評估模型之數據來源為國家、城市或是區域的整體能源或電力消耗數據。而「由下而上(Bottom-up)評估模型是個別建築物的能源或電力消耗數據調查值，調查的樣本數必須足以有效代表整體建築物的能源或電力消耗數據。

UNEP-SBCI 要求碳排放度量指標的計算必須在 Excel 的介面工具中完成(如圖 2-4 所示)，所需要調查的資料如圖 2-5 之格式包含建築物基本資料（包含總建築面積、總使用人口數、建築物屋齡、建築類型）、總用電量、各種燃油總使

用量。再從上述總體建築物之資料，利用能源使用密度(Energy intensity)與碳排放密度(Carbon intensity)作為可量測、一致性且可驗證的(Measurable, Reportable and Verifiable, MRV)指標。能源使用密度與碳排放密度之定義如下：

$$EI = \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 - \text{year}} = \frac{\text{kWh}}{\text{occupant} - \text{year}}$$

$$CI = \frac{\text{kg CO}_{2e}}{\text{m}^2 - \text{year}} = \frac{\text{kg CO}_{2e}}{\text{occupant} - \text{year}}$$

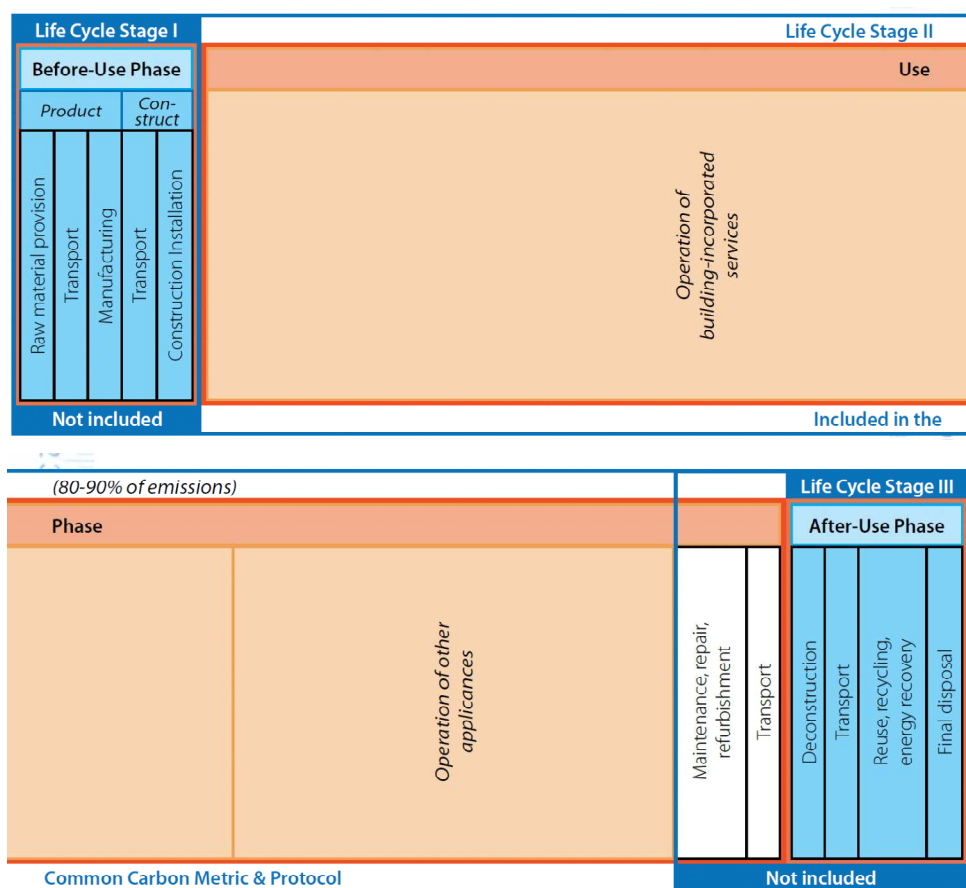


圖 2-1 建築物全生命週期之碳排放比例分佈

(資料來源：UNEP-SBCI)

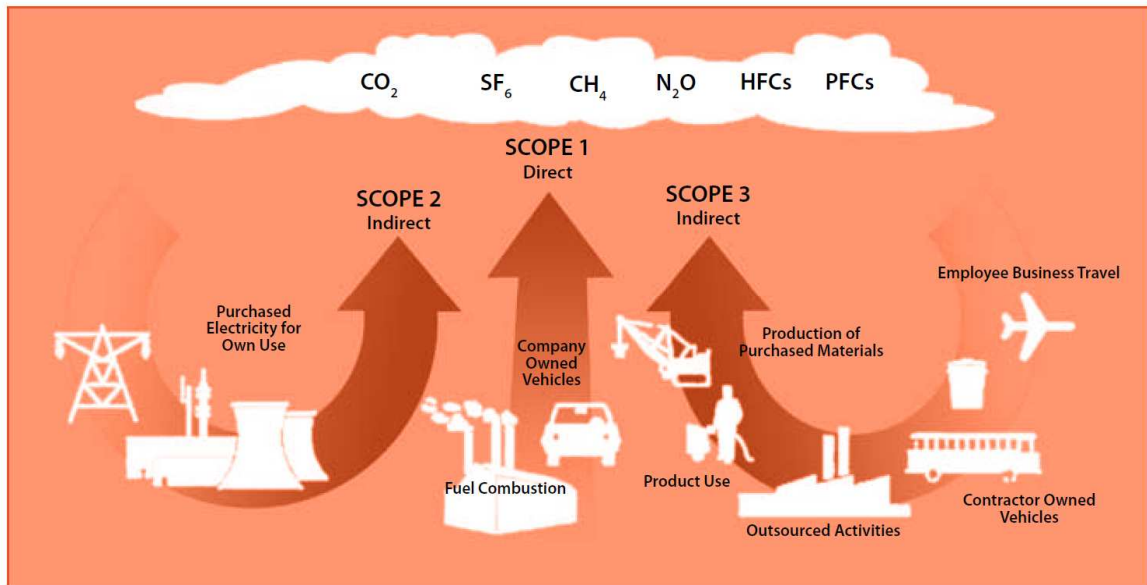


圖 2-2 建築物二氧化碳估算法示意圖排放分類

(資料來源：WRI-WBCSD)

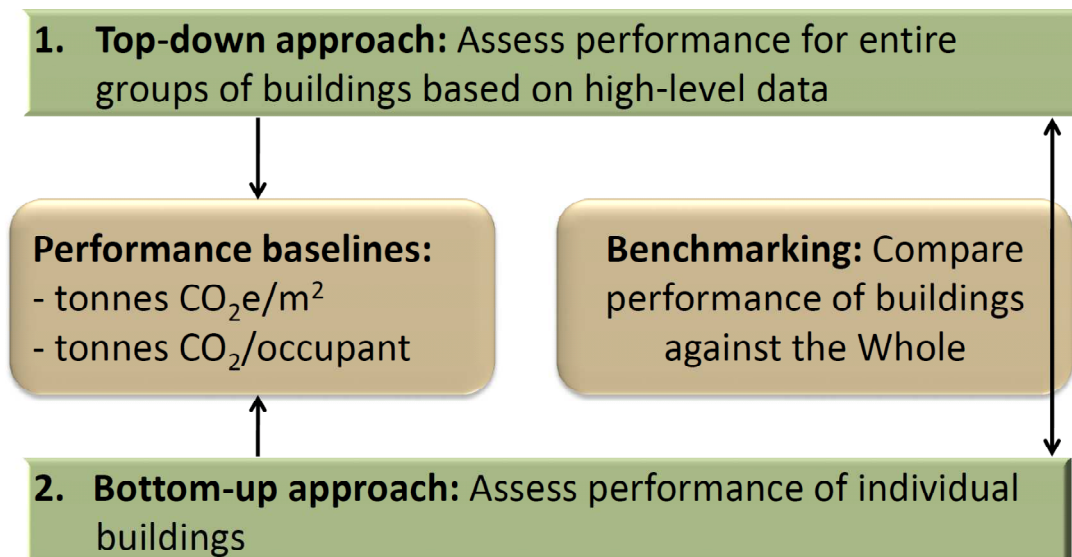


圖 2-3 碳排放度量指標之架構

(資料來源：WRI-WBCSD)

Method 1. Top down approach. Data input.

This approach calculates the performance of the Whole based on high-level data on patterns of energy consumption, area and occupancy. Note there may be several sources of energy serving the Whole, and relevant energy information may be obtained directly from local power providers, electrical or gas utilities, or, where such information is not available, from permit records or energy reporting programs. These providers may also be able to identify how much energy has been consumed by different categories of building types (residential, non-residential, etc.).

You must first complete this method before benchmarking the performance of individual building(s) against the Whole using the bottom-up approach

1 Characterise the Whole

What is the total area of the Whole, in m²?

What tier of accuracy best describes your data on area?

What is the total occupancy of the whole, in number of occupants?

What tier of accuracy best describes your data on occupancy?

Can these data be broken down by specific types of building categories?

Can the data on area be broken down by age of the building stock?

圖 2-4 碳排放度量指標輸入介面

(資料來源：WRI-WBCSD)

<i>Property Record for Inventory</i>	
Reporter Identification	
Reporting Period	Drop-down Menu ↓
Building Type	Drop-down Menu ↓
Building Owner (optional)	
Street Address	
City	
Zip Code	
Country	Drop-down Menu ↓
Year Constructed	Drop-down Menu ↓
Building Area	
Total # of Full-Time Occupants	

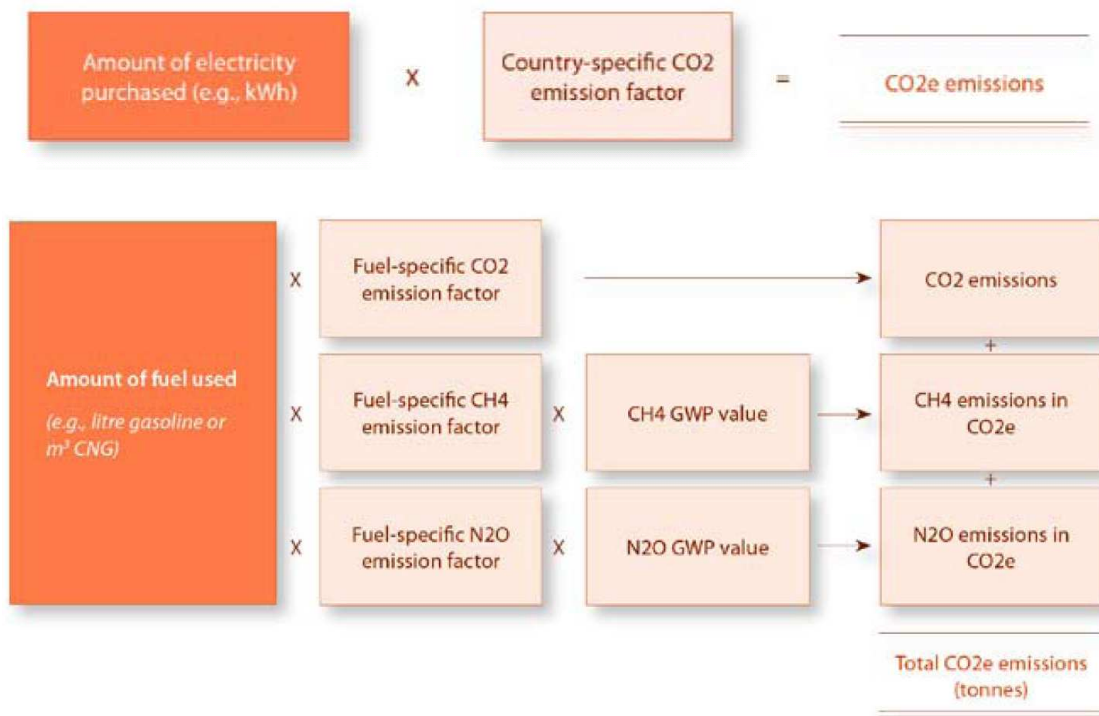


圖 2-5 CCM 二氧化碳估算之調查表格案例

(資料來源：WRI-WBCSD)

第三節 計畫時程與進度說明

降低二氧化碳排放量為現今政府施政重心以對抗地球暖化，本計畫的重點係建立本土的住宅（建築）部門二氧化碳排放量推估模式，以提供住宅類建築二氧化碳排放相關研究的重要基礎研究。藉由此模式，得以在制訂住宅類建築節能減碳政策之初即可計算出相關政策對於建築二氧化碳排放量，可對於建築產業所造成的二氧化碳減量進行量化評估。並藉以評估政策導致建築物的環境衝擊程度，以提供未來政府推行相關節能減碳政策參考，俾能更精確掌握實際成效。本計畫時程由今年 101 年 2 月 1 日至 101 年 12 月 31 日止（研究流程如圖 2-6 所示、計畫時程如表 2-1 所示），主要工作項目如下：

一、蒐集國內外住宅（建築）能源需求及二氧化碳排放與減量分析模型與工具

經由相關文獻之收集，並彙整以往二氧化碳排放之相關研究成果，以瞭解二氧化碳排放估算與減量之作法，藉此擬定本計畫後續進行相關研究及落實推動之參考。

二、彙整分析住宅（建築）用電與其他能源需求、成長趨勢與影響因子

藉由蒐集國內外住宅（建築）之文獻，加以剖析其用電與其他能源需求之成長趨勢，進而彙整影響住宅（建築）耗能之影響因子。

三、建立住宅（建築）部門二氧化碳排放量推估模式

在建立住宅（建築）部門二氧化碳排放量推估模式部分，本計畫將選定 1 個城市與 1 個鄉村住宅個案進行排碳量調查，其內容包括：收集城市基本資料、電力使用資料，以及燃料使用資料。並選定將針對推估模式選取樣本進行驗證。

四、驗證推估模式之完整度與可行性

本計畫將針對推估模式選取樣本進行驗證。除將選定 1 個城市與 1 個鄉村住宅個案進行排碳量調查外，並將進一步與其他城市比對驗證其差異。

五、二氧化碳減量策略之情境分析

透過二氧化碳排放量推估模式，藉此推估各策略措施之預期減量成效，推估各策略措施之預期減量成效，並進一步分析達成減量目標之可行性，提供做為後續具體行動方案與相關規劃之依據；並利用情境分析比較分析不同執行率下對整體減量目標達成率之影響。

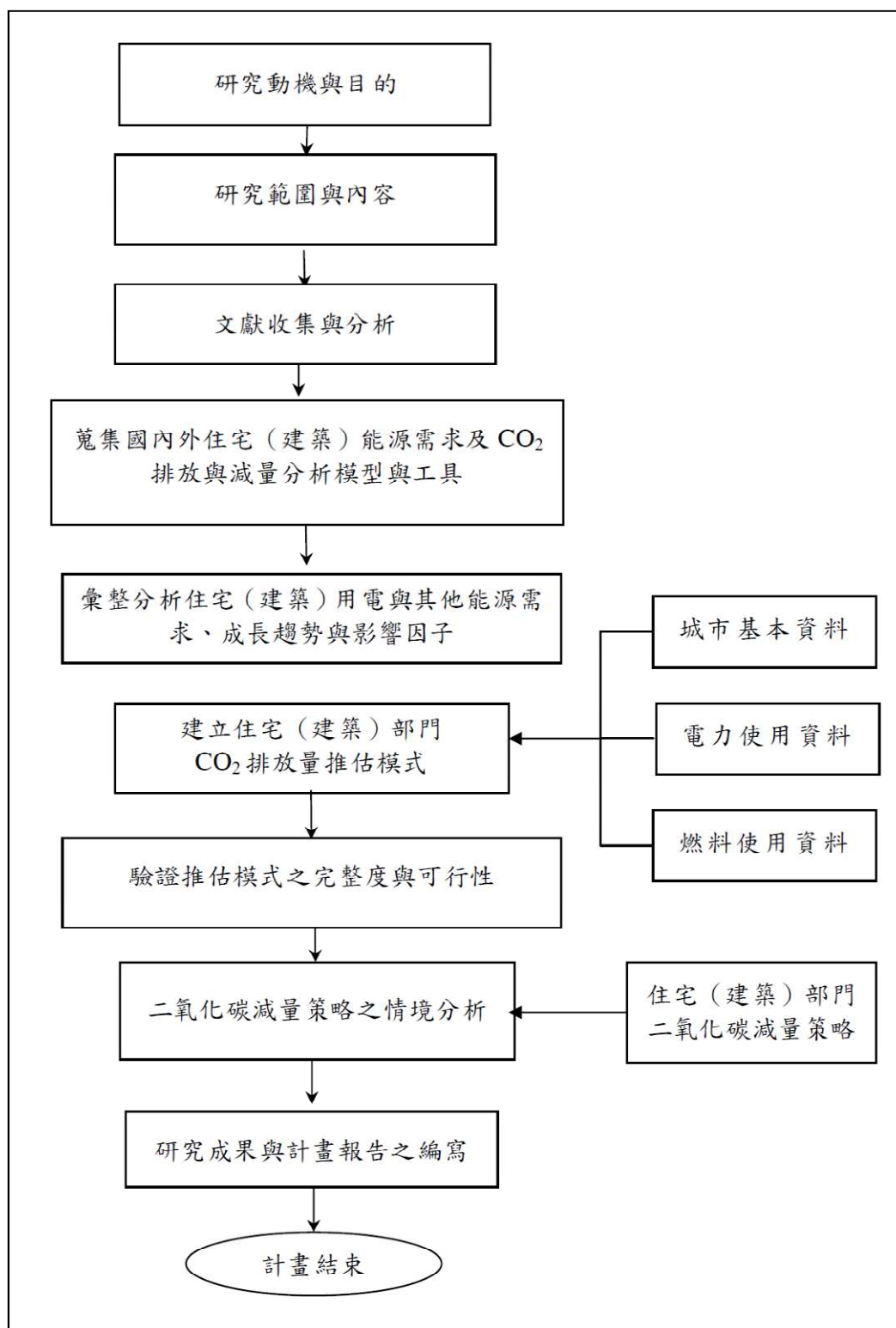


圖 2-6 研究流程圖

(資料來源：本研究整理)

表 2-1 計畫時程與進度說明表

工作項目 \ 月次	第 1 月	第 2 月	第 3 月	第 4 月	第 5 月	第 6 月	第 7 月	第 8 月	第 9 月	第 10 月	第 11 月	進度說明
相關文獻收集與彙整	■	■										符合進度
蒐集國內外住宅（建築）能源需求及 CO ₂ 排放與減量分析模型與工具		■	■	■								符合進度
彙整分析住宅（建築）用電與其他能源需求、成長趨勢與影響因子			■	■	■							符合進度
期中審查						■						符合進度
建立住宅（建築）部門 CO ₂ 排放量推估模式					■	■	■	■	■			符合進度
驗證推估模式之完整度與可行性								■	■			符合進度
期末審查											■	符合進度
研究成果提出											■	符合進度
預定進度（累積數）	5 %	10 %	20 %	30 %	40 %	50 %	60 %	70 %	80 %	90 %	100 %	

(資料來源：本研究整理)

第三章 蒐集資料及文獻分析

第一節 相關文獻回顧與探討

本節首先透過相關文獻回顧，彙整國內外住宅部門能源消費與二氧化碳之關連與評估之模式；進而探討國內建築生命週期二氧化碳排放之相關研究，瞭解各評估對象（建築設備、建築軀體、室內裝修等）在生命週期二氧化碳排放量之現況。

一、國內外住宅部門能源消費與二氧化碳之相關研究

（一）用電密度與二氧化碳排放的住宅建築分類

為了了解國內外相關文獻有關住宅建築分類對於 EUI 的現況，以擬定合理又便於管理的分類項目，本研究計畫整理文獻中有提及關於住宅建築分類的資料做說明如下：

建築技術規則總則篇第三條之三中對於建築物用途分類之類別是依照建築使用機能對各類建築用途做了清楚的定義。其中 H 類之住宿類區分為長期居住的住宅與短期住宿的宿舍，本研究主題即是 H 類住宿類建築之住宅建築。住宅類建築無疑是最貼近我們生活的建築類別，也是最能廣泛探討日常耗能與實行節能減碳的類別。根據營建署的統計，民國 80 年至 100 年間核發的建築物使用執照總樓地板面積來看，20 年平均建築物使用執照總樓地板面積比例住宅類佔了 46%，是分佈最廣泛的建築類別。

表 3-1 建築技術規則之建築物用途分類

類別		類別定義	組別	組別定義
A 類	公共集會類	供集會、觀賞、社交、等	A1 集會表演	供集會、表演、社交，且具觀眾席及舞臺之場所。
			A2 運輸場所	供旅客等候運輸工具之場所。

類 別		類 別 定 義	組 別	組 別 定 義
		候運輸工具，且無法防火區劃之場所。		
B 類	商業類	供商業交易、陳列展售、娛樂、餐飲、消費之場所。	B-1 娛樂場所	供娛樂消費，且處封閉或半封閉之場所。
			B-2 商場百貨	供商品批發、展售或商業交易，且使用人替換頻率高之場所。
			B-3 餐飲場所	供不特定人餐飲，且直接使用燃具之場所。
			B-4 旅館	供不特定人士休息住宿之場所。
C 類	工業、倉儲類	供儲存、包裝、製造、修理物品之場所。	C-1 特殊廠庫	供儲存、包裝、製造、修理工業物品，且具公害之場所。
			C-2 一般廠庫	供儲存、包裝、製造一般物品之場所。
D 類	休閒、文教類	供運動、休閒、參觀、閱覽、教學之場所。	D-1 健身休閒	供低密度使用人口運動休閒之場所。
			D-2 文教設施	供參觀、閱覽、會議，且無舞臺設備之場所。
			D-3 國小校舍	供國小學童教學使用之相關場所。(宿舍除外)
			D-4 校舍	供國中以上各級學校教學使用之相關場所。(宿舍除外)
			D-5 補教托育	供短期職業訓練、各類補習教育及課後輔導之場所。
E 類	宗教、殯葬類	供宗教信徒聚會殯葬之場所。	E 宗教、殯葬類	供宗教信徒聚會、殯葬之場所。
F 類	衛生、福利、更生類	供身體行動能力受到健康、年紀或其他因素影響，需特別照顧之使用場所。	F-1 醫療照護	供醫療照護之場所。
			F-2 社會福利	供殘障者教養、醫療、復健、重健、訓練(庇護)、輔導、服務之場所。
			F-3 兒童福利	供學齡前兒童照護之場所。
			F-4 戒護場所	供限制個人活動之戒護場所。
G 類	辦公、服務類	供商談、接洽、處理一般事務或一般門診、零售、日常服務之場所。	G-1 金融證券	供商談、接洽、處理一般事務，且使用人替換頻率高之場所。
			G-2 辦公場所	供商談、接洽、處理一般事務之場所。
			G-3 店舖診所	供一般門診、零售、日常服務之場所。

類別		類別定義	組別	組別定義
H 類	住宿類	供特定人住宿之場所。	H-1 宿舍安養	供特定人短期住宿之場所。
			H-2 住宅	供特定人長期住宿之場所。
I 類	危險物品類	供製造、分裝、販賣、儲存公共危險物品及可燃性高壓氣體之場所。	I 危險廠庫	供製造、分裝、販賣、儲存公共危險物品及可燃性高壓氣體之場所。

(資料來源：建築技術規則總則篇)

表 3-2 建築物使用執照總樓地板面積

年代	公共集會類 (A 類)	商業類 (B 類)	工業、倉儲類 (C 類)	休閒、文教類 (D 類)	宗教、殯葬類 (E 類)	衛生、福利、更生類 (F 類)	辦公、服務類 (G 類)	住宿類 (H 類)- 宿舍安養(H1)	住宿類 (H 類)- 住宅(H2)	危險物品類 (I 類)	其他
1991	0%	26%	15%	6%	0%	1%	8%	0%	41%	0%	4%
1992	0%	25%	13%	5%	0%	1%	7%	0%	45%	0%	4%
1993	0%	27%	11%	4%	0%	0%	5%	0%	48%	0%	4%
1994	0%	27%	10%	4%	0%	0%	4%	0%	52%	0%	4%
1995	0%	28%	8%	4%	0%	1%	4%	0%	50%	0%	5%
1996	0%	24%	9%	6%	0%	1%	5%	0%	48%	0%	8%
1997	0%	26%	10%	6%	0%	1%	8%	0%	41%	0%	9%
1998	0%	25%	13%	6%	0%	1%	6%	0%	38%	0%	10%
1999	0%	22%	17%	6%	0%	1%	10%	0%	35%	0%	9%
2000	0%	18%	20%	8%	0%	1%	9%	0%	32%	0%	12%
2001	0%	15%	21%	8%	0%	1%	8%	0%	29%	0%	19%
2002	0%	14%	14%	11%	0%	2%	7%	0%	35%	0%	17%
2003	0%	17%	11%	8%	0%	1%	10%	0%	40%	0%	12%
2004	0%	17%	10%	7%	0%	2%	5%	0%	44%	0%	14%
2005	0%	19%	12%	5%	0%	1%	4%	0%	45%	0%	13%
2006	0%	8%	16%	5%	0%	1%	6%	1%	57%	0%	4%

年代	公共集會類 (A 類)	商業類 (B 類)	工業、倉儲類 (C 類)	休閒、文教類 (D 類)	宗教、殯葬類 (E 類)	衛生、福利、更生類 (F 類)	辦公、服務類 (G 類)	住宿類 (H 類)- 宿舍安養(H1)	住宿類 (H 類)- 住宅(H2)	危險物品類 (I 類)	其他
2007	0%	3%	17%	6%	0%	1%	8%	2%	60%	0%	4%
2008	0%	3%	16%	6%	1%	2%	11%	1%	56%	0%	4%
2009	1%	4%	18%	8%	1%	1%	10%	2%	51%	0%	4%
2010	0%	2%	18%	5%	1%	1%	9%	1%	55%	0%	7%
2011	0%	3%	23%	6%	1%	2%	5%	1%	51%	0%	8%

(資料來源：營建署)

另外，綠建築設計技術規範爲了有效管理比較耗能的建築類別，在建築分類類別中特別列出了空調型建築，空調型建築包括了辦公廳類、百貨商場類、旅館類與醫院類四個項目。辦公廳類包含了政府機關與民間的企業辦公室，金融機構，證券公司等。住宿類建築僅區分為住宅與集合住宅。

表 3-3 綠建築設計技術規範之建築類別

建築類別		使用項目列舉
空調型建築	辦公廳類	政府機關、辦公室、金融機構、證券公司等
	百貨商場類	百貨公司、商場、購物中心、量販店、集中式店舖等
	旅館類	旅館、觀光旅館、賓館、招待所等
	醫院類	醫院、療養院、護理之家、坐月子中心等
住宿類建築		住宅、集合住宅、寄宿舍、學校宿舍
學校類建築		各級學校教室、行政辦公室、教養機構、補習班、安親班、幼稚園、托兒所、育幼院等
大型空間類建築		集會表演—體育館、音樂廳 運輸場所—航空站、公車站 娛樂場所—酒店、舞廳、KTV 餐飲場所—餐廳、小吃街 健身休閒—保齡球館、保健館 文教設施—博物館、圖書館

	宗教殯儀—教堂、寺院
其他類建築	工廠、倉庫等

(資料來源：綠建築設計技術規範)

國外相關規範分類本研究計劃收集美國 ASHRAE 節能規範建築物耗能分類與日本建築節能法令的建築物耗能分類。表 3-4 為美國 ASHRAE 節能規範建築物耗能分類表，ASHRAE 共分為六個類別的建築，分別為低層住宅、高層住宅、商業住宅、工業住宅、機關住宅與公共住宅，並且對於每一種建築物用途都有相對應的管制標準。居住的使用行為依照規模分成低層住宅與高層住宅，其中較大規模的高層集合住宅與低層、單棟或小規模的連棟住宅是分開評估的；而商業住宅則包括了短期居住的旅館、銷售展示場所、服務業、宿舍與寄宿舍，還有提供辦公、專業服務的場所；工業住宅則是指工業設施、電力瓦斯的民生設施、製造業與資源回收設施等；機關住宅指的是教育、醫療、警消、研究機構、法務、文教設施等；公共住宅則包含展示廳、休閒中心、車站、戲院、音樂廳、舞廳、餐廳、體育設施、宗教建築等公共場所。

表 3-5 為日本建築物耗能分類表，日本將建築物分為住宅、事務所、物販店舖、旅館、病院、學校等六類，是以建築物用途做分類進行節能管理的規範。由表 3-5 可知，建築物的用途影響其所需的設備性質與設備量，除了要滿足基本的能源使用合理化法之外，住宅類尚需符合住宅新省能基準的管制規範。住宅新省能基準評估熱損失係數 Q 值與熱傳係數 U 值，主要是評估外殼的性能。日本的住宅類建築可再細分為獨立住宅、集合住宅與獨棟住宅。

表 3-4 美國 ASHRAE 節能規範建築物耗能分類表

分類	建築物用途	用途摘要		管制標準
第一類	低層住宅	●低層住宅 ●高層住宅 ●其他類似住宅	●單棟住宅 ●連棟住宅	ANSI/ASHRAE/IES Standard 100.1
第二類	高層住宅	●高層集合住宅 ●其他類似住宅		ANSI/ASHRAE/IES Standard 100.2
第三類	商業建築	●旅館與汽車旅館 ●銷售展示場所 ●服務場所-加油站等 ●50 人以下服務設施 ●其他類似場所	●宿舍、寄宿舍 ●辦公、專業服務場所	ANSI/ASHRAE/IES Standard 100.3
第四類	工業建築	●工業設施 ●電力瓦斯等民生設施 ●倉庫 ●其他類似場所	●建材等製造業 ●製造場、鍛造場 ●資源回收等設施	ANSI/ASHRAE/IES Standard 100.4
第五類	機關建築	●學校教育機構 ●衛生醫療機構 ●緊急服務-警消 ●其他類似場所	●研究機構 ●法院、看守所 ●博物館、圖書館	ANSI/ASHRAE/IES Standard 100.5
第六類	公共建築	●展示廳、休閒中心、車站 ●戲院、音樂廳、舞廳 ●餐廳	●體育設施 ●宗教建築 ●其他類似場所	ANSI/ASHRAE/IES Standard 100.6

(資料來源：本研究整理)

表 3-5 日本建築物耗能分類表

分類	建築物用途	用途摘要	管制標準
第一類	住宅	●獨立住宅 ●集合住宅 ●連棟住宅	能源使用合理化法 住宅新省能基準 熱損失係數 Q 值、熱傳係數 U 值
第二類	事務所	●辦公建築	能源使用合理化法 建築省能—建築主判斷基準PAL(外

分類	建築物用途	用途摘要	管制標準
			殼)、CEC/AC(空調)、CEC/V(換氣)、CEC/L(照明)、CEC/EV(電梯)
第三類	物販店舖	● 百貨商場、餐廳	能源使用合理化法 建築省能—建築主判斷基準PAL(外殼)、CEC/AC(空調)、CEC/V(換氣)、EC/L(照明)
第四類	旅館	●旅館建築	能源使用合理化法 建築省能—建築主判斷基準PAL(外殼)、CEC/AC(空調)、CEC/V(換氣)、CEC/L(照明)、CEC/HW(熱水)
第五類	病院	●醫院建築	能源使用合理化法 建築省能—建築主判斷基準PAL(外殼)、CEC/AC(空調)、CEC/V(換氣)、CEC/L(照明)、CEC/HW(熱水)
第六類	學校	●學校建築	能源使用合理化法 建築省能—建築主判斷基準PAL(外殼)、CEC/AC(空調)、CEC/V(換氣)、CEC/L(照明)

(資料來源：本研究整理)

(二) 由文獻回顧歸納建築用電密度之影響因子，並比較 EUI 之差異

陳介慧(2009)由文獻資料之分析，提出七項建築用電密度因子，著重建築耗能形式與節能管理之需求，並依其對用電密度的影響性作先後順序的排列。七項建築用電密度因子分別為：(1)建築使用機能、(2)建築型態、(3)設備或設施需求量、(4)使用時間長短、(5)空調形式、(6)經營形式與(7)EUI 值高低。利用七項分類因子訂出的分類原則，應可符合建築日常耗能管理的使用，同時也可以作為了解各類建築用電耗能影響因子的依據。並依七大原則訂定用電密度標準的分類分為五大類別：(1)辦公類、(2)休閒、文教類、(3)醫療、福利、更生類、(4)商業類、(5)住宿類。陳介慧(2009)針對無原始樣本數據，作者假設樣本分布符合標準常態分佈曲線，推估計算出假設的標準差與假設的樣本分佈情形，可有效降

低最大值與最小值的誇張數據，並重新計算 EUI 平均值，另計算出各類別淘汰高耗能樣本數 10%、20%、30% 的上限建議基準值以及其節能率。

（三）從建築物節能減碳之觀點出發，研擬節能標準制度之規劃

林憲德（2009）藉由問卷調查，探討最接近台灣一般住家生活模式（即標準住宅模型），以建立標準化之家庭人員組成、房間使用、家電使用等模式，作為住宅耗能之解析模型。另利用台灣地區 1996-2007 共 10 年氣象資料之平均值，研擬台灣地區住宅各空間之「全年標準空調及風扇使用時數」，進而建立空調耗能之評估方式。

林憲德（2010）以建築耗能密度 EUI 作為未來建築節能減碳標示法之標示及分級依據；進而針對既有建築耗能密度 EUI 之比較分析，以 DOE 能源解析軟體 e-QUEST 模擬各類建築變因及不同變因使用下，建築物之 EUI 差異，進而針對氣候、建築規模、建築型態等影響因子，建立 EUI 基準之修正計算方法。

李堅明、李福慶（2002）建立住商部門及運輸部門的能源效率指標，期望透過能源效率指標系統的建立，可以成為住商部門與運輸部門能源效率績效的監督系統，並透過能源效率指標的變化，以利政府主管機關追蹤與管理運輸及住商部門的能源率變化的情況。

溫維謙、簡永和等（2005）調查累積原有各類建築物（辦公、醫院、百貨、旅館、學校、住宅、其他）181 棟之建築能源資料庫，並新增 120 棟建築物全年監測樣本，同時整合國內其他單位的研究資料庫，以繼續充實建築能源資料庫與能源消耗模式解析內容，提出年間總耗能指標 EUI（Energy Use Index, $\text{KWh/m}^2 \cdot \text{yr}$ ）及契約容量指標 DUI（Demand Use Index, kw/m^2 ）是建築節能政策的基礎，舉凡用電累進費率、節能獎勵措施，均有賴這些資料庫的統計研究；該研究並透過實測調查分析，建立我國 EUI 數據的分級分類評估方法。

陳瑞鈴、林憲德等（2010）研究發現，過去建築物的耗能分類標準多有賴於可靠又大量的建築耗能量統計基礎，這些統計在國外多透過電力公司進行，而台灣電力公司對於建築耗能管理著力不深，致使於國內建築耗能密度 EUI 分析與研究統計樣本數有限，現階段尚無法同時區分建築型態、樓層高低、使用時間、設備密度對於 EUI 差異的影響，該研究僅能歸納出我國各類建築的耗電強度 EUI 平均水準（如表 3-6 至表 3-10），對未來耗能分類管制將有所障礙，故將再利用 DOE 耗電解析各類建築的用電情形，以確認各類建築的 EUI 標準。

表 3-6 各類辦公場所 EUI 數值彙整表

辦公類建築分類		分析樣本數	平均 EUI (kWh/m ² .yr)	最大值 (kWh/m ² .yr)	最小值 (kWh/m ² .yr)
公家機關辦公場所	地方政府所屬機關	292	122.47	425.52	28.80
	鄉鎮市公所	540	76.50	278.30	24.30
	行政院及所屬機關	302	141.72	446.86	42.16
私人辦公場所	獨立空調辦公大樓	20	124.92	230.74	82.26
	中央空調辦公大樓	96	205.52	566.97	110.89

（資料來源：陳瑞鈴、林憲德等（2010））

表 3-7 各類百貨商場 EUI 數值彙整表

百貨商場類建築分類	分析樣本數	平均 EUI (kWh/m ² .yr)	最大值 (kWh/m ² .yr)	最小值 (kWh/m ² .yr)
購物中心(95 年度)	15	525.20	635.00	415.00
購物中心(96 年度)	12	205.90	298.00	35.20
百貨公司(95 年度)	80	457.40	520.00	395.00
百貨公司(96 年度)	48	382.70	542.40	249.80
量販店(95 年度)	54	586.20	649.00	523.00
量販店(96 年度)	84	327.80	738.10	81.20

(資料來源：陳瑞鈴、林憲德等 (2010))

表 3-8 各類醫院 EUI 數值彙整表

醫院類建築分類	分析樣本數	平均 EUI (kWh/m ² .yr)	最大值 (kWh/m ² .yr)	最小值 (kWh/m ² .yr)
地區醫院(95 年度)	37	205.30	250.00	160.00
地區醫院(96 年度)	27	197.1	317.20	119.9
區域醫院(95 年度)	59	310.10	376.00	244.00
區域醫院(96 年度)	55	273.3	354.9	190.1
醫學中心(96 年度)	17	260.00	322.10	207.9

(資料來源：陳瑞鈴、林憲德等 (2010))

表 3-9 各類旅館 EUI 數值彙整表

旅館類建築分類	分析樣本數	平均 EUI (kWh/m ² .yr)	最大值 (kWh/m ² .yr)	最小值 (kWh/m ² .yr)
一般觀光旅館 (95年度)	124	190.60	230.00	151.00
一般觀光旅館 (96年度)	13	230.10	311.90	151.60
國際觀光旅館 (95年度)	29	239.40	356.00	274.00
國際觀光旅館 (96年度)	31	314.90	307.30	188.30

(資料來源：陳瑞鈴、林憲德等 (2010))

表 3-10 各類住宅 EUI 數值彙整表

住宅類建築分類	分析樣本數	平均 EUI (kWh/m ² .yr)	最大值 (kWh/m ² .yr)	最小值 (kWh/m ² .yr)
透天住宅	1930	39.31	71.29	18.59
公寓住宅	3728	45.58	80.34	20.74
公寓停車場	17	18.12	25.79	13.26

(資料來源：陳瑞鈴、林憲德等 (2010))

(四) 從能源消費及二氧化碳排放趨勢之概念切入，瞭解影響之關鍵因子

黃群達 (2004) 利用脫鈎指標及因素分解分析方法，評估住宅部門及商業部門。首先針對住商部門之歷年能源消費及 CO₂ 排放變動趨勢進行探討，並藉由因素分解法找出影響 CO₂ 排放之關鍵因子；同時再以脫鈎指標分析住商部門在能源、GDP 及 CO₂ 三者間之關係；最後比較數個 OECD 國家商業部門 CO₂ 排放變動的主要因素影響程度。

王京明 (1994) 利用問卷調查的方式，分別調查各項能源使用別之能源消費量、住戶屬性、住家房屋型態、運輸工具使用情形。研究結果顯示，住宅部門電力消費方面，以電器用電比例而言，全年的空調用電最高約佔 31%、其次為照明與烹飪用電各約 20%；以每戶用電量而言，平均每戶每月為 313 度的用電量，而用電量隨著住戶收入、樓地板面積增加而有所增加；電器耗電情形，用電最多的則是冷氣機的使用。商業部門電力消費情形方面，全年電力消費以冷氣機用電最高，約佔總用電量的 20%，其次為日光燈及冷凍櫃，分別佔 14% 與 11%；以電器用途別而言，以空調用電為主，照明設備次之。空調設備中主要耗電器具為窗型或箱型冷氣機，照明設備則以日光燈為主要耗電器具。

Lin, Yi-Jiun Peter (2005) 探討台灣地區在商業、住宅部門溫室氣體的排放情形，研究內容為介紹台灣地區溫室氣體在 1990~2000，10 年間的差異情況，與各部門的排放比例變動情形。結果發現電力消費的增加為主要溫室氣體排放增加的因素，而電力消費主要是用在空調、照明設備及電器產品為主。

Fridtjof (2004) 調查丹麥、挪威、瑞典等國，在 1973~1999 年期間之住宅能源需求與能源密集度上的變化。研究結果顯示，北歐三國由於氣候因素導致電器設備增加、家庭人數減少等因素，使得住宅能源使用量大增，且在住宅能源使用

總量是高於其他歐洲各國的。在北歐三國當中，住宅能源使用主要是以室內保暖為消耗最多得部分，而三國之中以瑞典的住宅能耗最多，丹麥其次，挪威最少。

（五）以住宅區土地與用電之關係出發，進而建構用電預測模式

王仁俊（2005）探討住宅區土地與用電之關係，在用電解析方面，該研究分為透天住宅、沿街店鋪、公寓大廈、公園及道路等單元，透過大量樣本之調查，瞭解住宅區內之所有用電行為，進而建構合理之用電預測模式。

（六）從住宅耗電之觀點出發，透過問卷調查方式，推估其使用行為模式

顧孝偉（2002）以住宅用電監測及詳細的問卷調查，並分成「照明、空調、家電」三種主要的家庭用電組成，調查出住宅用電量與各項用電的因子，並且依不同空間與使用人員，詳細區分用電量，以 50 戶住戶為樣本做實際抽樣調查而得出的統計數字。

郭柏巖（2005）利用「能源實測」與「問卷統計」進行評估，透過系統化的資料庫建立，將居民生活模式、設備數量及建築相關屬性等條件完整記錄，並搭配大規模的住宅耗電監測計畫，進而提出一套可評估台灣住宅耗能之系統。

Larry（2005）計算加拿大新斯科舍省的住宅部門二氧化碳排放量。其結果顯示，住宅部分的二氧化碳排放主要是由於當地天然氣使用不廣泛，因而大量使用石化燃料進行室內保暖及煮食飲用水的工作。此外，家庭成員的減少、家庭數目的增加、人口老化的影響、電氣化產品的數量等因素都是造成此省分住宅部門二氧化碳排放量的主要來源。

Hamid（2006）針對伊朗的住宅部門溫室氣體排放，利用電力價格的改革與用電效率的改善，進行相關的減量潛力情境分析。結果顯示，預估採用價格的改革與效率改進計畫，能源需求成長率將從 7.5%（BAU）減少至 4.94%；二氧化

碳排放成長率方面，將從 6.8% 下降至 3.1%，預估將會減少大約 70 百萬公噸的排放。

(六) 由住宅生活熱水使用耗能之概念出發，評估住宅建築之熱水耗能量

李孟杰 (2006) 針對住宅建築的熱水系統耗能進行探討，主要利用產熱端的耗能量約等於傳輸端與使用端的耗能量；藉由現況調查、量測與問卷詢問獲得使用端的熱水使用資訊、並利用實驗計算傳輸端的溫降梯度，提出配管傳輸耗能之簡化計算公式。透過實驗數據整理與分析，簡化出整體熱水系統耗能計算，以評估住宅建築之熱水耗能量。

(七) 從公寓大廈之角度切入，探住公寓大廈宅能源之合理預測模式

游雅婷 (2006) 為了解台灣住宅土地開發後，建築物公共用電的情形，特別針對台北、台中、台南及高雄四大都會區的公寓大樓進行用電調查。一方面現場調查各大樓的建築面積、開發面積、樓高及使用空間量等建築相關資料，以及設備量實際情況；一方面向電力公司申請樣本歷史用電資料，之後進行相關性比較分析。

劉心蘭 (2006) 針對台北、台中、台南及高雄四大都會區的公寓大廈住宅進行統計調查，調查項目包含各大樓建築面積、樓地板面積、樓高及座向等建築相關因子；並向電力公司申請樣本歷史用電資料，進行相關比較分析。

國內外住宅部門能源消費與二氧化碳之相關研究詳如表 3-11 所示。

表 3-11 國內建築碳排放數據相關文獻一覽表

作者	年代	研究主題	研究方法	與本研究相關	優點	缺點
張又升	2002	建築物生命週期二氧化碳減量評估	建立本土之建築物生命週期評估資料，期以提供國內綠建築相關研究之基礎研究。藉由此建築物生命週期評估模式，得以在建築物建造之初即可計算出其 CO ₂ 排放量，對於建築產業所造成的環境破壞進行量化評估。	瞭解建築物生命週期二氧化碳減量之評估模式，進一步得知建築物建造之初所計算之二氧化碳排放量，以及其影響之因素，作為本計畫之參考。	該研究以台灣建築生命週期的二氧化碳排放量為探討對象，進行台灣地區相關研究之基礎資料統計與盤查分析，完成台灣建築生命週期各階段二氧化碳排放量之調查結果，為本土建築物生命週期環境負荷相關解析中建立重要之基礎統計資料，此資料庫可作為後續建築生命週期評估源引的基本評估參考數據。	該研究所建立之建材二氧化碳排放資料庫與生命週期環境負荷解析，因受限於人力與時間限制，關於建築設備工程與室內裝修工程部分，暫無詳盡的基礎資料統計與盤查分析。另因建築產業的二氧化碳排放量會因各因子隨時間而有所差異，故應適時修正二氧化碳排量變動，以供建築物生命週期評估之正確利用。
顧孝偉	2002	住宅用電量監測與解析之研究	以住宅用電監測及詳細的問卷調查，並分成「照明、空調、家電」三種主要的家庭	透過問卷及用電監測，得知台灣三種主要家庭用電之影響因子，有助於建立台灣住	依據台灣地區不同之氣候，區分北、中、南三地進行統計抽樣調查，並配合實際裝表監測	該研究將住宅用電分為「照明、空調、家電」三種能源使用項目，可再加入「瓦斯使用」，因

作者	年代	研究主題	研究方法	與本研究相關	優點	缺點
			用電組成，調查出住宅用電量與各項用電的因子，並且依不同空間與使用人員，詳細區分用電量，以 50 戶住戶為樣本做實際抽樣調查而得出的統計數字。	宅建築二氧化碳排放之預測模式。	一年時間，透過實驗數據得知住戶用電量與時間關係，推估住戶使用行為與用電結構，並建立住宅用電之專家系統，以利住戶自我評估改善之效益。	多數家庭利用瓦斯熱水器提供沐浴熱水，或平時進行烹飪等，可見瓦斯亦為住宅能源使用上重要之項目。
黃群達	2004	住宅與商業部門能源消費及二氧化碳排放特性與趨勢變動分析	利用脫鉤指標及因素分解分析方法，評估住宅部門及商業部門。首先針對住商部門之歷年能源消費及 CO ₂ 排放變動趨勢進行探討，並藉由因素分解法找出影響 CO ₂ 排放之關鍵因子；同時再以脫鉤指標分析住商部門在能源、GDP 及 CO ₂ 三者間之關係；最後比較數個 OECD 國家商業部門 CO ₂ 排放變動的	瞭解住宅與商業部門歷年能源消費及二氧化碳排放之關鍵因子，進而分析二氧化碳及能源需求之因素與排放之變動因素。	探討台灣住宅與商業部門能源消費及二氧化碳排放變動趨勢，並利用因素分解進一步瞭解影響二氧化碳排放變動之主要關鍵因子。此外，應用迪氏指標法分析影響數個國家商業部門二氧化碳排放變動之主要因素，並比較各國住商部門在因應氣候變化綱要公約上所採行之減量策略。	該研究對於二氧化碳之相關研究分析僅至 2000 年趨勢，應加強收集與建立二氧化碳排放及能源消耗量之資料庫，進而分析其他國家在二氧化碳排放及能源消費量上之變動特性，以提供更完整的參考與比較。

作者	年代	研究主題	研究方法	與本研究相關	優點	缺點
			主要因素影響程度。			
王仁俊	2005	住宅街廓用電之研究	探討住宅區土地與用電之關係，在用電解析方面，該研究分為透天住宅、沿街店鋪、公寓大廈、公園及道路等單元，透過大量樣本之調查，瞭解住宅區內之所有用電行為，進而建構合理之用電預測模式。	透過都市計畫變因對於街廓內之住宅用電關係，製作預測住宅區土地用電之方程式；進而構思本計畫分析二氧化碳減量目標對住宅類建築二氧化碳排放量變化之參考依據。	該研究考量各種座向之都市計畫街廓，即鎖定特定街廓型態之變數，同時以大量樣本作為依據，將其他變數視為一般情況，進而探討都市計畫變因對於街廓內之住宅用電關係。	該研究所提出之四種預測住宅土地用電模式其適用性有待商榷。在簡便之預測方式，由於變數較少，因此預測結果之準確性較不理想，但卻能事用在較大之預測區域；相對複雜的預測方法，由於操作變數較多，故預測能力較佳，但卻僅能針對較小規模進行預測，此為預測方程式製作之兩難。
郭柏巖	2005	住宅耗電實測解析與評估系統之研究	利用「能源實測」與「問卷統計」進行評估，透過系統化的資料庫建立，將居民生活模式、設備數量及建築相	透過能源實測以及問卷統計之方式，瞭解該研究評估台灣住宅耗能之系統；進而作為本計畫二氧化碳排放預測	藉由「住宅耗電簡算法」開發完成「住宅耗電評估系統」，讓一般民眾可藉由親和力高的軟體介面自行評估住宅的全年	該研究以實際掛電表量測，但卻無針對壁內、天花板中之照明系統配線進行裝表量測；另其所選之住宅樣本僅針對耗電量進行

作者	年代	研究主題	研究方法	與本研究相關	優點	缺點
			關屬性等條件完整記錄，並搭配大規模的住宅耗電監測計畫，進而提出一套可評估台灣住宅耗能之系統。	模式之數值參考。	耗電構成，進而瞭解問題，自發性的從事節約能源之工作。	量測及統計，卻將少量高耗能之電熱水器樣本之耗電量納入住宅家電耗能，並不符合多數樣本之常態。
李孟杰	2006	住宅生活熱水使用耗能評估與節能方法之研究	針對住宅建築的熱水系統耗能進行探討，主要利用產熱端的耗能量約等於傳輸端與使用端的耗能量；藉由現況調查、量測與問卷詢問獲得使用端的熱水使用資訊、並利用實驗計算傳輸端的溫降梯度，提出配管傳輸耗能之簡化計算公式。透過實驗數據整理與分析，簡化出整體熱水系統耗能計算，以評估住宅建築之熱水耗能量。	該研究透過現況調查，歸納出台灣地區目前熱水設備使用情形及設置狀況，並掌握現況問題，建立用水基礎資料。本計畫可藉由此方法，利用現地調查歸納出影響住宅類建築二氧化碳排放量之影響因素，用以推估住宅建築二氧化碳模式。	瞭解住宅建築之熱水系統耗能，得知整體熱水系統耗能計算，以評估住宅建築的熱水耗能量；未來將可作為其他設備耗能之應用。	該研究探討對象鎖定於獨立式熱水系統為主之住宅類建築，對於中央式熱水系統之建築，諸如：飯店旅館、學生宿舍等住宅建築，並未討論，此類大量集中使用熱水之建築所造成之能源損耗可進一步深入探討。

作者	年代	研究主題	研究方法	與本研究相關	優點	缺點
游雅婷	2006	公寓大廈公共用電調查研究	為了解台灣住宅土地開發後，建築物公共用電的情形，特別針對台北、台中、台南及高雄四大都會區的公寓大樓進行用電調查。一方面現場調查各大樓的建築面積、開發面積、樓高及使用空間量等建築相關資料，以及設備量實際情況；一方面向電力公司申請樣本歷史用電資料，之後進行相關性比較分析。	針對四大都會區之公寓大樓進行用電調查，瞭解其相關之影響原因，進而探討建築物二氧化碳排放之因素，以及排放變動因素之分析。	台灣有不少研究針對住宅耗電情形進行調查，大部分針對私有用電進行研究分析，公寓大廈住宅公共用電的部分則較少有全盤且完整之研究，但公共用電對於公寓大廈住宅卻是必備項目，因此有必要對於其內之公共設施進行探討。故該研究目的在建立台灣公寓大廈公共設施耗電量之基本資料，並根據耗電行為及各私有用電研究推估，提出未來公寓大廈住宅能源之合理預測模式。	
劉心蘭	2006	公寓大廈住宅用電調查研究	針對台北、台中、台南及高雄四大都會區的公寓大廈住宅進行統計調查，調查項目	瞭解如何運用大量的樣本來平衡住宅使用行為上的差異，以求得一簡單可以廣泛	過去台灣已有不少研究針對住宅耗電情形進行調查，但大部分主要針對透天住宅或中低層	該研究僅從單棟建築之角度切入，探討公寓大廈住宅之用電情形；可與其他住宅型態用電之相

作者	年代	研究主題	研究方法	與本研究相關	優點	缺點
			包含各大樓建築面積、樓地板面積、樓高及座向等建築相關因子；並向電力公司申請樣本歷史用電資料，進行相關比較分析。	應用的用電預測模型；進而建立一套屬於台灣住宅類建築二氧化碳排放預測模式。	住宅進行研究分析，在公寓大廈住宅則較少有完整之研究。該研究目的在建立台灣地區公寓大廈住宅耗電量之基本資料，並針對其耗能進行分析，並根據耗電行為，提出未來公寓大廈住宅能源消耗合理之預測模式，作為都市規劃開發之參考。	關研究作分析與比較，進而整合住宅區之用電全貌。
陳介慧	2009	建築用電密度標準之研究	由文獻資料之分析，提出七項建築用電密度因子，著重建築耗能形式與節能管理之需求，並依其對用電密度的影響性作先後順序的排列。針對無原始樣本數據，作者假設樣本分布符合標準常態分佈曲線，推估計算出假設	透過文獻回顧方式，歸納出建築用電密度之影響因子，並進一步比較 EUI 解析數據之差異性。	以文獻調查為基礎，並針對取樣範圍進行現場調查，再以樣本地址向台電申請該用戶過去一年之用電歷史資料；同時，在較小範圍地區則利用電力監測儀器實地監測。另針對較難取得用電資料的建築類別或無法實際調查之建築，透過問卷	由於該研究中提出，在文獻彙整階段，部分文獻並未提供原始樣本數據，故其以常態分佈曲線為依據計算，推估各類別 EUI 值分佈情形。此種方式有待商榷，探究其真實性，是否符合當地之建築耗能。另該研究著重節能管理之建築分類考量，故刪去設備長

作者	年代	研究主題	研究方法	與本研究相關	優點	缺點
			的標準差與假設的樣本分佈情形，可有效降低最大值與最小值的誇張數據，並重新計算 EUI 平均值，另計算出各類別淘汰高耗能樣本數 10%、20%、30% 的上限建議基準值以及其節能率。		調查方式詢問該建築管理單位用電紀錄與建築之相關基本資料。	時間運作之類別（如：廣播電台等），若要進一步瞭解該類別之用電狀況，可針對設備做掛表監測。另在住宅之宿舍類別，因缺乏該部分資料，未來可針對宿舍類別進行調查，讓研究數據更加完整。
林憲德	2009	建築物節能減碳標準制度規劃之研究 (一) 一住宅類建築 節能減碳標示法	藉由問卷調查，探討最接近台灣一般住家生活模式（即標準住宅模型），以建立標準化之家庭人員組成、房間使用、家電使用等模式，作為住宅耗能之解析模型。另利用台灣地區 1996-2007 共 10 年氣象資料之平均值，研擬台灣地區住宅各空間之	參考該研究所使用之問卷調查方式，進而針對本計畫遴選 1 個城市與 1 個鄉村住宅個案進行採排放調查，並進一步與其他城市比對，驗證其差異。	透過文獻回顧，進行住宅標準生活模式擬定/空調停開機時程設定，並利用 e-QUEST 進行住宅耗能模擬，再進一步比對實測耗能，以建立住宅耗能標示法。	住宅用電耗能會因居住地區、季節差異（冷、熱）、住宅形式（透天、公寓），以及使用時間而不同；該研究後續應持續進行普及化調查，以累積相關基礎資料，以作為參考數據。

作者	年代	研究主題	研究方法	與本研究相關	優點	缺點
			「全年標準空調及風扇使用時數」，進而建立空調耗能之評估方式。			
林憲德	2010	建築物節能減碳標準制度規劃之研究 (二) — 建築能源證照耗能分級基準之研究	以建築耗能密度 EUI 作為未來建築節能減碳標示法之標示及分級依據；進而針對既有建築耗能密度 EUI 之比較分析，以 DOE 能源解析軟體 e-QUEST 模擬各類建築變因及不同變因使用下，建築物之 EUI 差異，進而針對氣候、建築規模、建築型態等影響因子，建立 EUI 基準之修正計算方法。	瞭解該研究依據建研所、能源局、綠基會等單位對於個建築耗能強度 EUI 之研究統計數據，以統計方法歸納出各類建築之 EUI 基準值。	有鑑於我國在耗能密度 EUI 統計樣本十分有限，無法同時區分建築類型、樓層高低、使用時間、設備密度等所造成之 EUI 差異，故該研究利用各類建築之 DOE 耗電解析，進行模擬，以建立各類建築 EUI 之基準。	國內建築空間混用之情形相當普遍，同一建築物中常含有住宅、辦公、娛樂、商場等機能，該研究目前僅就辦公、百貨、醫院、旅館及住宅等五類建築之 EUI 基準與分級制度，混用建築方面的用電基準還待研究檢討。

(資料來源：本研究整理)

二、國內建築生命週期二氧化碳排放之相關研究

(一) 由建築生命週期之角度切入，進而評估二氧化碳減量之策略

張又升(2002)建立本土之建築物生命週期評估資料，期以提供國內綠建築相關研究之基礎研究。藉由此建築物生命週期評估模式，得以在建築物建造之初即可計算出其 CO₂ 排放量，對於建築產業所造成的環境破壞進行量化評估。

(二) 從生命週期環境負荷評評估之方式，探討建材之二氧化碳排放量

蕭江碧、陳瑞鈴、林憲德(2003)從地球環境保護的觀點出發，強調建築裝修材料對於環境負荷量減量才是正確的做法，因此裝修材料的環境負荷與資料庫的建立將更形重要。為了進行建材環境負荷評估，所以採用生命週期評估法(如圖 3-1 所示)來考量建材二氧化碳排放量，希望透過生命週期環境負荷評估的方式，瞭解我國實際建築裝修材料的環境負荷，藉由建材環境負荷資料庫之量化數據，及可在建築物建造之初便可以計算其環境負荷量，期待創造出低環境負荷量的綠色建築。

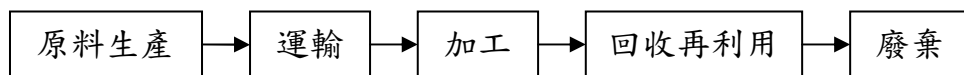


圖 3-1 生命週期評估法

(資料來源：本研究整理)

室內裝修建材是多樣性複合建材與多次加工之建材，在掌握多數製程之耗能數據的情況下，調查統計出之結果，適用於近年內的建築物室內裝修做為生命週期環境負荷評估使用。其研究結果顯示住宅類室內裝修建材二氧化碳之排放量約為軀體工程之 17.86%；而從建材生命週期的觀點來看，住宅類建築物室內裝修工程約占建材生命週期二氧化碳排放量 13.07%。

(三) 由建築設備生命週期 CO₂ 排放量評估架構出發，輔以案例演算分析

何明錦、賴榮平（2002）以空調系統、水電設備等設備系統分類，建立建築設備生命週期 CO₂ 排放量評估架構，與建築設備資材 CO₂ 資排放估算料建立，並以案例演算比較分析 CO₂ 排放改善對策。建築設備生命週期 CO₂ 排放量基礎資料之建立分為建設、使用、拆除三大階段。

（四）從辦公建築使用階段 CO₂ 排放量角度切入，提出二氧化碳減量對策

陳瑞鈴、林憲德、黃國倉（2007）針對辦公建築生命週期之各階段進行完整之二氧化碳排放量評估，並以日常節能之觀點提出二氧化碳減量對策。此外，建構了辦公建築生命週期 CO₂ 排放之評估架構，使從事建築設計者在設計階段即可估算建築物對地球環境之衝擊程度，並將評估結果檢討建築設計，邁向低碳綠建築與低環境衝擊之建築設計。經模擬辦公建築生命週期之二氧化碳排放量後，日常耗能使用階段占生命週期二氧化碳排放 80% 以上，是各階段所占比例最大者。因此，進行建築日常節約能源是最有效的二氧化碳減量對策。

國內建築生命週期二氧化碳排放之相關研究詳如表 3-12 所示。

表 3-12 國內建築類型生命週期二氧化碳排放現況文獻與評估對象

項次	作者	書名(論文、期刊)及摘要	建築類型				評估對象	年代
			1	2	3	4		
1	陳瑞鈴 黃漢泉 林憲德	旅館類建築耗能總量調查研究—了解電力消費量分布及使用情形，分別進行台北市、台中市、高雄市的電力消費量調查研究，分析旅館類建築電力消費情況、結構、特性及影響因素。				◎	建築設備	1999
2	黃漢泉 林憲德	辦公類建築耗能總量調查研究—了解電力消費量分布及使用情形，分別進行台北市、台中市、高雄市的電力消費量調查研究，分析辦公類建築電力	◎				建築設備	1999

項次	作者	書名(論文、期刊)及摘要	建築類型				評估對象	年代
			1	2	3	4		
		消費情況、結構、特性及影響因素。						
3	林憲德 張又升	建築物生命週期二氧化碳減量評估—探討各類型建築耗能密度與 CO ₂ 排放量，並且解析 S、RC、SRC 不同構造物在營建生產階段 CO ₂ 排放量。	◎	◎	◎	◎	建築軀體	2002
4	何明錦 賴榮平	建築設備資材 CO ₂ 排放量基本資料之建立—了解設備生命週期排放狀況，以空調系統、水電設備等設備系統分類，建立建築設備生命週期 CO ₂ 排放量評估架構，與建築設備資材 CO ₂ 排放估算資料建立，並以案例演算比較分析 CO ₂ 排放改善對策。	◎	◎	◎	◎	建築設備	2002
5	陳瑞鈴 林憲德 歐文生	建築物裝修材料 CO ₂ 排放量調查之研究—原料生產、運輸、加工、回收再利用或廢棄，來考量建材 CO ₂ 之排放量，探討住宅室內裝修 CO ₂ 之排放量。		◎			室內裝修	2003
6	林憲德 趙又嬋	百貨公司室內裝修生命週期二氧化碳排放量評估—建立百貨建築五十餘種建材排碳量資料庫，調查分析出天花板類、地坪類、牆面類、傢俱類等單位 CO ₂ 排放情形，以供後續量化評估參考，了解其能源結構，提出 CO ₂ 減量對策。			◎		室內裝修	2004
7	林憲德 陳新欣	辦公大樓設備管線二氧化碳排放量評估—以案例分析出電氣工程、消防工程、排水工程的 CO ₂ 排放狀況，及配管與線材的 CO ₂ 排放情形。	◎				建築設備	2007

項次	作者	書名(論文、期刊)及摘要	建築類型				評估對象	年代
			1	2	3	4		
8	陳瑞鈴 林憲德 黃國倉	建築生命週期 CO ₂ 排放量評估之研究—辦公建築使用階段 CO ₂ 排放量解析—空調系統以動態熱負荷軟體配合氣象資料進行整年度的空調耗能解析，探討外殼因子、空調系統因子、照明系統因子等，對 CO ₂ 排放減量之分析。	◎				建築設備	2007

(資料來源：本研究整理)

三、影響住宅類建築二氧化碳排放及能源需求之因素

根據上述文獻收集與分析，吾人發現建築的能耗與 CO₂ 排放受到氣候、文化、經濟與社會等因素之多重影響，要了解建築的能耗與 CO₂ 排放是一個相當複雜與困難的議題。影響建築物能耗與 CO₂ 排放量之因素可歸納成人類(People)、氣候(Climate)與建築物(Building)三大構面，因此國內外相當多的文獻均致力於了解與預測此三大構面影響建築部門的能耗與 CO₂ 排放量之關係。一般預測建築部門的能耗與 CO₂ 排放量的方法分為：(1) 建築能耗電腦模擬模式，例如：DOE-2，EnergyPlus，Ecotect；(2) 簡化回歸公式；(3) 認證評估工具，例如：LEED，BREEAM；(4) 實際建築能耗量測，例如：Common Carbon Metric, CCM。而建築模擬模型之功能在於建立能耗基線(Baselining)、典型建築型態(Benchmarking)、設定國家節能減碳目標(Target)、評估政策節能減碳政策(Evaluating)以及監測與驗證節能減碳成效(Monitoring, Reporting and Verifying)。

上述四種計算或預測建築部門的能耗與 CO₂ 排放量的方法中，前三種預估模式與實際量測模式之間的差異呈現於圖 3-2 至圖 3-4，差異原因包含人員數目、使用設備類型與設備使用時間等，以致於實際與預測之 CO₂ 排放量有所出入。

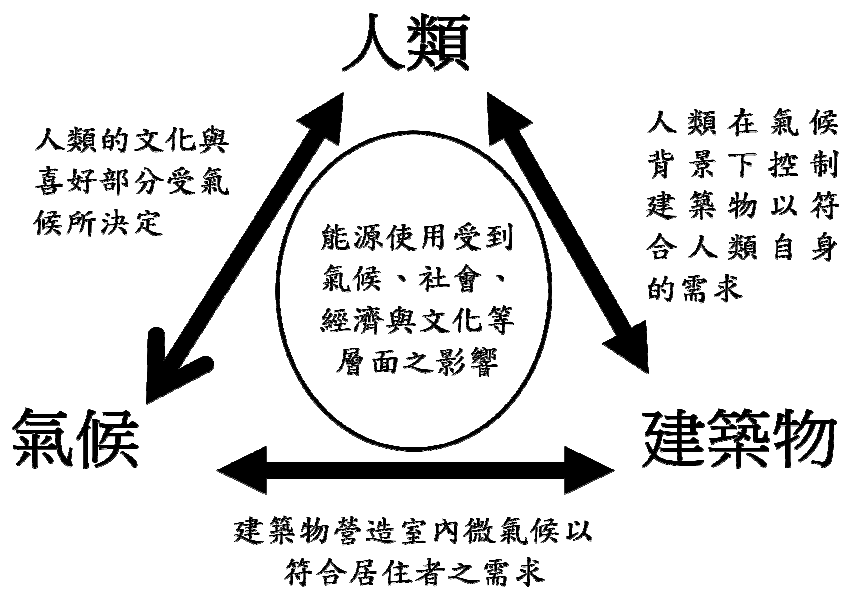


圖 3-2 影響建築物能耗與 CO₂ 排放量之因素

(資料來源：本研究整理)

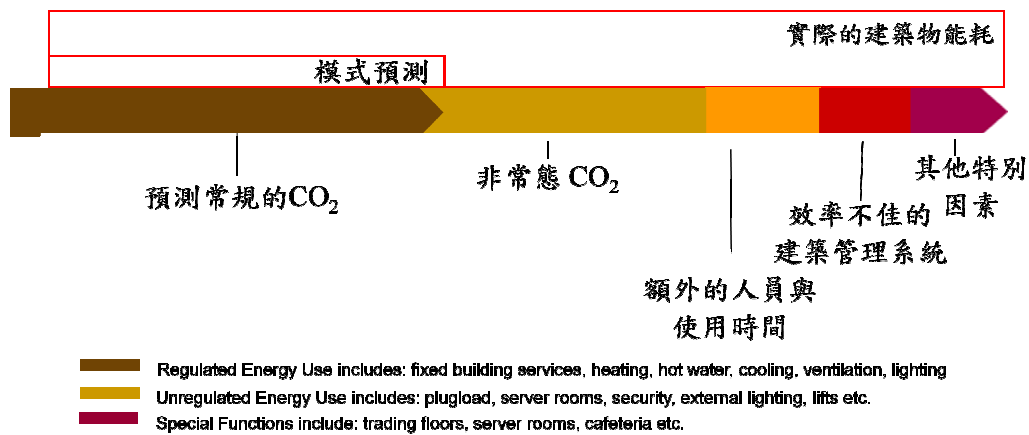


圖 3-3 預測模式與實際建物能耗差異之因素

(資料來源：本研究整理)

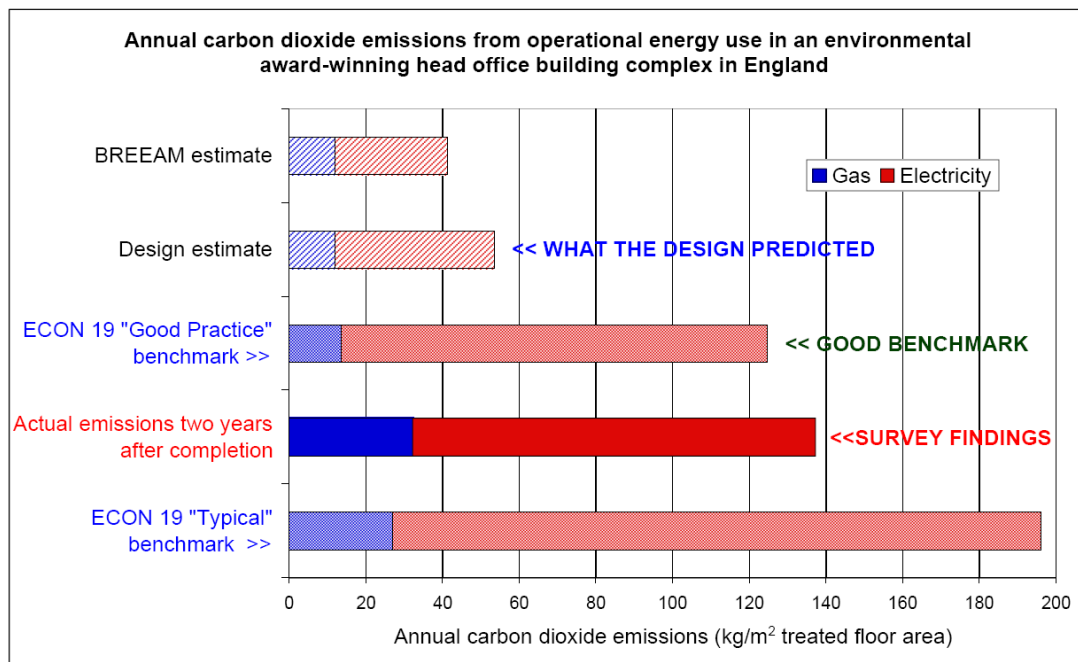


圖 3-4 預測模式與實際建築物 CO₂ 排放量之結果

(資料來源：Rajat Gupta, 2011)

本研究計畫經由研究團隊內部討論、彙整相關文獻及詢問相關專家意見，探討各項影響住宅類建築能耗與 CO₂ 排放量評估因子之適切性，最後將影響住宅類建築 CO₂ 排放量以地理、國家、社會、家庭等四構面作為架構基礎。因此，本研究計畫建立住宅類建築 CO₂ 排放量評估架構，此評估架構共分成三層，如圖 3-5 所示。第一層為目標層(Goal Level)，為推估住宅類建築 CO₂ 排放量之最終目標；第二層為標的層(Objective Level)，分成四個評估構面，包括地理面、國家面、社會面與家庭面；在第三個層面部分，地理面評估準則包含地理位置(東、西、南、北部、離島)與地理型態(平地、沿海、山區)兩個次評估準則。國家面評估準則包含法規限制(提升外殼性能、綠建築)與補助獎勵(節能設備補助、再生能源獎勵)等 2 個次評估準則。社會面評估準則包含社區型態(都市、鄉村)與住宅型態(獨立住宅、連棟透天、公寓、大廈)等 2 個次評估準則。家庭面評估準則包含

家庭組成(高齡家庭、單身家庭、隔代家庭、核心家庭)與生活模式(年齡、教育、職業別)等 2 個次評估準則。

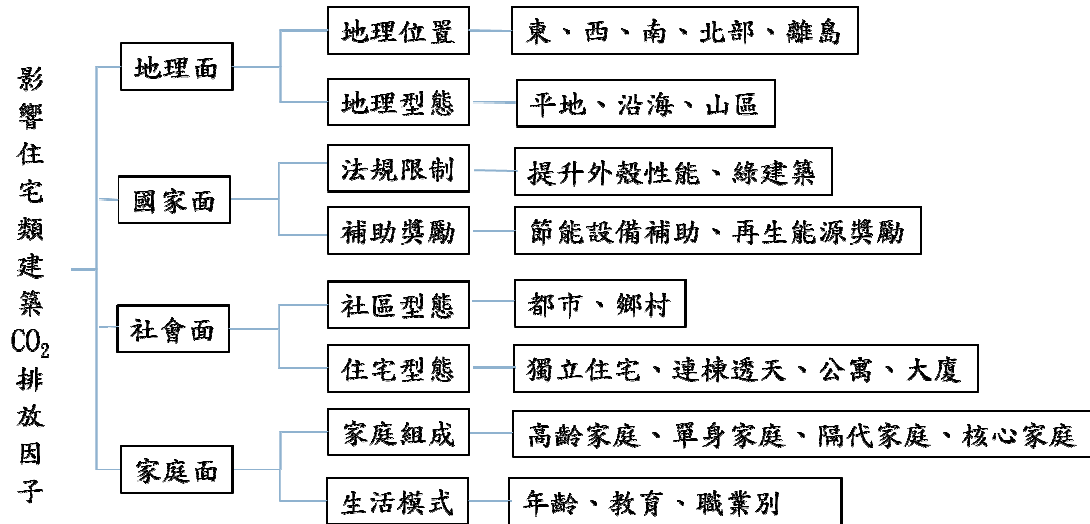


圖 3-5 影響住宅類建築 CO₂ 排放之層級架構

(資料來源：本研究整理)

第二節 國內外能源與 CO₂ 排放推估模型

目前我國針對能源政策與經濟發展或能源需求，分別發展了「臺灣 MARKAL 模型」與「永續能源政策與經濟發展之整合模型」(Taiwan Sustainable Energy Decision Model，以下簡稱 TaiSEND 模型)，以便於整合作為能源與溫室氣體減量之政策規劃，或能源供需規劃模擬之前置作業重要分析工具。以下則針對「臺灣 MARKAL 模型」與「TaiSEND 模型」做介紹。

一、臺灣 MARKAL 模型

(一) 建構理念

臺灣 MARKAL 模型之建構旨在將複雜之能源系統（包含：全球、區域及全國），以線性規劃模式展現，是一個以能源技術市場分配為出發點，由下而上（Bottom-Up）的工程模型，主要原理在以最低成本進行能源供需規劃，以滿足各項能源服務之需求（諸如：冷氣、客運、煉鋼等）。

(二) 模型簡介

臺灣 MARKAL 模型為國際間重要能源系統分析工具，主要用於研究國家或地區的能源系統規劃及全球的溫室氣體減量策略研究，目前計有 57 個國家運用此模型，其中包含了 21 個 OECD 國家、23 個發展中國家，以及 13 個其他國家。國際 MARKAL 模型使用者分佈詳如圖 3-6 所示。

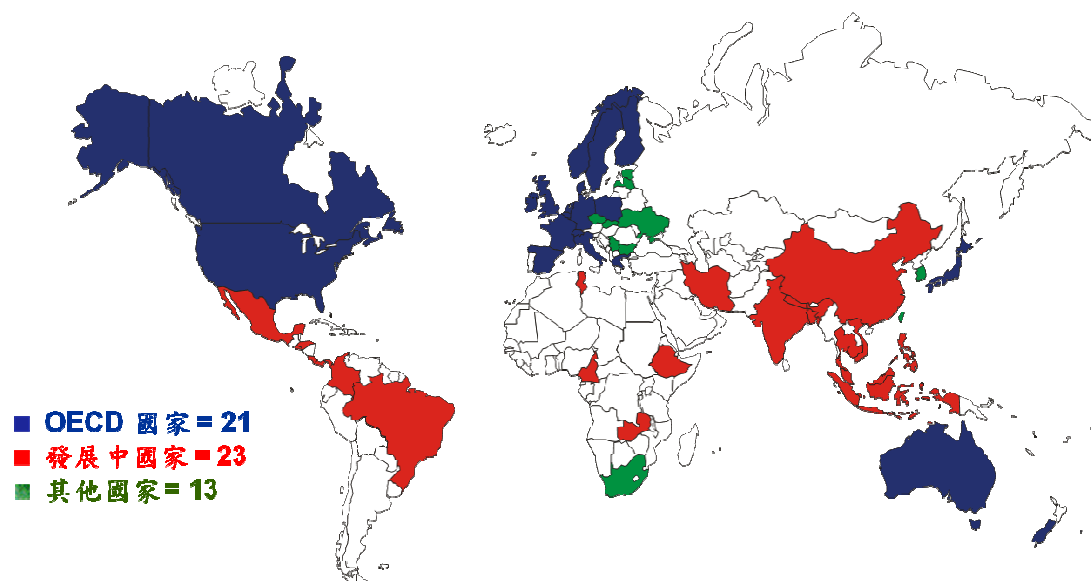


圖 3-6 國際 MARKAL 模型使用者分佈圖

(資料來源：「經濟部能源局九十七年年報」，2009)

模型將能源服務需求分為工業、住商及運輸 3 大部門，共計 28 項（分別為工業部門 7 項，住商部門 10 項與運輸部門 11 項），在滿足未來能源服務需求的前提，並考慮資源供應限制、資本存量變動及能源系統的邏輯等條件下，以每五年為一期程，按未來經濟發展和產業結構演變推估各期程之能源服務需求。臺灣 MARKAL 模型之特性可整理如表 3-13 所示。

表 3-13 臺灣 MARKAL 模型之特性

項目	內容
理論架構	✓ 以線性規劃求最小成本之最適能源供給組合。
特色與功能	✓ 以總能源系統成本最低之線性規劃目標，在滿足能源服務需求及其他限制條件下，透過模型疊代運算方式，尋求能源最佳技術組合、能源結構及環境衝擊影響評估。 ✓ 將能源服務需求分為工業、住商及運輸 3 大部門，共計 28 項。

項目	內容
優點	✓ 詳細的能源技術系統連結關係及技術參數細節。
缺點	✓ 屬部分均衡模型，僅限於探討能源單一部門的變動影響，無法描述能源系統與整體經濟之間的回饋關係。
研析議題	✓ 能源供需展望。 ✓ 溫室氣體排放目標評估。

(資料來源：「經濟部能源局九十七年年報」，2009)

(三) 模型應用

臺灣 MARKAL 模型作業流程包含三大步驟，第一步由模型外設定 GDP 等基本假設，估算工業、住商及運輸部門能源服務需求。第二步開始設定模擬情景條件。第三步則是將外生估算之能源服務需求代入模型後，以線性規劃方式，求最小成本之能源供給組合、CO₂ 排放量。臺灣 MARKAL 模型作業流程詳如圖 3-7 所示。

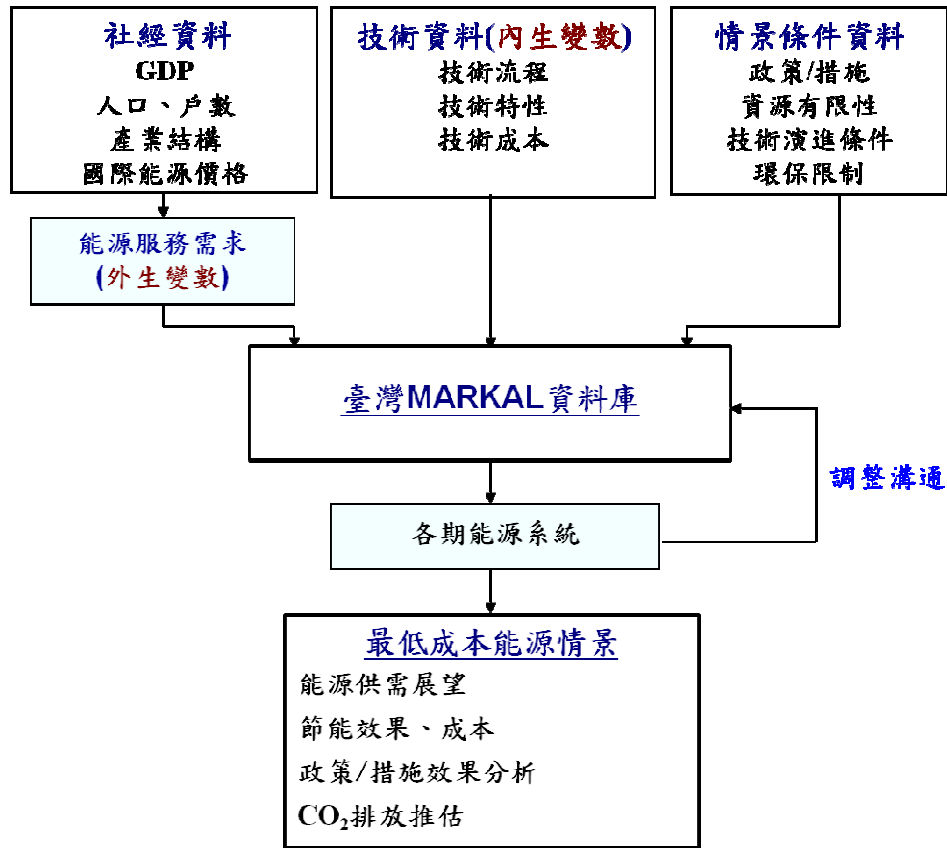


圖 3-7 臺灣 MARKAL 模型作業流程圖

(資料來源：「經濟部能源局九十七年年報」，2009)

二、TaiSEND 模型

(一) 建構理念

TaiSEND 模型之建構係發想自永續發展理念，基於此永續理念，能源策略必須面對的主要目標包含以下三大類：提升能源生產力、預防污染，降低環境影響、降低國際能源危機，詳如表 3-14 所示。

表 3-14 永續發展理念之能源策略所面對之目標

目標	內容
提升能源生產力	提升能源生產力，以強化經濟與改善生活水準。
預防污染，降低環境影響	在能源的生產、輸送，以及消費的過程中，要預防污染，降低環境影響。
降低國際能源危機	要降低國際能源危機對國家安全及經濟風險的挫傷力。

(資料來源：本研究整理)

(二) 模型簡介

TaiSEND 模型之屬性為單國動態 CGE 模型，係依 CEPE 之 SCREEN 模型為發展雛形，以小型開放經濟社會之建構基礎，並以能源部門的技術、產業及服務做為模型建構之核心。再者，TaiSEND 模型適時採用適合本國國情的技術係數與彈性值，參酌我國永續發展的需求，著重能源、經濟與環境三位一體之關聯，兼顧 3E 的政策性整合，冀能針對我國未來各項能源政策，執行必要的決策分析。TaiSEND 模型之特性可整理如表 3-15 所示。

表 3-15 TaiSEND 模型之特性

項目	內容
理論架構	✓ 依 CEPE 之 SCREEN 模型為發展雛形。 ✓ 具有多種動態機制的可計算一般均衡模式(CGE)。

項目	內容
	✓ 以 Bottom-up 法為基礎作為應用。
特色與功能	✓ 具有較精緻的能源巢狀結構。 ✓ 有多元的政策衝擊分析能力。
優點	✓ 為 Top-down 與 Bottom-up 的整合。 ✓ 建立一致性的理論基礎。 ✓ 有效整合新古典經濟學與數學規劃之分析方法。
缺點	✓ 在永續性評估項目與 TAIGEM (TAIwan General Equilibrium Model)相似，但部門數較少。
研析議題	✓ 整合能源與溫室氣體減量之政策規劃、發展再生能源、提升能源效率、替代能源技術創新、能源安全、市場機能政策等，執行必要的決策分析。

(資料來源：「經濟部能源局九十七年年報」，2009)

(三) 模型應用

TaiSEND 為一動態一般均衡模型，發展之初係以能源供需為分析重點，特別是二氧化碳排放量較高之能源，因此可適當地作為總量管制的評估工具。

TaiSEND 模型融合了 Bottom-up 模型特有之發電機組特性，並在傳統的 Top-down 模型中加入機組容量限制，因此有別於一般均衡模型以需求面為出發點之評估模式，TaiSEND 模型同時也加強了供給面因素的各項限制，並詳細地刻畫能源部門與總體經濟之關聯，以及能源部門與其他產業部門之連動。

TaiSEND 模型發展至今，其特色除包含整合之特點，亦具有較精緻之能源巢式結構，並著重能源-經濟-環境三位一體關聯；此外，另擁有多元的政策衝擊分析功能，更以小型開放經濟社會建構為基礎，極為適合我國國情。TaiSEND 模型特色詳如表 3-16 所示。

表 3-16 TaiSEND 模型特色一覽表

特色	內容
整合 Top-down 與 Bottom-up 之特點	TaiSEND 模型為一個具有多種動態機制的可計算一般均衡模型，兼具 Top-down 與 Bottom-up 之特點，並建立一致性的理論基礎；同時，有效整合新古典經濟學與數學規劃的分析方法。
具有較精緻之能源巢式結構	不僅考慮傳統能源與再生能源的替代，另一方面亦能區分能源的進口來源，同時兼顧能源供給的風險及價格。
整合能源-經濟-環境之政策性議題	TaiSEND 模型與瑞士的國家模型（亦即 GEM-E3）類似，著重能源-經濟-環境三位一體的關聯，可兼顧 3E 之政策性整合。
擁有多元的政策衝擊分析功能	對於能源政策的永續性問題，具有強大的評估能力，可同時處理部門內與部門間的投資配置問題。
適合我國國情	以小型開放經濟社會建構為基礎，採用適合國情的技術係數與彈性值，並以能源部門的技術、產業及服務作為模型建構的核心。

（資料來源：本研究整理）

三、MARKAL 與 TaiSEND 模型之比較

MARKAL 與 TaiSEND 模型均為國內普遍使用之能源供需規劃工具，以下則針對此兩種模型，在方法論、主要功能、動態機制、永續性評估能力、新能源及再生能源之分析能力，以及能源價格及 GDP 成長率之分析能力等方面作比較與探討，詳如表 3-17 所示。

表 3-17 MARKAL 與 TaiSEND 模型之比較一覽表

項目	MARKAL 模型	TaiSEND 模型
方法論	屬於 Bottom-up 之數學規劃模型。	屬於 Top-down 的 CGE 模型，同時融入具有 Bottom-up 特色之技術配套；同時，對能源技術的刻畫更為細緻。
主要功能	適合作為「能源供給成本最小化」之能源規劃，對於新能源及再生能源的技術掌握較為周延。	可以執行歷史模擬、結構模擬、政策模擬，以及預測，且對於再生能源及新能源的處理能力較強。
動態機制	缺乏經濟體系成長的動態機制，各種變數的動態過程及預測必須仰賴外生設定（例如：GDP、人口、能源價格的成長率）。	與 TAIGEM 相似，但對各種能源技術資本累積機制，有較為周延的設計；同時兼顧資本實務折舊、部門間投資，以及部門內投資決策。
永續性評估能力	可藉 MARKAL-Macro 進行能源政策經濟影響評估，但	評估的項目與 TAIGEM 相似，但部門數較少。不

項目	MARKAL 模型	TaiSEND 模型
	經濟模型結構簡單，無法充分掌握經濟體系全貌，評估之項目也較為有限。	過，TaiSEND 以能源部門的產品及能源服務為模型建構核心，對於能源部門的經精準度較強。
新能源及再生能源之分析能力	有詳細的技術刻畫，唯其成本投資都外生設定。	詳細的技術刻畫，對於技術的淘汰創新及選擇，都具有學理基礎，且與新古典經濟理論相結合。
能源價格及 GDP 成長率之分析能力	無此功能。	可以外生設定，亦可內生求解。

(資料來源：1. 運輸部門能源與溫室氣體資料之建構與盤查機制之建立，2011，交通部運輸研究所，2. 本研究整理)

四、日本住宅建築 CO₂ 推估模式－MACRO 模型

日本在住宅建築 CO₂ 推估模式主要採用 Ikaga 教授在 2005 年所發展的 MACRO 模型，MACRO 模型的流程圖如圖 3-8 所示。MACRO 模型將住宅建築的 CO₂ 排放區分為三部分，分別為冷暖房空調用電、熱水器用電與用氣量以及家電等三部分。其中冷暖房空調用電的預測模式為一多重迴歸公式，與都市的外氣條件、外殼性能、冷暖氣設定條件有關。接著再利用住宅樓地板面積與人口數可以換算出一個都市或是國家在冷暖房空調用電的預測值。熱水器用電與用氣量

則是根據熱水使用量、熱水設定溫度以及熱水器的設備效率來推估。家電部分的 CO₂ 排放量推估則與家庭使用家電設備數量以及設備效率有關。

Ikaga 教授的 MACRO 模式已經用於預測日本全國在 2050 年建築部門的 CO₂ 排放量預測以及上海與台灣等區域在 2050 年建築部門的 CO₂ 排放量預測上。MACRO 模式在住宅建築未來 CO₂ 排放量預測可以依照不同的情境進行評估，例如在基準情境(BAU)、使用者行為改變以及設備效能提升的情境下進行預測。表 3-18 為 MACRO 模式建議的評估情境與 CO₂ 減排方案。

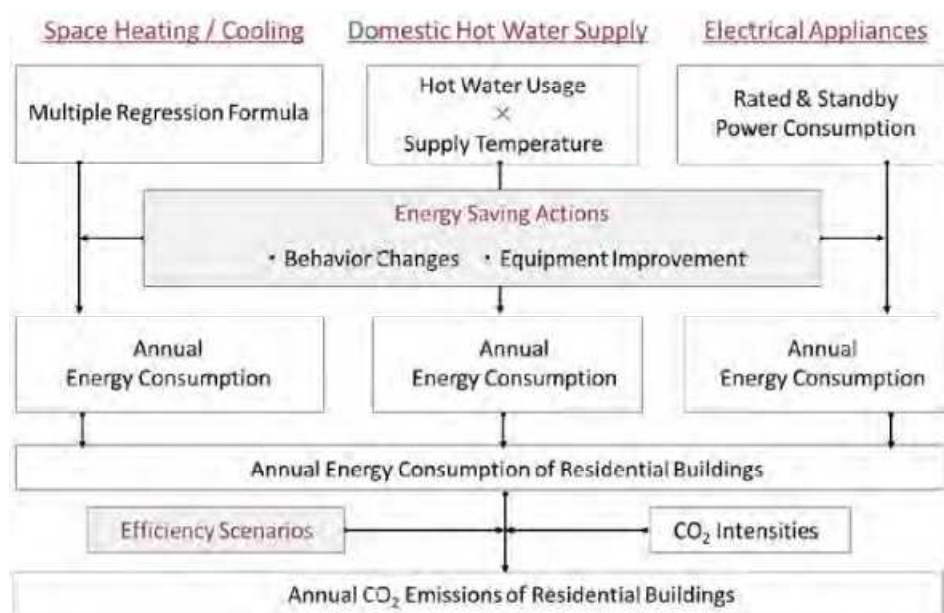


圖 3-8 MACRO 模型流程圖

(資料來源：I. Cheng, Ikaga and Yanai, 2012)

表 3-18 住宅建築 CO₂ 排放之情境

情境	方案	達成目標
使用者	✓ 提高冷氣設定溫度 ✓ 縮短冷氣使用時間 ✓ 降低熱水的設定溫度	➤ 2050 年有 50% 的家庭

情境	方案	達成目標
行為改變	✓ 電器不用時，拔電器插頭 ✓ 夏季多洗冷水澡	
設備效率提升	✓ 更換高能源效率的冷氣 ✓ 更換成熱泵熱水器 ✓ 採用節能燈泡 ✓ 採用綠色認證設備	➤ 冷氣的 COP 由 4.0 增加到 8.0 ➤ 2050 年有 50% 的家庭使用節能燈泡 ➤ 2050 年冰箱與電視的用電量降低 50%
發電效率提升	✓ 發電之 CO₂ 排放密度降低	➤ 2050 年的發電之 CO₂ 排放密度達到基線的 40%

(資料來源：I. Xing, Ikaga and Strubegger (2011)，2.本計畫整理)

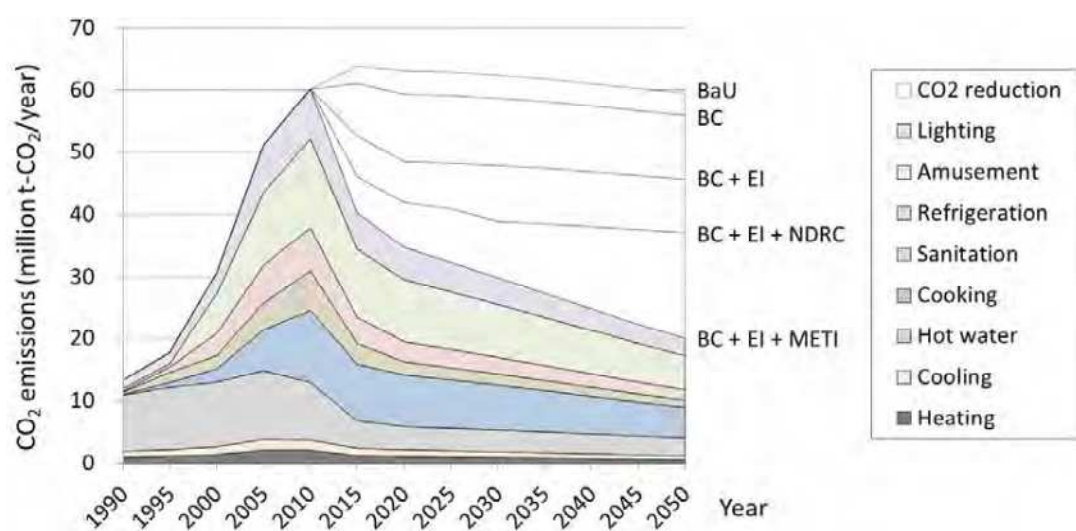


圖 3-9 MACRO 模型預測上海住宅建築 CO₂ 排放量

(資料來源：Xing, Ikaga and Strubegger, 2011)

第三節 碳排放度量指標之起源與定義

有鑑於建築部門是溫室氣體排放的最大元凶，辦公大樓與住宅之能源消耗占全球總能源消耗量的三分之一；根據聯合國環境規劃署預測，建築物二氧化碳排放量將從 2004 年的 86 億噸，增加至 2020 年的 111 億噸。故聯合國環境規劃署 (United Nations Environment Programme, UNEP) 於 2009 年 12 月年頒佈碳排放度量指標草案。

(一) 建構理念

碳排放度量指標最早由東京大學工業科學研究院 Tomonari Yashiro 教授向國際標準化組織提出並且召集一個工作委員會起草該標準。Yashiro 教授表示，"在當前國際標準化組織的戰略中，與可持續性相關的標準化是最重要的問題之一。當務之急是達成國際共識，建立全球通用的計算方法，對現有建築物使用期間的能耗進行計算，並對建築使用相關的溫室氣體排放情況進行報告。希望 ISO 制定的標準化指標將有助於將碳排放度量指標應用於更多的商業領域。"

故此，聯合國環境規劃署 (United Nations Environment Program) 針對全球能具有統一性的碳排放資料依據提議「建築共通碳度量方法」(Common Carbon Metric for Buildings)，這種度量方法將為測量建築的溫室氣體排放和能源效率提供一種共同語言。碳排放度量指標(Common Carbon Metric, 以下簡稱 CCM)旨在通過一個協議，衡量建築物受氣候所影響之因子，而建立量測建築物能源之指標；希望透過這套指標，讓建築師、設計師和營建業可以用來量測建築物的能源使用。並且企望藉由這套指標所獲得的相關數據可成為國家與國家在建築碳排放政策訂定方面之交流平台。圖 3-10 為聯合國環境規劃署—永續建築與氣候變遷小組的會員。



圖 3-10 SBCI 會員

(資料來源：WRI-WBCSD)

(二) 指標簡介

聯合國環境規劃署建立了 CCM，希望透過該指標讓建築師、設計師和營建業可以用來量測建築物之能源使用。同時，CCM 將成為衡量現有建築環境之新國際標準的基礎。CCM 未來將遍及在全球使用，其中包括發展中國家；然而，發展中國家有礙於基礎設施之局限性，以及數據收集之困難度，故較無法支持目前建築物生命週期二氧化碳減量評估之計算。

CCM 主要用於計算建築物在使用期間之能源消耗，亦即該指標不適用於建築物的建設階段。然而，有鑑於建築的日常能源消耗占其總能耗的 80%-90%，該指標可以計算出這段期間內建築物最大的排放量。CCM 用於建築物每年每平方米（或每人）之能源消耗以及溫室氣體排放當量進行計算，指標包含兩種計算方法：一種為「由下而上」模型，即應用於單體建築；另一種為「自上而下」模型，即對所有建築視為一個整體計算之。

（三）執行成效

2010 年五月 UNEP 於巴黎會議中發起第一階段先導型計畫(CCM Phase I Pilot)，共有 9 個機構參與（如表 3-13 所示）。調查的對象包含 49 棟建築物（總面積 1.48 km²）以及 5 個大型建設開發公司之建案(total area: 176.60 km²)。第一階段先導型計畫的工作內容在於建立 Excel 格式的 CCM 輸入平台以及評估合作夥伴，期望透過本階段計畫發現目前執行 CCM 未被考慮的課題以及未來合作區域的優先排序。表 3-14 與表 3-15 分別是「自上而下」模型以及「由下而上」模型所獲得的碳排放度量指標。第二階段先導型計畫從 2011 年開始，參與的機構共有 8 個（如表 3-19 所示），共有包含 150 棟建築物以及 9 個大型建設開發公司之建案。

表 3-19 第一階段先導型計畫參與機構

Organization	Type of entry	Region/Location
Hydro Construction	Bottom up	Bellenberg Germany France, Toulouse
The Energy and Resources Institute(TERI)	Bottom up	India
Skanska AB	Top down and bottom up	Solna, Sweden
Autodesk	Top down and bottom up	US, cities unknown

Organization	Type of entry	Region/Location
Lend Lease Corp		
UK	Top down and bottom up	Various cities
Australia	Top down and bottom up	Sydney
Building & Construction Authority	Top down and bottom up	Singapore
Construction Industry Development Board(CIDB)	Some data entered; no performance metrics computed due to incomplete dataset	South Africa, various cities
Urenio.org	Some data entered in top- down approach	N/A
ITC Limited, India	Bottom up	ITC Green Centre, Gurgaon, India

(資料來源：本研究整理)

表 3-20 第一階段先導型計畫「自上而下」模型之結果

Building category	kWh / m ²	kg CO ₂ e / m ²	kWh / occupant	kg CO ₂ e / occupant
Average performance baselines for specific building types, measured through the bottom-up approach				
Office	222.8	151.9	8,387.9	5,568.1
Retail	221.5	147.0	7,859.0	5,217.0
Hotel	302.8	142.8	14,305.3	6,745.3
Other	156.0	103.6	2,736.1	1,816.3
Performance baselines for the Whole, measured through the top-down approach				
Non-residential	282.4	182.8	5,831.7	3,774.6
Residential	51.5	32.8	3,733.7	2,376.5

(資料來源：本研究整理)

表 3-21 第一階段先導型計畫「自下而上」模型之結果

Building name	kWh / m ²	kg CO ₂ e / m ²	kWh / occupant	kg CO ₂ e / occupant
Building 1	128.1	71.6	3258.8	1820.5
Building 2	358.0	137.1	8831.6	3382.7
Building 3	438.1	244.8	5457.9	3049.1
Building 4	221.9	87.1	5541.8	2174.4
Building 5	799.5	442.3	13551.2	7496.2
Building 6	403.4	188.5	15446.6	7216.2
Building 7	124.9	69.8	3179.4	1776.2
Building 8	288.9	126.6	13109.1	5745.8
Building 9	393.0	187.8	7114.9	3400.2
Building 10	188.7	105.4	3081.0	1721.2
Building 11	211.8	118.3	5811.3	3246.5
Baseline for portfolio	323.3	161.7	7671.2	3729.9

(資料來源：本研究整理)

表 3-22 第二階段先導型計畫參與機構

Organization	Region / Location
Consultora de Projetos Sustentáveis	Brazil
Jones Lang LaSalle	United Kingdom
Building and Construction Authority	Singapore
Lend Lease	United Kingdom
SKANSKA AB	Sweden
Building Owners and Managers Association (BOMA) of Canada	Canada
Tishman Speyer Properties	United Kingdom
Autodesk, Inc.	USA

(資料來源：本研究整理)

第四章 我國住宅建築 CO₂ 排放統計（「自上而下」模式）

第一節 我國能源統計與 CO₂ 排放統計說明

為因應聯合國氣候變化綱要公約 (United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC) 要求：所有締約方應提供溫室氣體各種排放和吸收源的國家清冊，以促進有關氣候變化和應對氣候變化的資訊交流；以及行政院環境保護署為提供我國國家清冊統計數據及相關溫室氣體管制策略評估之需要，經濟部能源局進行我國燃料燃燒 CO₂ 排放統計。

經濟部能源局針對台灣燃料燃燒 CO₂ 排放統計，係遵照聯合國「跨政府氣候變遷專家委員會(IPCC)」1996 年發布之「IPCC 國家溫室氣體清冊指南」計算方法，及排放係數等相關規範與我國能源最新統計數據所估算的結果，且逐年隨我國能源統計資料更新而作調整。100 年度依據能源局 99 年公告之 1990 年至 2009 年能源平衡表統計數據進行計算，其中因部分能源統計數據調整更新與天然氣熱值修正，並改以 1996 年發布之「IPCC 國家溫室氣體清冊指南」計算方法及調整部分統計方式計算之。

我國燃料燃燒 CO₂ 排放量計算，主要係採用 1996 年「IPCC 國家溫室氣體清冊指南」中第一級算法(Tier 1)的「部門方法(Sectoral Approach)」，由「最終消費部門」計算其能源消費所產生之 CO₂ 排放量。

部門方法計算步驟簡介如下：

1.計算部門能源消費量：依據 2011 年公布之能源平衡表 (熱值單位)係依照 1990 年~2010 年各部門最終能源消費量並進行單位轉換，其中石化原料業所使用之石油腦與 LPG 屬於原料用途，而非能源使用項目計有無煙煤、焦炭、潤滑油、

柏油、溶劑油、石油焦、其他石油產品等，及國際航空之能源消費量，在計算 CO₂ 排放量時皆不予以納入。

2.採用 IPCC 1996 年「IPCC 國家溫室氣體清冊指南」各燃料類別 CO₂ 排放係數(tC/TJ)預設值。

3.將能源消費量乘上 CO₂ 排放係數，可得各部門燃料燃燒 CO₂ 排放量 Q_{fin} (kton CO₂)。

4.將電力排放按各部門用電量比例分配於各部門之計算方式：

(1)計算發電部分之 CO₂ 電力總排放量 Q_{elec} (kton CO₂)

(2)電力排放之總 CO₂ 排放量×各部門消費電量比例；分配原則為：部門消費電力之 CO₂ 排放量 Q_{elec-s} =發電之 CO₂ 總排放量 Q_{elec} × 【(部門之消費電量/(能源部門自用之消費電量+最終消費之消費電量))】

(3)各部門別 CO₂ 總排放量=各部門燃料燃燒之 CO₂ 排放量 Q_{fin} +各部門電力消費之 CO₂ 排放量 Q_{elec-s} 。

表 4-1 之各部門燃料燃燒 CO₂ 排放量分析(不包括電力消費排放)顯示，我國 1990 年按部門方法計算之燃料燃燒 CO₂ 總排放量為 110,830 千公噸 CO₂，2000 年成長為 215,449 千公噸，2007 年成長至 262,811 千公噸，然 2008 年卻減少至 252,025 千公噸 CO₂，而 2009 年更減少至 239,526 千公噸 CO₂，2010 年則緩慢成長至 254,484 千公噸 CO₂。

整體來看，1990 至 2010 年之各部門燃料燃燒 CO₂ 排放量分析(不包括電力消費排放)年平均成長率為 4.2%，其中 2008 年因受到油價高漲的影響，以及金融風暴之衝擊，導致產業活動減少，能源消耗量降低，燃料燃燒 CO₂ 排放首度呈現減少趨勢，較 2007 年減少 4.1%；2009 年各主要業別景氣雖逐漸復甦，然因

政府持續推動節能措施，能源消費維持負成長，CO₂ 排放量較 2008 年減少 5.0%；2010 年受國內外景氣持續復甦影響，CO₂ 排放量已回升至 2008 年水準。再者，以 1990~2010 之年度成長率來看，2000 年之 10.3% 最高，其次為 1991 年之 8.2%，而以 2007 年 1.4% 為最低。

再者，依據主計處統計資料之台灣總人口數，可計算出 1990 年人均總 CO₂ 排放量（不包括電力消費排放）約 5.5 公噸 CO₂/人，逐年持續揚升，至 2000 年為 9.7 公噸 CO₂/人，2002 年突破 10 公噸 CO₂/人至 10.2 公噸 CO₂/人，2007 年為 11.5 公噸 CO₂/人，2008 年因油價高漲及金融風暴衝擊，降為 11.0 公噸 CO₂/人，2009 年更降為 10.4 公噸 CO₂/人，2010 年景氣回暖，又回升至 11.0 公噸 CO₂/人。1991 至 2010 年間人均排放量年平均成長率約為 3.4%，其中 2009 年較 2008 年減少 5.3%，2010 年相較 2009 年卻增加 6%，兩者有極大之差距。

若由表 4-1 之能源、工業、運輸、住宅、服務業及農業等部門進行分類，可知在各部門不包括電力消費排放之情況下，能源部門 2010 年 CO₂ 排放為 167,320 千公噸（占總排放的 65.7%），較 2009 年（157,961 千公噸）增加 5.9%；工業部門 2010 年 CO₂ 排放為 42,775 千公噸（占總排放的 16.81%），較 2009 年（38,169 千公噸）增加 12.1%；住宅部門 2010 年 CO₂ 排放量為 4,741 千公噸（占總排放的 1.9%），較 2009 年（4,749 千公噸）減少 0.2%，主因天然氣日漸普及，替代液化石油氣所致。

表 4-1 各部門燃料燃燒 CO₂ 排放量(不包括電力消費排放)

單位：千公噸CO₂

年 別	能源		工業		運輸		農業		服務業		住宅		總計	
	數量	%	數量	%	數量	%	數量	%	數量	%	數量	%	數量	%
1990	50,697	45.7	30,207	27.3	19,447	17.5	2,916	2.6	3,581	3.2	3,983	3.6	110,830	100.0

年 別	能源		工業		運輸		農業		服務業		住宅		總計	
	數量	%	數量	%	數量	%	數量	%	數量	%	數量	%	數量	%
1991	57,178	47.7	31,690	26.4	20,676	17.2	2,672	2.2	3,490	2.9	4,215	3.5	119,920	100.0
1992	61,261	47.8	33,141	25.8	23,788	18.6	2,645	2.1	2,953	2.3	4,422	3.4	128,210	100.0
1993	68,935	50.1	33,383	24.3	25,837	18.8	2,647	1.9	2,464	1.8	4,335	3.2	137,602	100.0
1994	73,922	50.8	34,347	23.6	27,261	18.7	2,693	1.8	2,985	2.0	4,437	3.0	145,643	100.0
1995	79,914	52.2	34,956	22.8	28,529	18.6	2,748	1.8	2,418	1.6	4,573	3.0	153,138	100.0
1996	85,537	52.9	35,918	22.2	29,498	18.3	2,775	1.7	3,142	1.9	4,728	2.9	161,599	100.0
1997	96,466	55.4	37,575	21.6	30,226	17.4	2,449	1.4	2,457	1.4	4,825	2.8	173,998	100.0
1998	105,761	57.1	38,232	20.6	31,521	17.0	2,020	1.1	2,916	1.6	4,925	2.7	185,375	100.0
1999	113,250	58.0	39,172	20.0	32,439	16.6	2,019	1.0	3,122	1.6	5,381	2.8	195,382	100.0
2000	129,723	60.2	42,007	19.5	32,870	15.3	2,337	1.1	3,187	1.5	5,326	2.5	215,449	100.0
2001	134,861	61.3	40,946	18.6	32,909	15.0	2,429	1.1	3,526	1.6	5,153	2.3	219,825	100.0
2002	138,900	61.0	43,757	19.2	34,191	15.0	2,433	1.1	3,457	1.5	5,079	2.2	227,818	100.0
2003	149,164	62.9	42,309	17.8	34,159	14.4	2,782	1.2	3,920	1.7	4,843	2.0	237,177	100.0
2004	155,160	63.3	42,610	17.4	35,496	14.5	2,946	1.2	4,077	1.7	4,920	2.0	245,209	100.0
2005	161,938	64.4	41,425	16.5	36,472	14.5	2,599	1.0	4,203	1.7	4,998	2.0	251,636	100.0

年 別	能源		工業		運輸		農業		服務業		住宅		總計	
	數量	%	數量	%	數量	%	數量	%	數量	%	數量	%	數量	%
2006	169,335	65.3	42,750	16.5	36,400	14.0	1,630	0.6	4,232	1.6	4,834	1.9	259,180	100.0
2007	173,040	65.8	44,592	17.0	35,064	13.3	1,080	0.4	4,185	1.6	4,850	1.8	262,811	100.0
2008	167,400	66.4	41,187	16.3	33,093	13.1	1,356	0.5	4,192	1.7	4,798	1.9	252,025	100.0
2009	157,961	65.9	38,169	15.9	33,435	14.0	993	0.4	4,218	1.8	4,749	2.0	239,526	100.0
2010	167,320	65.7	42,775	16.8	34,565	13.6	938	0.4	4,146	1.6	4,741	1.9	254,484	100.0

（資料來源：經濟部能源局，2011）

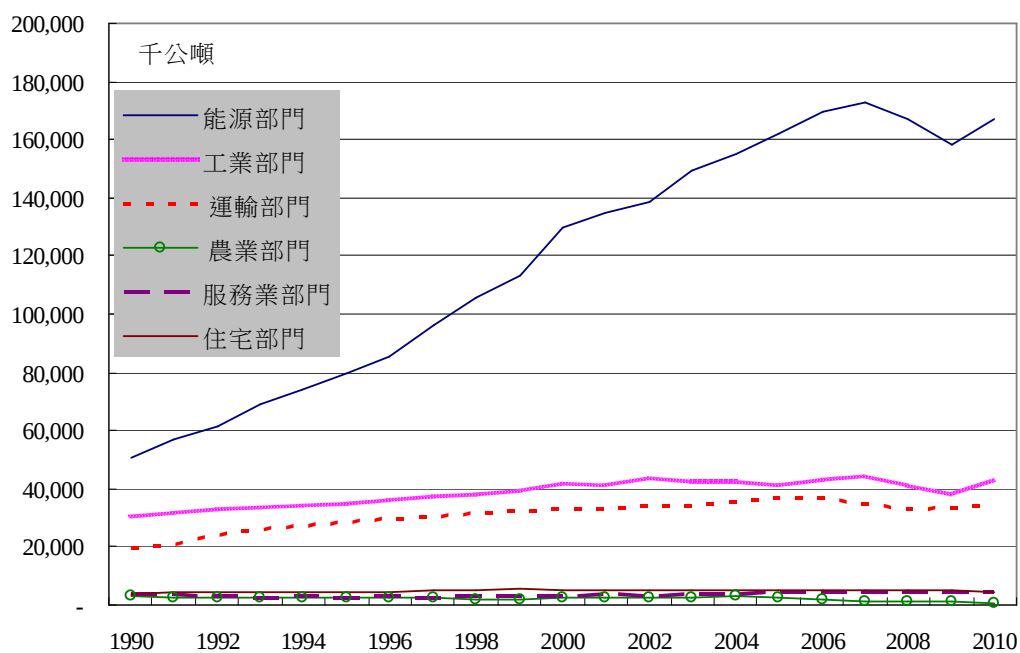


圖 4-1 各部門燃料燃燒 CO₂ 排放量趨勢(不包括電力消費排放)

（資料來源：經濟部能源局，2011）

表 4-2 各部門包括電力消費排放之各部門燃料燃燒 CO₂ 排放量統計結果，由表可知，2010 年工業部門排放 122,956 千公噸，較 2009 年增加 11.2%，占燃料燃燒 CO₂ 排放的 48.3%；2010 年運輸部門排放 35,317 千公噸 CO₂，較 2009 年增加 3.4%，占燃料燃燒總 CO₂ 排放的 13.9%；2010 年服務業部門排放 34,485 千公噸 CO₂，占燃料燃燒總 CO₂ 排放的 13.6%，2010 年公共行政業 CO₂ 排放較 2009 年減少 4.6%，住宿及餐飲業排放量較 2009 年增加 3.6%；2010 年住宅部門排放 32,788 千公噸 CO₂，較 2009 年減少 1.2%，占燃料燃燒總 CO₂ 排放的 12.9%。2010 年由於電力消費成長幅度趨緩，加上電力供給結構低碳化，電力排放係數較 2009 年降低 0.6%，因此 2010 年的燃料燃燒 CO₂ 總排放量僅較 2009 年成長 0.8%。

表 4-2 各部門燃料燃燒 CO₂ 排放量(各部門包括電力消費排放)

單位：千公噸CO₂

年別	能源		工業		運輸		農業		服務業		住宅		合計	
	數量	%	數量	%	數量	%	數量	%	數量	%	數量	%	數量	%
1990	13,594	12.3	51,597	46.6	19,545	17.6	3,695	3.3	10,481	9.5	11,918	10.8	110,830	100.0
1991	13,704	11.4	56,306	47.0	20,778	17.3	3,574	3.0	11,993	10.0	13,566	11.3	119,920	100.0
1992	13,596	10.6	60,100	46.9	23,914	18.7	3,522	2.7	12,518	9.8	14,558	11.4	128,210	100.0
1993	15,206	11.1	62,760	45.6	25,966	18.9	3,664	2.7	13,819	10.0	16,186	11.8	137,602	100.0
1994	16,965	11.6	65,138	44.7	27,384	18.8	3,718	2.6	15,465	10.6	16,973	11.7	145,643	100.0

第四章 我國住宅建築 CO₂ 排放統計（「自上而下」模式）

年別	能源		工業		運輸		農業		服務業		住宅		合計	
	數量	%	數量	%	數量	%	數量	%	數量	%	數量	%	數量	%
1995	17,908	11.7	67,981	44.4	28,655	18.7	3,871	2.5	16,226	10.6	18,497	12.1	153,138	100.0
1996	18,658	11.5	70,982	43.9	29,640	18.3	4,014	2.5	18,212	11.3	20,093	12.4	161,599	100.0
1997	21,250	12.2	77,844	44.7	30,424	17.5	3,773	2.2	19,601	11.3	21,105	12.1	173,998	100.0
1998	22,358	12.1	81,395	43.9	31,749	17.1	3,258	1.8	21,920	11.8	24,695	13.3	185,375	100.0
1999	22,548	11.5	87,527	44.8	32,696	16.7	3,357	1.7	23,579	12.1	25,675	13.1	195,382	100.0
2000	24,790	11.5	98,977	45.9	33,169	15.4	3,820	1.8	26,719	12.4	27,974	13.0	215,449	100.0
2001	25,833	11.8	99,410	45.2	33,210	15.1	3,926	1.8	28,359	12.9	29,087	13.2	219,825	100.0
2002	25,178	11.1	105,334	46.2	34,505	15.1	3,970	1.7	29,181	12.8	29,650	13.0	227,818	100.0
2003	26,602	11.2	108,862	45.9	34,473	14.5	4,425	1.9	31,527	13.3	31,288	13.2	237,177	100.0
2004	27,300	11.1	113,265	46.2	35,843	14.6	4,627	1.9	32,746	13.4	31,428	12.8	245,209	100.0
2005	28,504	11.3	114,258	45.4	36,823	14.6	4,270	1.7	34,395	13.7	33,385	13.3	251,636	100.0
2006	29,186	11.3	120,074	46.3	36,776	14.2	3,403	1.3	35,972	13.9	33,769	13.0	259,180	100.0
2007	28,841	11.0	125,524	47.8	35,627	13.6	2,856	1.1	35,873	13.6	34,089	13.0	262,811	100.0
2008	26,382	10.5	119,765	47.5	33,832	13.4	3,101	1.2	35,494	14.1	33,450	13.3	252,025	100.0

年別	能源		工業		運輸		農業		服務業		住宅		合計	
	數量	%	數量	%	數量	%	數量	%	數量	%	數量	%	數量	%
2009	24,824	10.4	110,597	46.2	34,166	14.3	2,698	1.1	34,055	14.2	33,185	13.9	239,526	100.0
2010	26,311	10.3	122,956	48.3	35,317	13.9	2,627	1.0	34,485	13.6	32,788	12.9	254,484	100.0

(資料來源：經濟部能源局，2011)

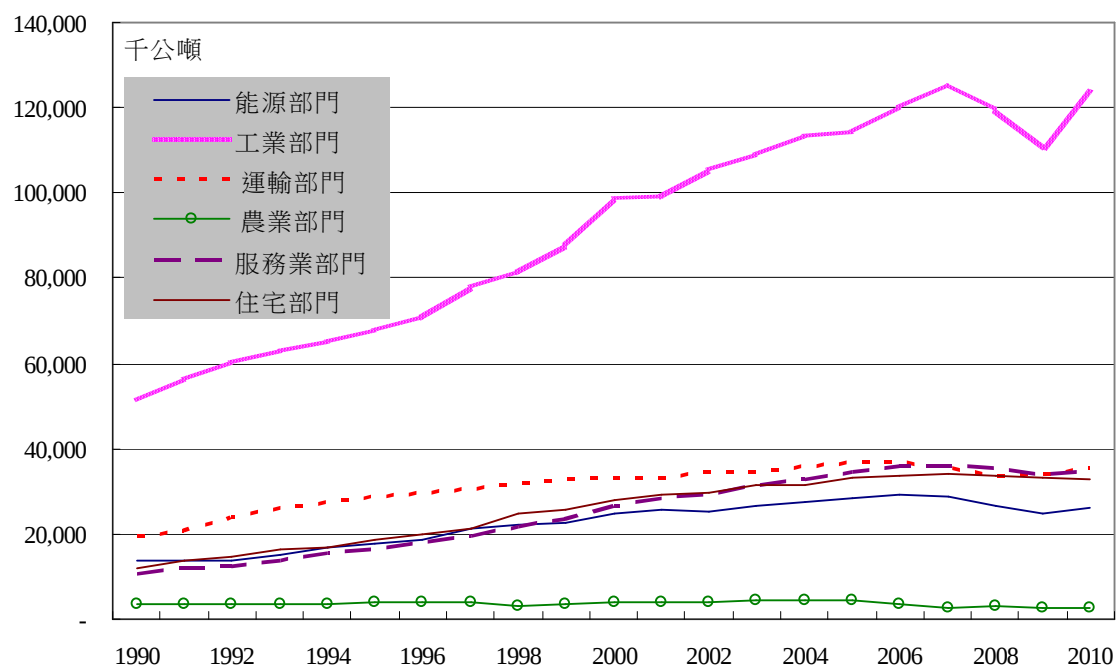


圖 4-2 各部門燃料燃燒 CO₂ 排放量趨勢(各部門包括電力消費排放)

(資料來源：經濟部能源局，2011)

第二節「自上而下」模式調查成果

為了瞭解我國住宅建築 CO₂ 排放現況，本研究計畫首先以經濟部能源局之台灣燃料燃燒 CO₂ 排放統計資料，主計處之人口數與住宅建築面積統計資料，並且依照第一節之碳排放度量指標計算方法，獲得「自上而下」模式之我國住宅建築 CO₂ 排放量。由於經濟部能源局之台灣燃料燃燒 CO₂ 排放統計資料是依據「IPCC 國家溫室氣體清冊指南」計算方法所求得，IPCC 計算方法與碳排放度量指標計算方法所採用之 ISO standards 及 WRI/WBCSD Greenhouse Gas protocol 是一致的，因此本研究計畫所獲得「自上而下」模式的住宅建築 CO₂ 排放量是有效的。

圖 4-3 為 2001~2010 年住宅建築 CO₂ 排放量趨勢圖。最近十年的未含電力消費排放的每年住宅建築 CO₂ 平均排放量為 4896.5 千公噸 CO₂，含電力消費排放之每年總住宅建築 CO₂ 平均排放量為 32211.9 千公噸 CO₂。表 4-3 之 2001~2010 年每年住宅建築 CO₂ 排放量排放統計量可進一步看出住宅建築的 CO₂ 排放量以電力佔大部分，十年平均值約為 84.7%，其他燃料大約佔 15.3% 的 CO₂ 排放量。

圖 4-4 為台灣住宅建築 CO₂ 十年移動平均排放量趨勢圖，由圖可知，2008 之後的 CO₂ 十年移動平均排放量為下降之趨勢。此結果可以作為估算未做進一步建築低碳政策規劃下之常規發展之碳排放模型。

圖 4-5 為「自上而下」模式所獲得之住宅建築碳排放度量指標。研究結果顯示，住宅建築碳排放度量指標不僅只受經濟景氣影響，亦與住宅建築物規劃、人口成長等因素有關。就單位住宅建築面積之碳排放指標而言，2006 年為 35.4 kgCO₂/ m²-年，之後逐年遞減至 2010 年為 31.6 kgCO₂/ m²-年。此數據若相關文獻利用「由下而上」方法所獲得之 22.37 kgCO₂/ m²-年有相當的差距，值得研究計畫利用碳排放度量指標計算方法的「由下而上」模式進行進一步的探討。另外，

就每人之碳排放指標而言，2007 年之後的每人之年碳排放指標呈現減緩趨勢。2007 年為 148.48 kgCO₂/人-年，之後逐年遞減至 2010 年為 141.56 kgCO₂/人-年。

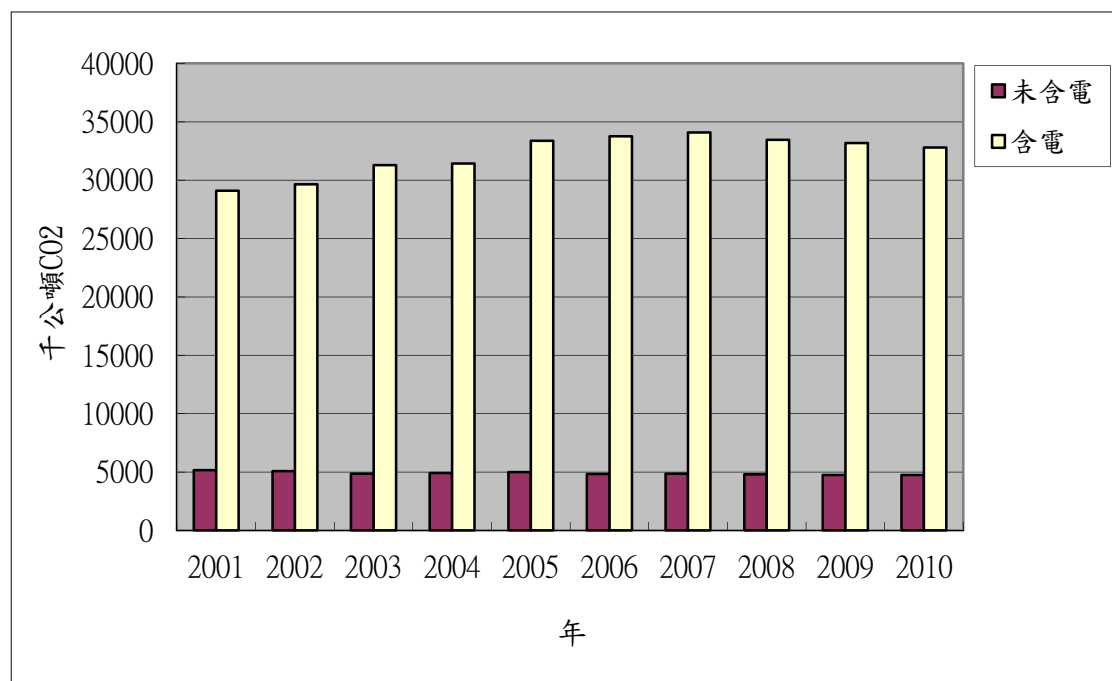


圖 4-3 住宅建築 CO₂ 排放量趨勢

(資料來源：經濟部能源局，2011)

圖 4-6 是住宅建築碳排放度量指標十年移動平均值。每人之碳排放指標十年移動平均值從 2007 年之後呈現下降趨勢，與逐年之每人之碳排放指標之趨勢相同。然而，對於單位住宅建築面積之碳排放指標十年移動平均值則是呈現逐年往上增加的趨勢。此結果代表近 5 年來政府所做的節能減碳政策所造成的減碳效益並未能在單位住宅建築面積之碳排放指標十年移動平均值中完全反映。因此，利用十年移動平均值來作為單位住宅建築面積之碳排放指標預測基準會對未來住宅建築碳排放指標之預測產生較大的誤差，本研究計畫將繼續針對不同的預測模型進行分析與探討。

表 4-3 2001~2010 年住宅建築 CO₂ 排放統計量

年度	住宅建築二氧化碳排放量 (未含電力消費部分) 千公噸 CO ₂ /年	住宅建築總二氧化碳 排放量 千公噸 CO ₂ /年	住宅建築二氧化碳 排放量 (未含電力消費部 分) 所佔比例
2001	5153	29087	17.72%
2002	5079	29650	17.13%
2003	4843	31288	15.48%
2004	4920	31428	15.65%
2005	4998	33385	14.97%
2006	4834	33769	14.31%
2007	4850	34089	14.23%
2008	4798	33450	14.34%
2009	4749	33185	14.31%
2010	4741	32788	14.46%

(資料來源：1.經濟部能源局，2011 年，2.本研究整理)

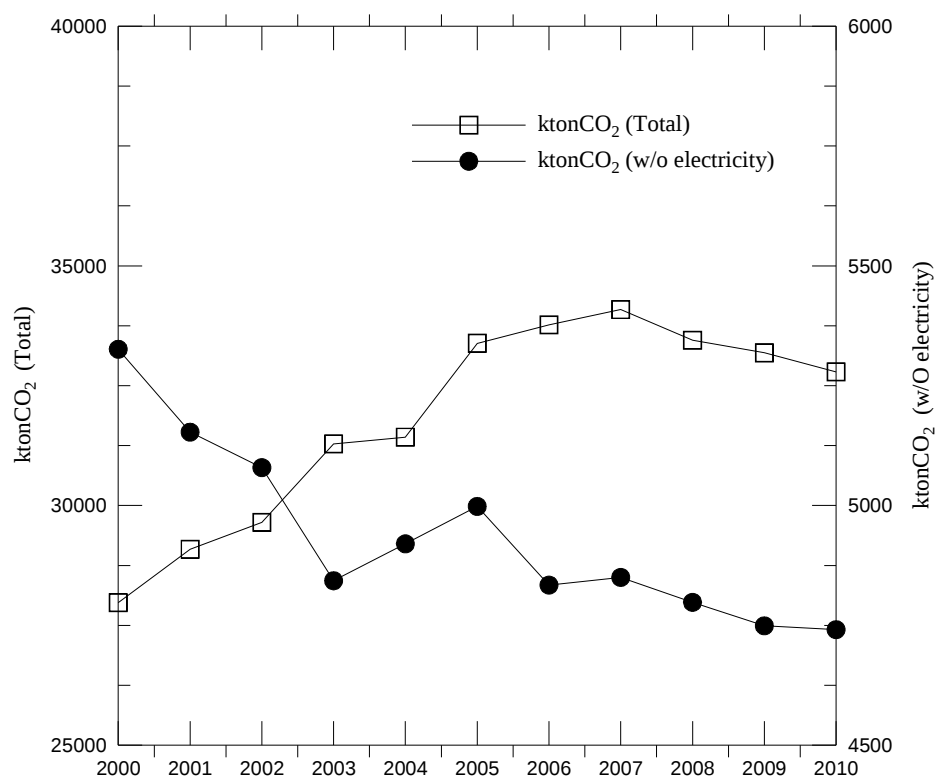


圖 4-4 住宅建築 CO₂ 十年移動平均排放量趨勢
(資料來源：本研究整理)

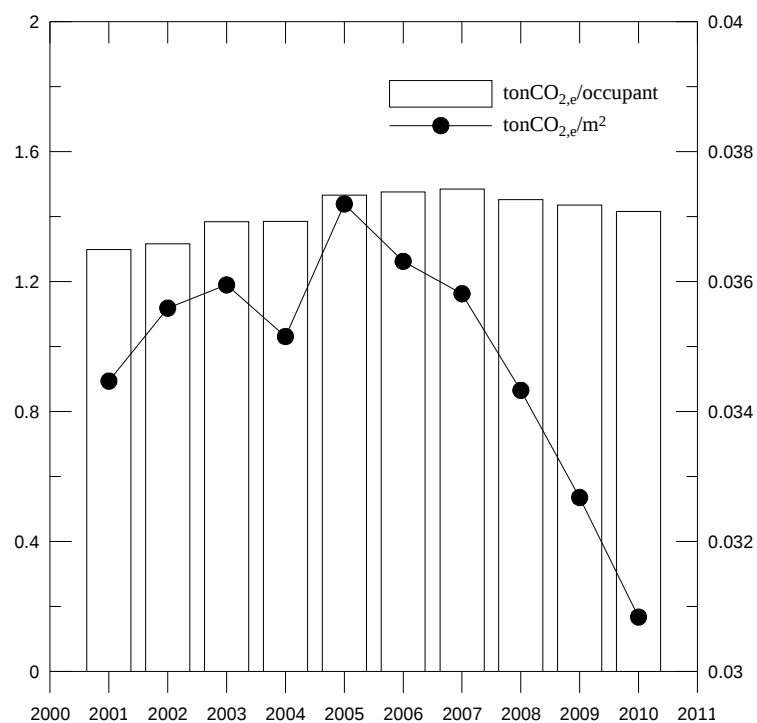


圖 4-5 住宅建築碳排放度量指標 (「自上而下」模式)
(資料來源：本研究整理)

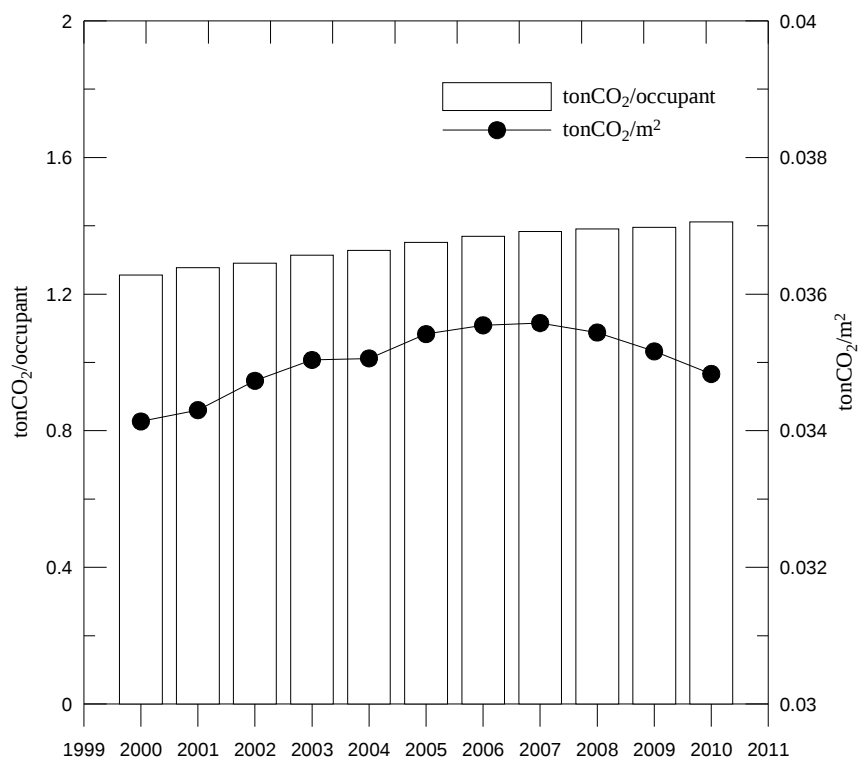


圖 4-6 住宅建築碳排放度量指標十年移動平均值(「自上而下」模式)

(資料來源：本研究整理)

表 4-4 住宅建築 CO₂ 十年移動平均排放量趨勢

年度	總人口數 (人)	總住宅建築面積 (m ²)	二氧化碳 人均排放量 (公噸 CO ₂ /人-年)	單位住宅建築 面積二氧化碳 排放量 (公噸 CO ₂ / m ² - 年)
1990	20,401,305	-	0.5842	-
1991	20,605,831	-	0.6584	-
1992	20,802,622	-	0.6998	-

年度	總人口數 (人)	總住宅建築面積 (m ²)	二氧化碳 人均排放量 (公噸 CO ₂ /人-年)	單位住宅建築 面積二氧化碳 排放量 (公噸 CO ₂ / m ² - 年)
1993	20,995,416	-	0.7709	-
1994	21,177,874	-	0.8014	-
1995	21,357,431	664083474.45	0.8661	0.0279
1996	21,525,433	690668164.43	0.9335	0.0291
1997	21,742,815	733604100.10	0.9707	0.0288
1998	21,928,591	768886791.24	1.1262	0.0321
1999	22,092,387	796553495.48	1.1622	0.0322
2000	22,276,672	825304362.12	1.2558	0.0339
2001	22,405,568	852,313,968.25	1.2982	0.0341
2002	22,520,776	849,246,977.36	1.3166	0.0349
2003	22,604,550	889,792,282.54	1.3841	0.0352
2004	22,689,122	908,131,767.71	1.3852	0.0346
2005	22,770,383	926,448,440.30	1.4662	0.0360
2006	22,876,527	953,468,709.95	1.4761	0.0354

年度	總人口數 (人)	總住宅建築面積 (m ²)	二氧化碳 人均排放量 (公噸 CO ₂ /人-年)	單位住宅建築 面積二氧化碳 排放量 (公噸 CO ₂ / m ² - 年)
2007	22,958,360	972,067,982.41	1.4848	0.0351
2008	23,037,031	983,019,254.61	1.4520	0.0340
2009	23,119,772	1,009,492,939.09	1.4354	0.0329
2010	23,162,123	1,038,086,913.04	1.4156	0.0316

（資料來源：本研究整理）

第五章 我國住宅建築 CO₂ 排放統計(「由下而上」模式)

碳排放度量指標計算方法另外一種計算模式為「由下而上」模式。透過「由下而上」模式可以藉此了解單一建築的能源使用密度與碳排放密度，並藉由統計方法獲得某一建築類型之能源使用密度與碳排放密度。再者，藉由「由下而上」模式所獲得之碳排放度量指標數據可以與「自上而下」模式之數據相比較，作為修正「自上而下」模式之依據。

第一節 「由下而上」模式之問卷設計

由於「由下而上」模式之問卷設計與調查結果有直接關連性，UNEP-SBCI 所發展的碳排放度量指標(Common Carbon Metric)計算方法僅列出原則性的計算流程與步驟。因此，為了設計出能獲得精確台灣住宅類建築碳排放度量指標與受訪者友善性之問卷，本研究計畫定義相關名詞如下：

- 樓板面積(Building area)：總樓板面積，但不包含騎樓與陽台面積，單位為平方公尺。由於受訪者通常不能精確掌握自家建築樓板面積，因此本研究將會透過地政系統查詢受訪建築單位之樓板面積。
- 建築型態(Building type)：以 UNFCCC 所歸納之住宅類建築型態，區分為透天、公寓與大樓三種。
- 建築居住人口：以實際居住人口數為主，並非設籍人口。
- 燃油消耗量：UNEP-SBCI 的碳排放度量指標包含直接與間接排放兩部分，通常受訪者無法確切掌握天然氣以及運用在交通運輸之燃油消耗量。因此，此部分之數據本研究將利用未含電力消費部分住宅建築二氧化碳排放量所佔比例來推估。

- 用電量：以輸入受訪建築單位之電表號碼，再透過台電網站查詢用戶整年用電量數據。
- 採樣對象：由於「由下而上」模式的調查問卷數必須大於具有代表性之有效樣本。

目前研究團隊已依照上述定義製作一份「住宅類建築耗能現況之問卷調查」問卷，問卷內容如附錄一所示。經過 10 份前測問卷測試，顯示 10 份問卷均為有效問卷。本研究團隊選定高雄市、台北市以及雲林縣二崙鄉做為問卷調查區域，進行「由下而上」模式碳排放度量指標調查。問卷發放方式依照三個調查區域之屬性，分別為台北市：電子問卷、當面訪談以及里長協助；雲林縣二崙鄉為當面訪談；高雄市為當面訪談與社區管委會協助。截至期末階段，共獲得台北市 380 份問卷、雲林縣二崙鄉 167 份問卷以及高雄市 1460 份問卷。表 5-1 為三個區域之問卷對象以地理位置、地理型態、社區型態與住宅型態分類之範圍。就地理位置而言，本研究選定之三個區域，台北市位於北部，雲林與高雄則是南部。就地理型態之分類而言，除了高雄市部分的對查對象為梓官鄉屬於沿海村落，其餘對象均座落在平地。在社區型態的分類上，雲林縣屬於鄉村型，台北為城市型，高雄則是兩者皆有。就住宅建築型態而言，台北市調查的對象大部分為公寓與大樓，雲林則全是透天住宅(包含獨立與連棟)，高雄則是三者都有。

本研究團隊在執行「由下而上」模式碳排放度量指標調查所獲得的經驗與困難度等，列舉如下：

- 受訪者害怕個資洩漏或遭詐騙，填寫意願並不高。
- 經洽詢台灣電力公司因個資法因素，不願意直接提供相關用電資料。
- 受訪者對於燃氣使用情形並不清楚。
- 利用填問卷獲得獎品的成效不佳。

- 利用台電的電費查詢作業系統，可以追蹤用戶每月的用電量。
- 利用地政系統可以查詢受訪者住宅之正確樓板面積。
- 調查受訪住宅之實際居住人數是需要直接進行問卷之點。



圖 5-1 碳排放度量指標問卷調查區域

(資料來源：本研究整理)

表 5-1 住宅類建築耗能現況之調查對象分類

分類	項目	台北	雲林	高雄
地理位置	北	◎		
	中			
	南		◎	◎
	東			
	離島			
地理型態	平地	◎	◎	◎
	山區			
	沿海			◎
社區型態	城市	◎		◎
	鄉村		◎	◎
住	獨立住宅		◎	◎

宅 型 態	連棟住宅		◎	◎
	公寓	◎		◎
	大樓	◎		◎

（資料來源：本研究整理）

第二節 「由下而上」模式調查成果

一、台北地區

由台北地區 380 份問卷調查統計中，詳如表 5-2 所示，發現：100 年每戶平均總用電度數為 4377.76 度、單位面積用電量平均為 49.03kwh/m²-年、每人用電量平均為 1580.93kwh/人-年。在電力消費之二氧化碳排放量部分，單位面積二氧化碳排放量平均為 30.40 公斤/m²-年、每人二氧化碳排放量平均為 980.18 公斤/人-年。在考慮燃氣燃燒造成之二氧化碳排放的總二氧化碳排放量部分，單位面積總二氧化碳排放量平均為 35.54 公斤/m²、人均二氧化碳總排放量平均為 1145.87 公斤/人。

表 5-2 台北地區 CO₂ 排放量與 EUI 調查結果(100 年)

單位面積用電度數 kwh/m ² -年	人均用電度數 kwh/人-年	電力消費之單位面積二氧化碳排放量 公斤/m ² -年	電力消費之人均總二氧化碳排放量 公斤/人-年	單位面積總二氧化碳排放量 公斤/m ² -年	人均總二氧化碳排放量 公斤/人-年
49.03	1580.93	30.40	980.18	35.54	1145.87

(資料來源：本研究整理)

在「住宅建築型態」部分，就台北地區問卷調查部分，包含：23 件一般公寓、1 件透天住宅，以及 356 件電梯公寓大廈。以下則針對「一般公寓」與「電梯公寓大廈」之二氧化碳排放量作進一步比較。

23 件一般公寓的平均樓地板面積為 111.38 m²，平均每戶居住人口數為 4.15 人；356 件電梯公寓大廈的平均樓地板面積為 90.06 m²，平均每戶居住人口數為 3.51 人。100 年一般公寓的家戶平均用電度數為 5706.75 度，而電梯公寓大廈未包含公共用電的家戶平均用電度數為 4212.71 度。因此，在電力消費造成之二氧

化碳排放量部分，一般公寓單位面積二氧化碳排放量平均為 32.64 公斤/m²-年、每人二氧化碳排放量平均為 895.47 公斤/人-年；而電梯公寓大廈單位面積二氧化碳排放量平均則為 29.77 公斤/m²-年、每人二氧化碳排放量平均為 972.51 公斤/人-年。由問卷調查統計數據得知：一般公寓在單位面積二氧化碳排放量較電梯公寓大廈為多、但在每人二氧化碳排放量部分，一般公寓則較電梯公寓大廈為少（詳表 5-3、圖 5-2 所示）。

表 5-3 建築型態對於電力消費造成之二氧化碳排放量比較表（台北地區）

住宅建築型態	公斤/m ² -年	公斤/人-年
一般公寓	32.64	895.47
電梯公寓大廈	29.77	972.51

（資料來源：本研究整理）

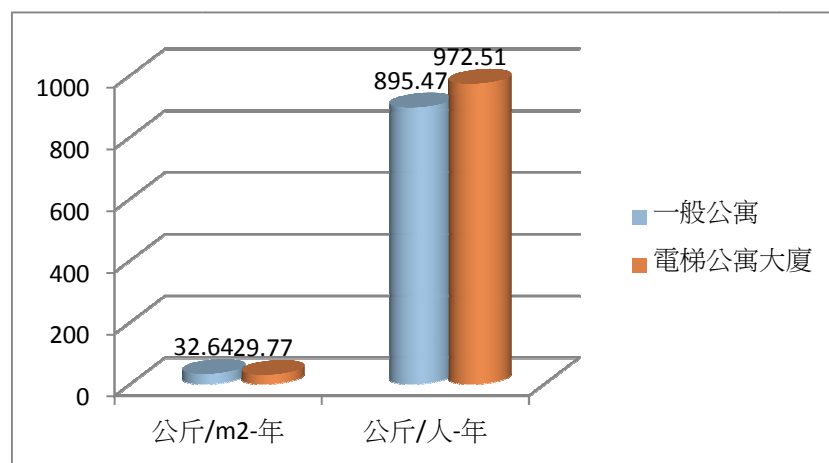


圖 5-2 建築型態對於電力消費造成之二氧化碳排放量比較圖（台北地區）

（資料來源：本研究整理）

在總二氧化碳排放量的部分，一般公寓單位面積二氧化碳排放量平均為 38.15 公斤/m²-年、每人二氧化碳排放量平均為 1046.85 公斤/人-年；而電梯公寓大廈單位面積二氧化碳排放量平均為 34.80 公斤/m²-年、每人二氧化碳排放量平均為 1136.91 公斤/人-年。由問卷調查統計數據得知：一般公寓在單位面積二氧化碳總排放量較電梯公寓大廈為多、但在每人二氧化碳總排放量部分，一般公寓則較電梯公寓大廈為少（詳表 5-4、圖 5-3 所示）。

表 5-4 建築型態對於總二氧化碳排放量比較表(台北地區)

住宅建築型態	公斤/m ² -年	公斤/人-年
一般公寓	38.15	1046.85
電梯公寓大廈	34.80	1136.91

（資料來源：本研究整理）

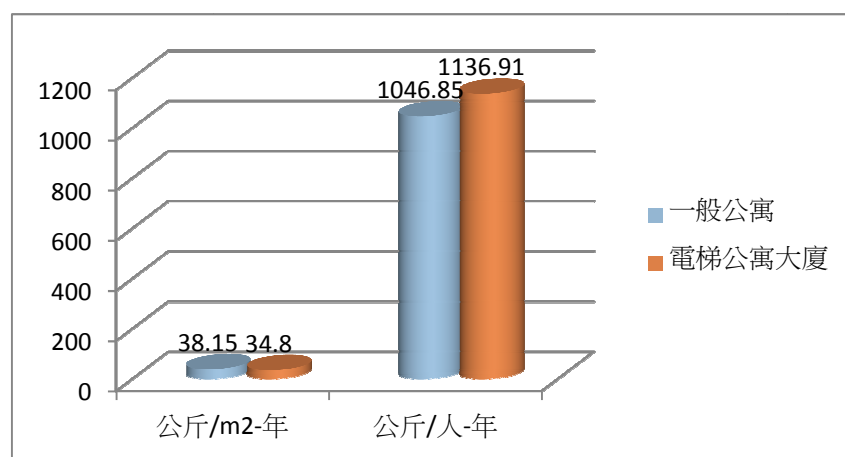


圖 5-3 建築型態對於總二氧化碳排放量比較圖（台北地區）

（資料來源：本研究整理）

在綜合比較部分，如表 5-5、圖 5-4 得知在單位面積二氧化碳排放量部分，一般公寓較電梯公寓大廈為多；但在人均二氧化碳排放量部分，一般公寓則較電梯公寓大廈為少。

表 5-5 建築型態對於二氧化碳排放量比較表(台北地區)

住宅建築型態	電力消費之單位面積二氧化碳排放量 公斤/m ² -年	電力消費之人均總二氧化碳排放量 公斤/人-年	單位面積總二氧化碳排放量 公斤/m ² -年	人均總二氧化碳排放量 公斤/人-年
一般公寓	32.64	895.47	38.15	1046.85
電梯公寓大廈	29.77	972.51	34.80	1136.91

（資料來源：本研究整理）

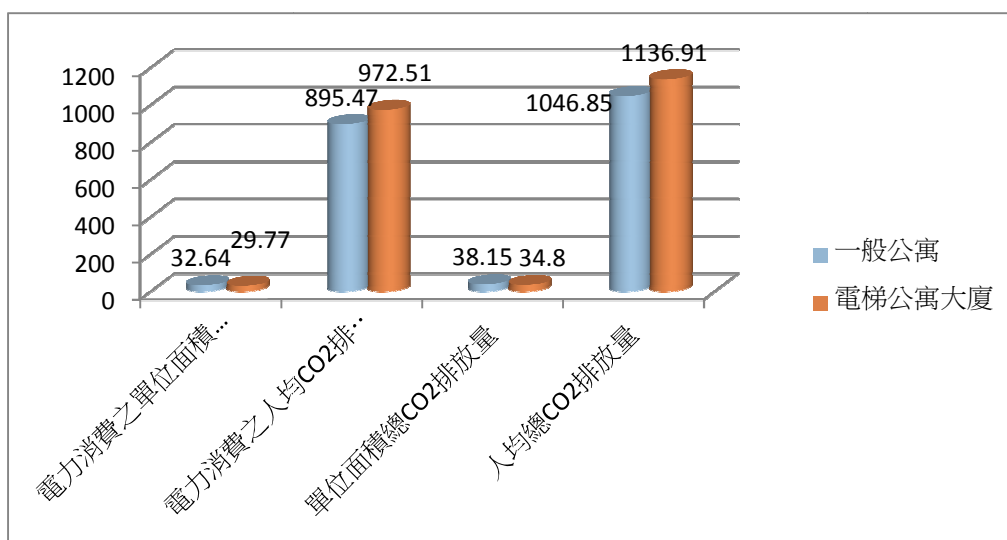


圖 5-4 建築型態對於二氧化碳排放量比較圖(台北地區)

（資料來源：本研究整理）

二、雲林地區

由雲林地區 167 份問卷調查統計中，詳如表 5-6 所示，發現：100 年每戶平均總用電度數為 3416.76 度、單位面積用電量平均為 27.77kwh/m²-年、每人用電量平均為 1346.25kwh/人-年。在電力消費之二氧化碳排放量部分，單位面積二氧化碳排放量平均為 17.22 公斤/m²-年、每人二氧化碳排放量平均為 834.67 公斤/人-年。在考慮燃氣燃燒造成之二氧化碳排放的總二氧化碳排放量部分，單位面積總二氧化碳排放量平均為 20.13 公斤/m²-年、人均二氧化碳總排放量平均為 975.77 公斤/人-年。

表 5-6 雲林地區 CO₂ 排放量與 EUI 調查結果(100 年)

單位面積用電度數 kwh/m ² -年	人均用電度數 kwh/人-年	電力消費之單位面積二氧化碳排放量 公斤/m ² -年	電力消費之人均總二氧化碳排放量 公斤/人-年	單位面積總二氧化碳排放量公斤/m ² -年	人均總二氧化碳排放量公斤/人-年
27.77	1346.25	17.22	834.67	20.13	975.77

(資料來源：本研究整理)

在「住宅建築型態」部分，就雲林地區問卷調查部分，包含：51 件獨立住宅、116 件透天住宅。以下則針對「獨立住宅」與「透天住宅」之用電調查作進一步比較。

51 件獨立住宅的平均樓地板面積為 124.36 m²，平均每戶居住人口數為 2.49 人；116 件透天住宅的平均樓地板面積為 141.47m²，平均每戶居住人口數為 2.82 人。100 年獨立住宅的家戶平均用電度數為 3387.14 度，而透天住宅的家戶平均用電度數為 3429.78 度。因此，在電力消費造成之二氧化碳排放量部分，獨立住宅單位面積二氧化碳排放量平均為 16.74 公斤/m²-年、每人二氧化碳排放量平均為 700.5 公斤/人-年；而透天住宅單位面積二氧化碳排放量平均則為 18.32 公斤

/m²-年、每人二氧化碳排放量平均為 980.64 公斤/人-年。由問卷調查統計數據得知：獨立住宅在單位面積二氧化碳排放量以及每人二氧化碳排放量部分均較透天住宅為少（詳表 5-7、圖 5-5 所示）。

表 5-7 建築型態對於電力消費造成之二氧化碳排放量比較表（雲林地區）

住宅建築型態	公斤/m ² -年	公斤/人-年
獨立住宅	16.74	770.5
透天住宅	18.32	980.64

（資料來源：本研究整理）

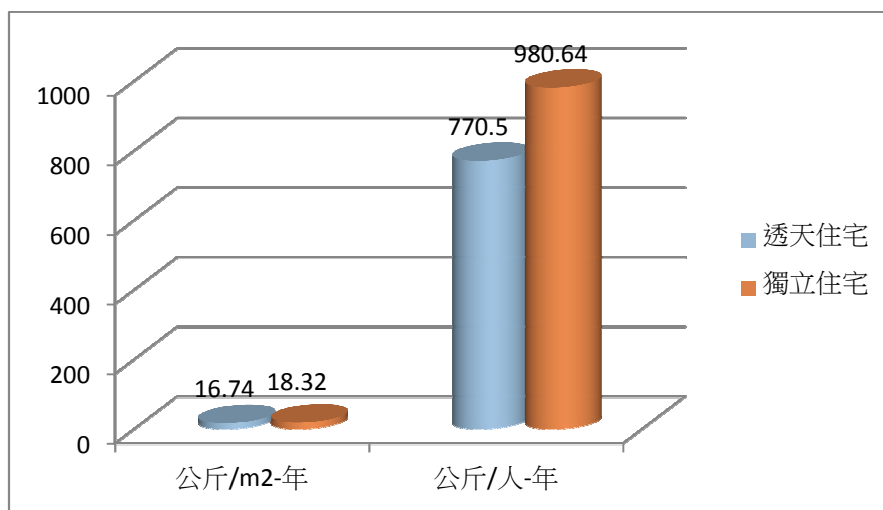


圖 5-5 建築型態對於電力消費造成之二氧化碳排放量比較圖（雲林地區）

（資料來源：本研究整理）

在總二氧化碳排放量的部分，獨立住宅單位面積二氧化碳排放量平均為 19.57 公斤/m²-年、每人二氧化碳排放量平均為 900.75 公斤/人-年；而透天住宅單位面積二氧化碳排放量平均為 21.41 公斤/m²-年、每人二氧化碳排放量平均為 1146.41 公斤/人-年。由問卷調查統計數據得知：獨立住宅在單位面積二氧化碳總排放量以及每人二氧化碳總排放量部分均較透天住宅為少（詳表 5-8、圖 5-6 所示）。

表 5-8 建築型態對於總二氧化碳排放量比較表(雲林地區)

住宅建築型態	公斤/m ² -年	公斤/人-年
獨立住宅	19.57	900.75
透天住宅	21.41	1146.41

（資料來源：本研究整理）

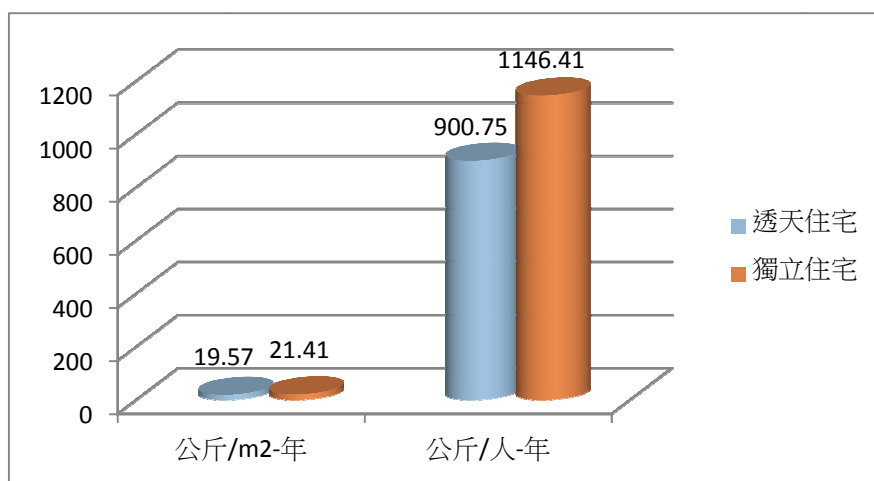


圖 5-6 建築型態對於總二氧化碳排放量比較圖（雲林地區）

（資料來源：本研究整理）

在綜合比較部分，如表 5-9、圖 5-7 得知：獨立住宅在單位面積二氧化碳排放量與二氧化碳總排放量，以及每人二氧化碳排放量與總排放量部分均較透天住宅為少。

表 5-9 建築型態對於二氧化碳排放量比較表(雲林地區)

住宅建築型態	電力消費之單位面積二氧化碳排放量 公斤/m ² -年	電力消費之人均總二氧化碳排放量 公斤/人-年	單位面積總二氧化碳排放量 公斤/m ² -年	人均總二氧化碳排放量 公斤/人-年
獨立住宅	16.74	770.5	19.57	900.75
透天住宅	18.32	980.64	21.41	1146.41

（資料來源：本研究整理）

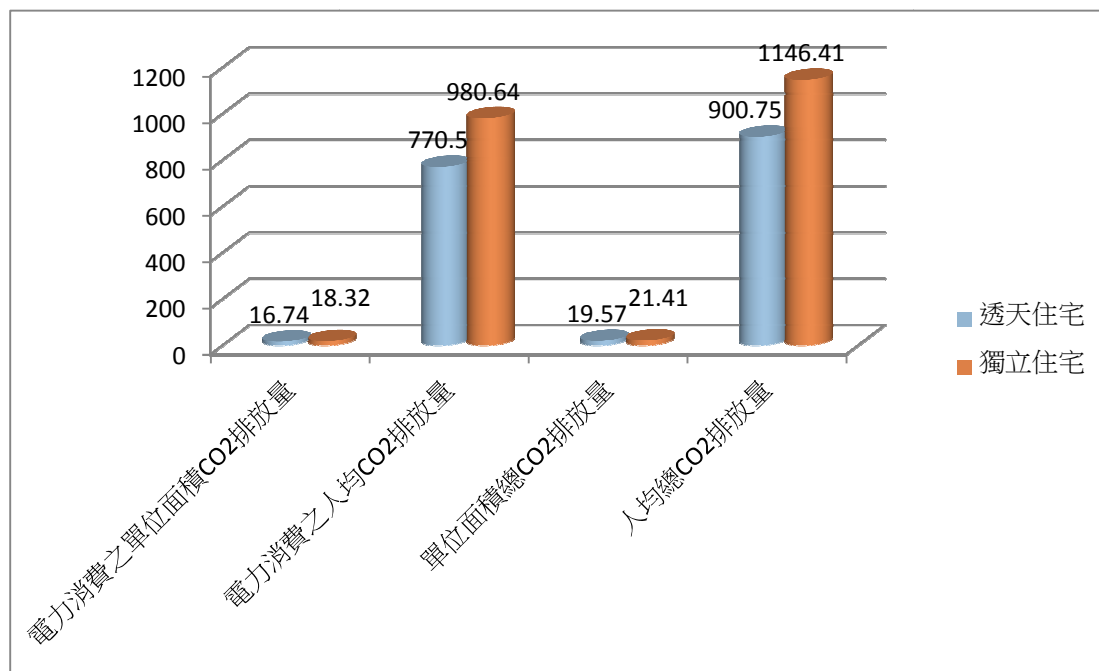


圖 5-7 建築型態對於二氧化碳排放量比較圖(雲林地區)

（資料來源：本研究整理）

三、高雄地區

由高雄地區 1460 份問卷調查統計中，詳如表 5-10 所示，發現：100 年每戶平均總用電度數為 3643.56 度、單位面積用電量平均為 34.50kwh/m²-年、每人用電量平均為 1,274.05kwh/人-年。在電力消費之二氧化碳排放量部分，單位面積二氧化碳排放量平均為 21.39 公斤/m²-年、每人二氧化碳排放量平均為 789.91 公斤/人-年。在考慮燃氣燃燒造成之二氧化碳排放的總二氧化碳排放量部分，單位面積二氧化碳排放量平均為 25.00 公斤/m²-年、每人二氧化碳排放量平均為 923.44 公斤/人-年。

表 5-10 高雄地區 CO₂ 排放量與 EUI 調查結果(100 年)

單位面積用電度數 kwh/m ² -年	人均用電度數 kwh/人-年	電力消費之單位面積二氧化碳排放量 公斤/m ² -年	電力消費之人均總二氧化碳排放量 公斤/人-年	單位面積總二氧化碳排放量 公斤/m ² -年	人均總二氧化碳排放量 公斤/人-年
34.50	1,274.05	21.39	789.91	25.00	923.44

(資料來源：本研究整理)

在「住宅建築型態」部分，就高雄地區問卷調查部分，包含：1239 件電梯公寓大廈、33 件一般公寓、188 件透天住宅。以下則針對「電梯公寓大廈」、「一般公寓」與「透天住宅」之用電調查作進一步比較。

33 件一般公寓的平均樓地板面積為 93.07 m²，平均每戶居住人口數為 2.77 人；1239 件電梯公寓大廈的平均樓地板面積為 122.42 m²，平均每戶居住人口數為 2.68 人；188 件透天住宅的平均樓地板面積為 335.0 m²，平均每戶居住人口數為 4.2 人。100 年一般公寓的家戶平均用電度數為 3948.94 度，電梯公寓大廈未包含公共用電的家戶平均用電度數為 3549.75 度，而透天住宅的家戶平均用電度數為 5432.85 度。因此，在電力消費造成之二氧化碳排放量部分，電梯公寓大廈

未包含公共用電的單位面積二氧化碳排放量平均為 24.87 公斤/m²-年、每人二氧化碳排放量平均為 1057.13 公斤/人-年；一般公寓單位面積二氧化碳排放量平均為 26.72 公斤/m²-年、每人二氧化碳排放量平均為 938.23 公斤/人-年；而透天住宅單位面積二氧化碳排放量平均則為 11.04 公斤/m²-年、每人二氧化碳排放量平均為 810.40 公斤/人-年。由問卷調查統計數據得知：透天住宅在單位面積二氧化碳排放量以及每人二氧化碳排放量部分均較一般大樓及一般公寓為少；一般公寓在單位面積二氧化碳排放量為最高，電梯公寓大廈在每人二氧化碳排放量為三者最高（詳表 5-11、圖 5-8 所示）。

表 5-11 建築型態對於電力消費造成之二氧化碳排放量比較表（高雄地區）

住宅建築型態	公斤/m ² -年	公斤/人-年
電梯公寓大廈	24.87	1057.13
一般公寓	26.72	938.23
透天住宅	11.04	810.40

（資料來源：本研究整理）

在總二氧化碳排放量的部分，一般大樓單位面積二氧化碳排放量平均為 29.08 公斤/m²-年、每人二氧化碳排放量平均為 1235.84 公斤/人-年；一般公寓單位面積二氧化碳排放量平均為 31.23 公斤/m²-年、每人二氧化碳排放量平均為 1096.83 公斤/人-年；而透天住宅單位面積二氧化碳排放量平均為 12.91 公斤/m²-年、每人二氧化碳排放量平均為 947.39 公斤/人-年。由問卷調查統計數據得知：透天住宅在單位面積二氧化碳總排放量以及每人二氧化碳總排放量部分均較一般大樓及一般公寓為少；一般公寓在單位面積二氧化碳總排放量為最高（詳表 5-12、圖 5-9 所示）。

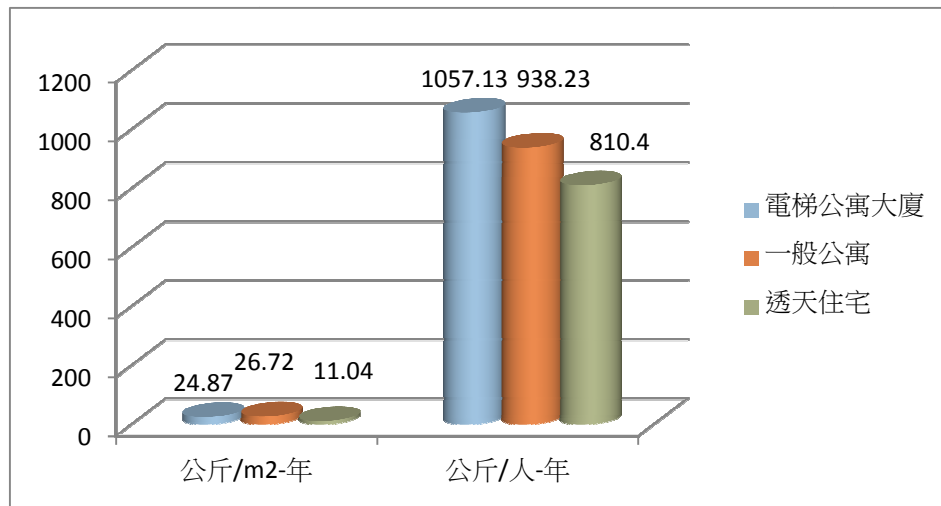


圖 5-8 建築型態對於電力消費造成之二氧化碳排放量比較圖（高雄地區）

（資料來源：本研究整理）

表 5-12 建築型態對於總二氧化碳排放量比較表(高雄地區)

住宅建築型態	公斤/m ² -年	公斤/人-年
電梯公寓大廈	29.08	1235.84
一般公寓	31.23	1096.83
透天住宅	12.91	947.39

（資料來源：本研究整理）

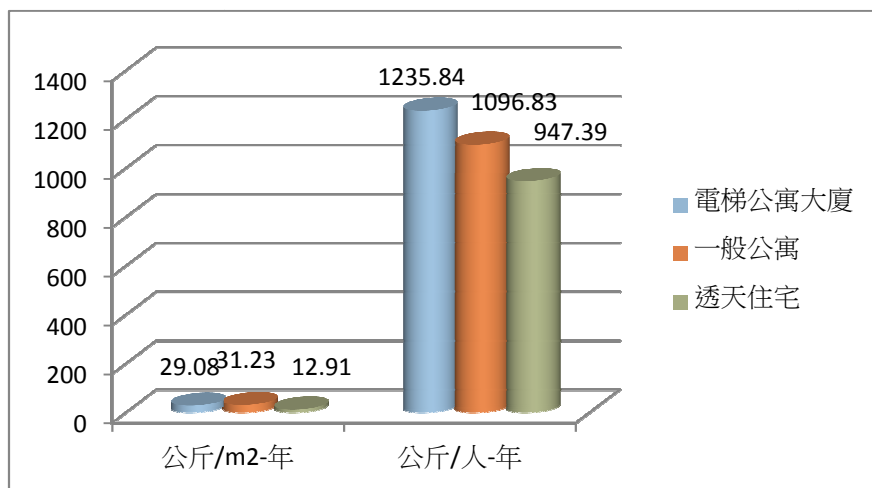


圖 5-9 建築型態對於總二氧化碳排放量比較圖（高雄地區）

（資料來源：本研究整理）

在綜合比較部分，如表 5-13、圖 5-10 得知：透天住宅在單位面積二氧化碳排放量與二氧化碳總排放量，以及每人二氧化碳排放量與總排放量部分均較一般大樓及一般公寓為少；一般公寓在單位面積二氧化碳排放量與二氧化碳總排放量，以及每人二氧化碳排放量與總排放量均為最高。

表 5-13 建築型態對於二氧化碳排放量比較表(高雄地區)

住宅建築型態	電力消費之單位面積二氧化碳排放量 公斤/m ² -年	電力消費之人均總二氧化碳排放量 公斤/人-年	單位面積總二氧化碳排放量 公斤/m ² -年	人均總二氧化碳排放量 公斤/人-年
一般大樓	24.87	1057.13	29.08	1235.84
一般公寓	26.72	938.23	31.23	1096.83
透天住宅	11.04	810.40	12.91	947.39

（資料來源：本研究整理）

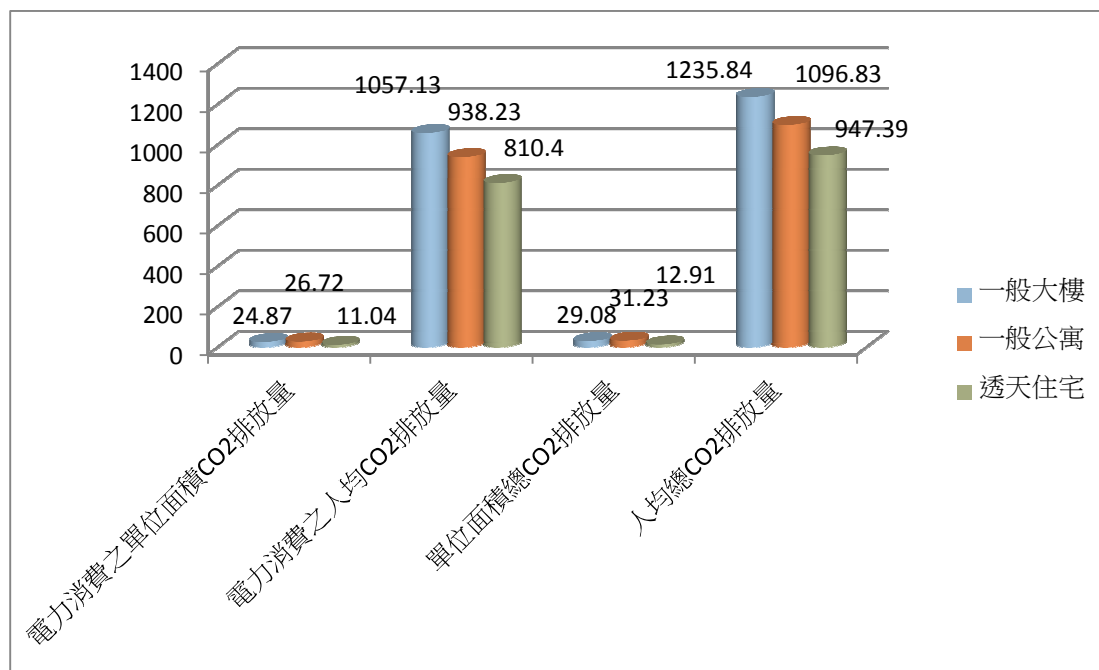


圖 5-10 建築型態對於二氧化碳排放量比較圖(高雄地區)

(資料來源：本研究整理)

第三節 調查結果綜合比較

以下則針對各地區之電力消費之單位面積與人均二氧化碳排放量以及單位面積與人均總二氧化碳排放量作比較；進而再進行各地區住宅建築型態在電力消費之單位面積與人均二氧化碳排放量以及單位面積與人均總二氧化碳排放量之分析，詳述如下：

在電力消費造成之二氧化碳排放量部分，台北地區單位面積二氧化碳排放量平均為 30.40 公斤/m²-年、每人二氧化碳排放量平均為 980.18 公斤/人-年，為三個區域中最高；其次為高雄地區、最低則為雲林地區。但此三地區，均較能源局總二氧化碳排放量平均值為低（詳表 5-14、圖 5-11 所示）。

表 5-14 各地區電力消費造成之二氧化碳排放量比較表

地區	電力消費之單位面積二氧化碳排放量 公斤/m ² -年	電力消費之人均總二氧化碳排放量 公斤/人-年
台北	30.4	980.18
雲林	17.22	834.67
高雄	23.82	897.60
能源局	31.6	1415.6

（資料來源：本研究整理）

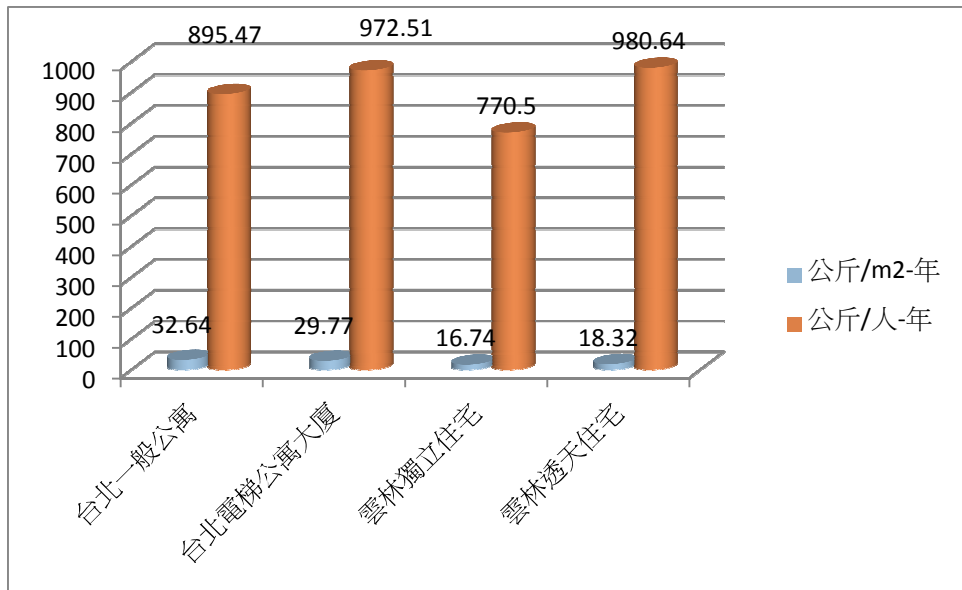


圖 5-11 各地區電力消費造成之二氧化碳排放量比較圖

(資料來源：本研究整理)

在總二氧化碳排放量的部分，台北地區單位面積二氧化碳排放量平均為 33.52 公斤/m²-年、每人二氧化碳排放量平均為 1124.41 公斤/人-年，為三個區域中最高；其次則為高雄地區單位面積二氧化碳排放量平均為 27.84 公斤/m²-年、高雄地區每人二氧化碳排放量平均為 1049.33 公斤/人-年；最低者為雲林地區單位面積二氧化碳排放量平均為 20.13 公斤/m²-年、雲林地區每人二氧化碳排放量平均為 975.77 公斤/人-年。此三地區，以雲林、高雄較能源局平均值為低；而台北統計數據較能源局略高（詳表 5-15、圖 5-11 所示）。

表 5-15 各地區總二氧化碳排放量比較表

地區	單位面積總二氧化碳排放量 公斤/m ² -年	人均總二氧化碳排放量 公斤/人-年
台北	35.54	1145.87
雲林	20.13	975.77

地區	單位面積總二氧化碳排放量 公斤/m ² -年	人均總二氧化碳排放量 公斤/人-年
高雄	27.84	1049.33
能源局	31.6	1415.6

（資料來源：本研究整理）

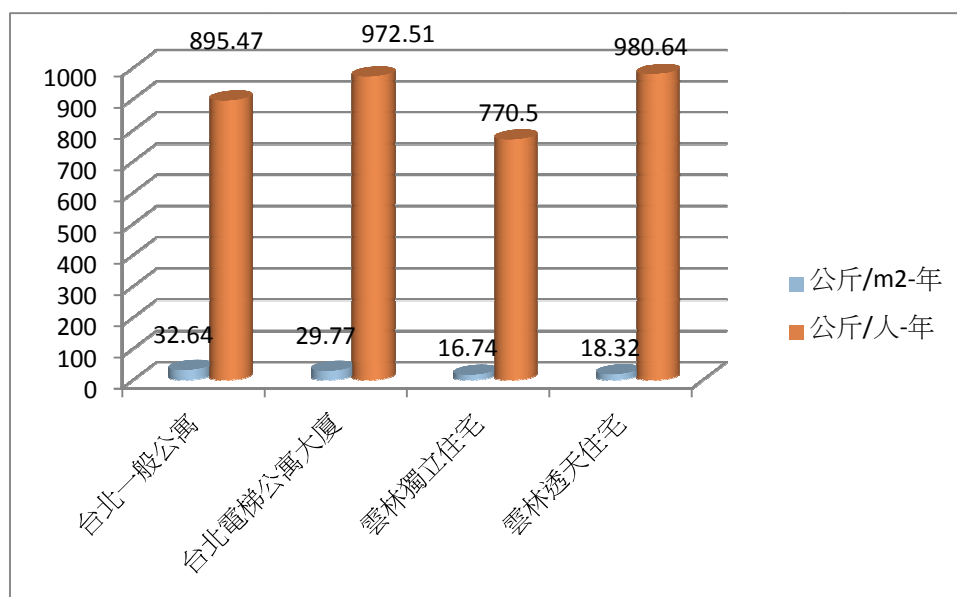


圖 5-12 各地區總二氧化碳排放量比較圖

（資料來源：本研究整理）

由台北、雲林、高雄各住宅建築型態在電力消費造成之二氧化碳排放量數據之綜合比較，可發現唯有台北地區的「一般公寓」單位面積二氧化碳排放量平均為 32.64 公斤/m²-年，較能源局平均值為高；其餘數值均較能源局平均值為低。而在每人二氧化碳排放量平均值部分均較能源局平均值為低，其中以高雄地區的「電梯公寓大廈」最高，每人二氧化碳排放量平均為 1057.13 公斤/人-年（詳表 5-16、圖 5-13 所示）。

表 5-16 電力消費造成之二氧化碳排放量比較表

地區	住宅建築型態	電力消費之單位面積 二氧化碳排放量 公斤/m ² -年	電力消費之人均總二 氧化碳排放量 公斤/人-年
台北	一般公寓	32.64	895.47
	電梯公寓大廈	29.77	972.51
雲林	獨立住宅	16.74	770.5
	透天住宅	18.32	980.64
高雄	電梯公寓大廈	24.87	1057.13
	一般公寓	26.72	938.23
	透天住宅	11.04	810.40
能源局		31.6	1415.6

(資料來源：本研究整理)

由台北、雲林、高雄各住宅建築型態在總二氧化碳排放量數據之綜合比較，可發現：台北地區的「一般公寓」及「電梯公寓大廈」單位面積二氧化碳排放量較能源局平均值為高；其餘數值均較能源局平均值為低。而在每人二氧化碳排放量平均值部分均較能源局平均值為低（詳表 5-17、圖 5-14 所示）。

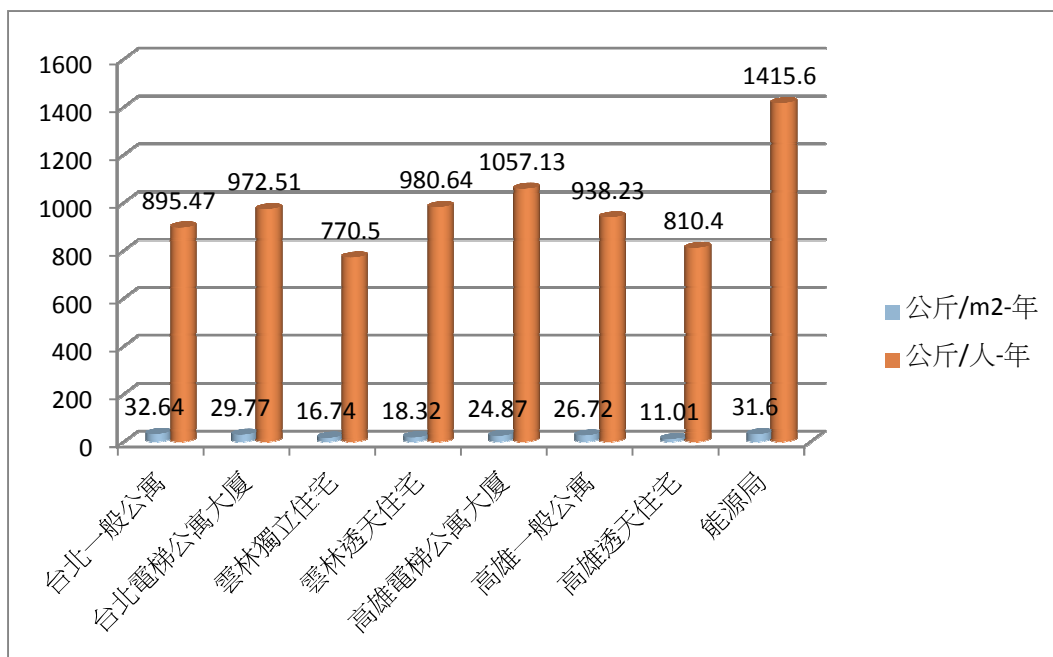


圖 5-13 電力消費造成之二氧化碳排放量比較圖

（資料來源：本研究整理）

表 5-17 總二氧化碳排放量比較表

地區	住宅建築型態	單位面積總二氧化碳排放量 公斤/m ² -年	人均總二氧化碳排放量 公斤/人-年
台北	一般公寓	38.15	1046.85
	電梯公寓大廈	34.80	1136.91
雲林	獨立住宅	19.57	900.75
	透天住宅	21.41	1146.41
高雄	電梯公寓大廈	29.08	1235.84
	一般公寓	31.23	1096.83

地區	住宅建築型態	單位面積總二氧化碳排放量 公斤/m ² -年	人均總二氧化碳排放量 公斤/人-年
	透天住宅	12.91	947.39
能源局		31.6	1415.6

(資料來源：本研究整理)

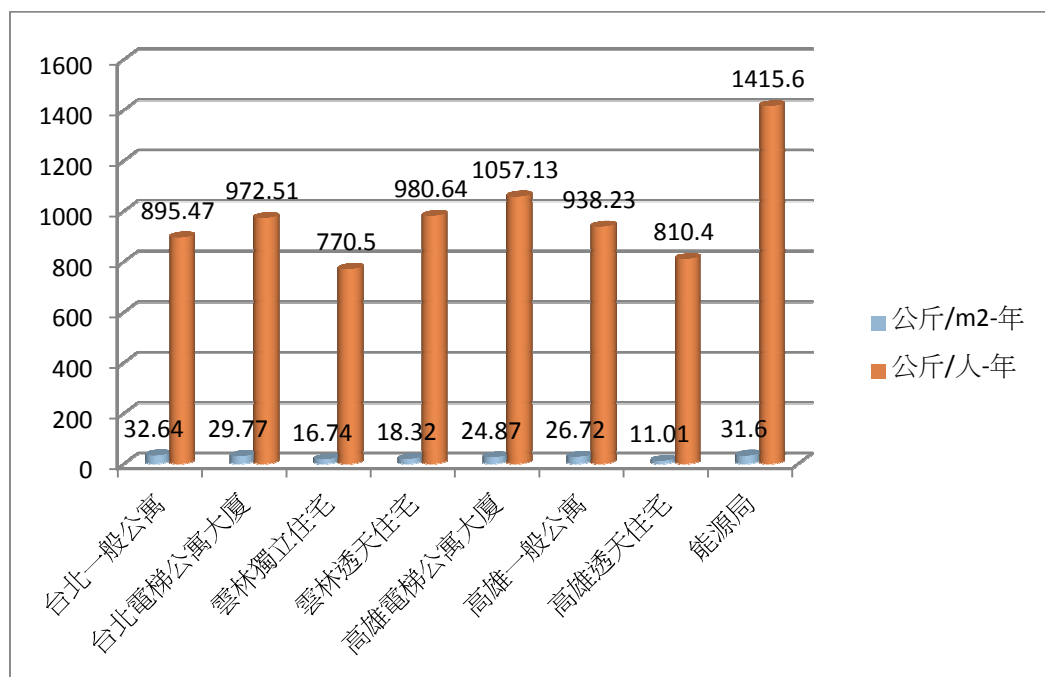


圖 5-14 總二氧化碳排放量比較圖

(資料來源：本研究整理)

第四節 我國住宅建築 CO₂ 排放推估模式

本研究計畫依據第三章之文獻分析與採用碳排放度量指標(CCM)之住宅建築 CO₂ 排放調查數據發展住宅建築 CO₂ 排放推估模式。本研究認為利用 MARKAL 與 TaiSEND 模型對於國家能源政策與 CO₂ 排放推估方面可以做完整的因素考量，但是所涉及之輸入參數眾多且複雜。因此，本研究計畫參考日本的 MACRO 模式，同時加入以碳排放度量指標(CCM)所獲得之住宅建築 CO₂ 排放現況，發展如圖 5-15 所示之住宅建築 CO₂ 排放推估模式架構。推估模式架構共分為三部分，首先是以碳排放度量指標(CCM)所建立之住宅建築 CO₂ 排放資料庫。第二部份為住宅建築能源使用現況推估模型。此現況推估模式主要是依據住宅建築 CO₂ 排放歷史資料預測下一年的 CO₂ 排放量，推估模式由前節之分析可知，採用十年移動平均模式並不能立即反映出節能政策所造成之 CO₂ 排放量降低效益。根據主計處總體經濟計量模型的運用文獻分析顯示在一個經濟計量模型中，除了內生變數和外生變數外，尚有政策變數。內生變數是由模型運作之後，所決定的，外生變數卻不是。因此，在進行估測時，無論外生變數或政策變數，均需加以估計。常用的幾種方法為：(1)順勢推延法，(2) ARMA 模式。若 CO₂ 排放量的時間序列含有強烈的趨勢，便可利用 CO₂ 排放量的時間序列的趨勢值，作為未來的預測值。趨勢值又可分算術直線趨勢、拋物線趨勢和對數直線趨勢。而自回歸移動平均模型（Autoregressive moving average model，ARMA 模型）是研究時間序列的重要方法，由自回歸模型（簡稱 AR 模型）與滑動平均模型（簡稱 MA 模型）為基礎「混合」構成。在市場研究中常用於長期追蹤資料的研究等，例如政府消費支出它是由政府決定的。由觀察過去的時間序列，也會發現它本身變動的態勢，我們利用這個態勢的特點加以估測。因為政府預算之編製是在預算執行的前一年，當我們估測政府預算時，我們會聯想到它與去年預算的關係，或它與國內生產毛額的關係，如果發現兩者之間的關係比較密切，我們就可利用此關係估測之。因此本研究計畫採用 ARIMA 模型作為住宅建築 CO₂ 排放量現況推估模型。第三部分為預估情境設定。此情境設定包含政策推動、使用者行為改變、設備效率提升與未來 CO₂ 排放因子等參數，進而估算上述情境所造成之次

年住宅建築 CO₂ 排放減少或增加改變量。最後將第二部份之現況推估值與情境推估值結合而成住宅建築 CO₂ 排放預測值。

步驟 1：設定節能減碳情境與預測年度住宅建築 CO₂ 目標值

步驟 2：由住宅建築 CO₂ 排放資料庫推估未來住宅建築 CO₂ 排放量

步驟 3：依照情境以建築能耗模擬軟體推估未來建築物用電減少量

步驟 4：依照情境推估未來建築物的燃氣使用減少量

步驟 5：依照情境以未來 CO₂ 排放因子計算住宅建築 CO₂ 排放預測值

步驟 6：重複步驟 1 進行下一年的住宅建築 CO₂ 排放量推估

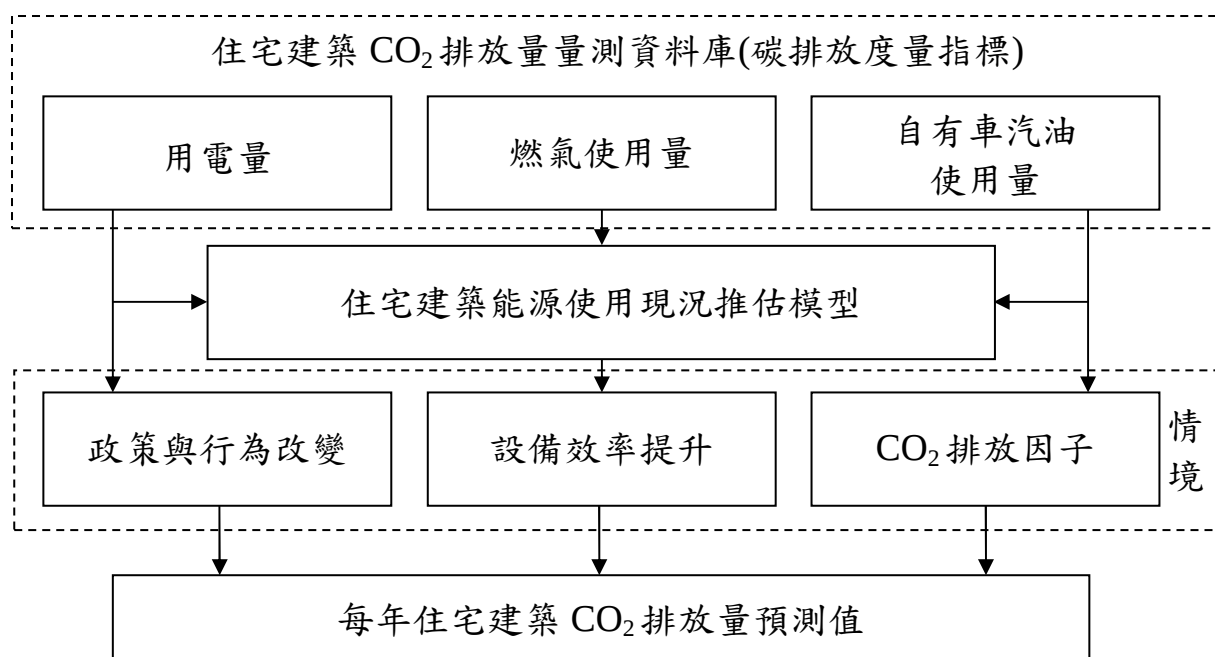


圖 5-15 住宅建築 CO₂ 排放推估模式架構

(資料來源：本研究整理)

有關我國住宅部門 CO₂ 排放量 BAU 推估的文獻中，多是以住宅部門燃料燃燒 CO₂ 排放歷史數據配合能源需求或人口成長趨勢進行推估。呂文弘(2011)曾由行政院節能減碳推動會秘書處依我國燃料燃燒 CO₂ 排放統計與分析資料，以住

宅部門燃料燃燒 CO₂ 排放歷史數據（2000 年至 2009 年）進行 1 次線性推估住宅部門 2020 年及 2025 年 CO₂ 排放量 BAU（圖 5-16）。

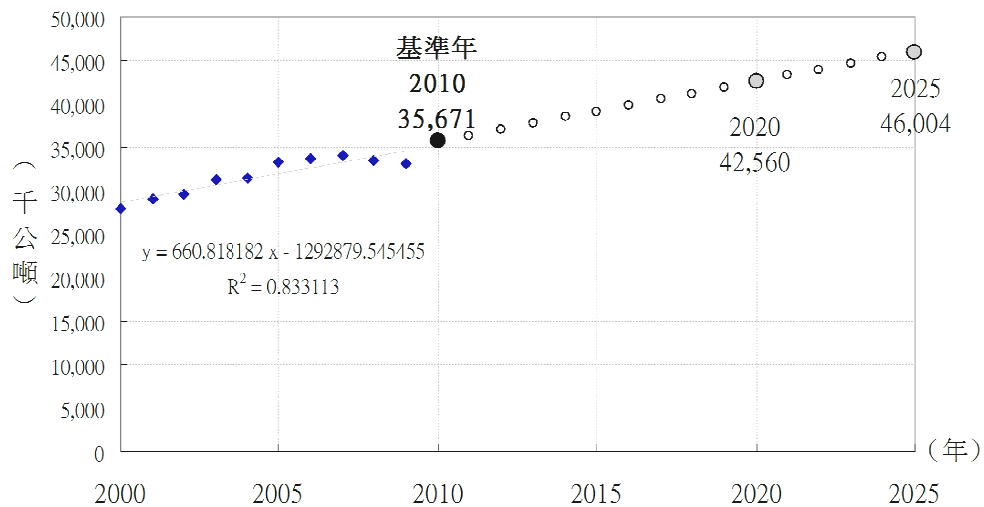


圖 5-16 住宅部門燃料燃燒 CO₂ 排放量推估

（資料來源：呂文弘，2011）

惟經檢視前揭線性推估結果，顯與住宅部門燃料燃燒 CO₂ 排放歷史數據趨勢不一致；故呂文弘(2011)再以台電公司表燈非營業用戶 2000 年至 2010 年售電量，推估住宅用電成長率（2 次迴歸）（如圖 5-17 所示），再轉換推算住宅部門 2011 年至 2025 年之燃料燃燒 CO₂ 排放量 BAU，2020 年預估排放量為 39.3 百萬公噸，2025 年為 42.6 百萬公噸。（圖 5-18）

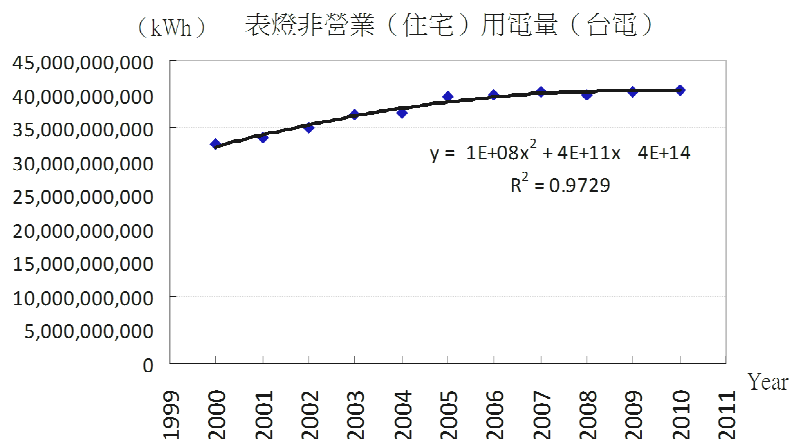


圖 5-17 台電公司表燈非營業用戶 2000 年至 2010 年售電量分析

（資料來源：呂文弘，2011）

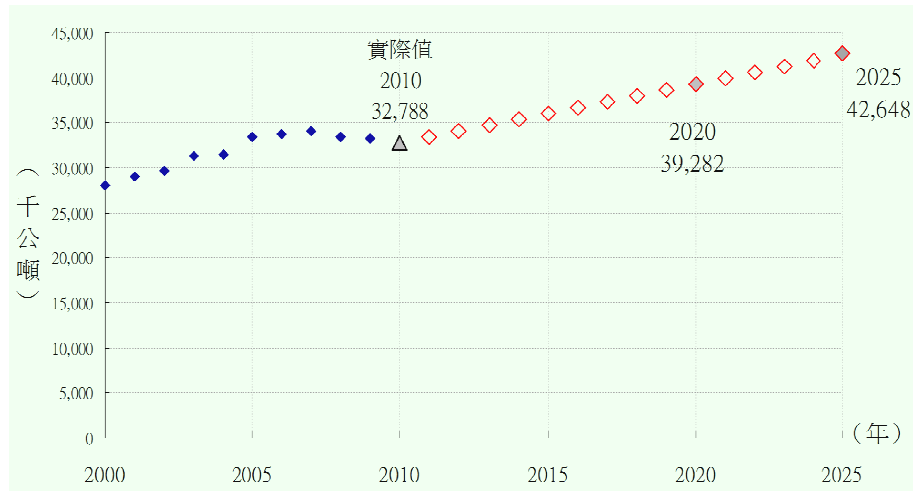


圖 5-18 住宅部門燃料燃燒 CO₂ 排放量推估

(資料來源：呂文弘，2011)

此外，呂文弘(2011)再針對其他可能影響住宅部門 CO₂ 排放量之因子進行分析，包括我國 GDP、人均 GDP、台灣地區人口數、台灣地區戶數、台電住宅售電量及住宅用電戶數等，經統計分析顯示，住宅部門 CO₂ 排放量仍以台電住宅售電量影響最大，人均 GDP 亦有一定程度影響，爰以 2011 年至 2025 年人均 GDP 及台電表燈非營業用戶售電量預測值，回歸推估住宅 CO₂ 排放量 BAU，除 2011 年較 2010 年成長 3.94% 外，2012 年至 2025 年間，各年較前一年呈現 1.62% 至 -1.19% 的成長率變動。(圖 5-19)。

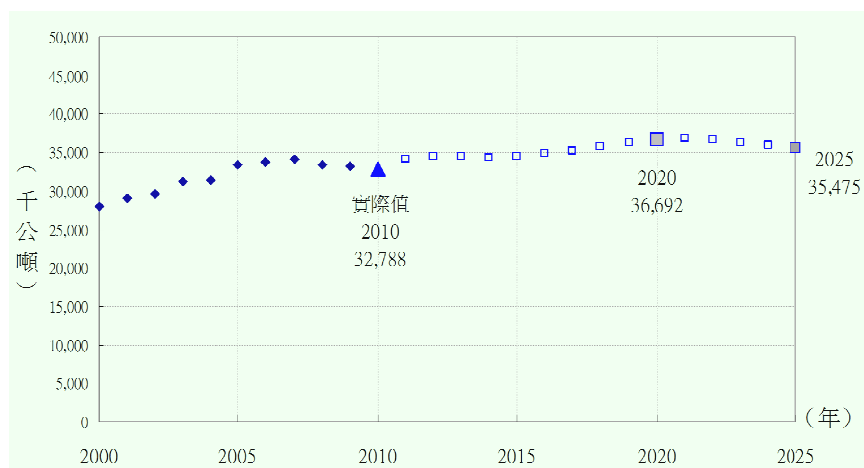


圖 5-19 住宅部門燃料燃燒 CO₂ 排放量推估

(資料來源：呂文弘，2011)

再者，國科會委託美商麥肯錫公司執行之「台灣溫室氣體減量進程與綠能產業發展政策之基礎研究」計畫，係以台灣住宅部門人均能源需求每年 0.87% 的速度平緩成長趨勢，以及台灣地區人口至 2025 年之平均年成長率為 0.08% 之中推估結果，進行住宅部門能源需求推估，至 2025 年將呈現平均成長率為 0.94% 的極緩成長（圖 5-20）。

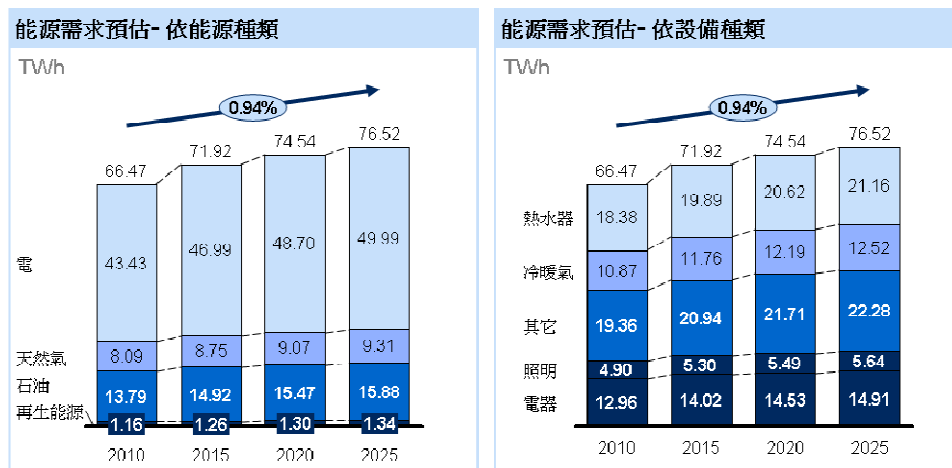


圖 5-20 美商麥肯錫公司推估住宅部門能源需求推估說明

（資料來源：呂文弘，2011）

本研究以上述碳排放度量指標(CCM)所獲得之住宅建築 CO₂ 排放歷史資料庫，利用時間序列 ARIMA 模型推估未來住宅建築 CO₂ 排放量。ARIMA 模型試時間序列中最為常用的模型，也稱為 Box-Jenkins 模型，或稱為帶差異的自回歸移動平均模型。ARIMA 模型包含三個主要參數：自迴歸係數(p)、差異階數(d)和移動平均階數(q)，此三個參數之決定必須對參數進行估計及假設檢定，並對模型的殘差序列做診斷分析，以判斷模型的合理性。

表 5-18 是 ARIMA(1,1,1)模型的參數估計結果，從 t 統計量的顯著性可知參數對於模型的顯著性都非常高。再者，殘差序列的自相關(ACF)和偏自相關(PACF)圖形都未出現顯著的趨勢特徵(如拖尾或截尾)，故可判斷利用 ARIMA(1,1,1)模型來推估未來住宅建築 CO₂ 排放量 BAU 適當的。

表 5-18 ARMIA 模型參數輸出

	估計	SE	t 統計量	顯著性
AR(p=1)	0.966	0.047	20.659	0.000
差異(d=1)	1			
MA(q=1)	0.628	0.224	2.803	0.012

(資料來源：本研究整理)

圖 5-21 為使用 ARIMA(1,1,1)模型以 1990~2010 年台灣住宅建築 CO₂ 排放量為歷史數據進行 2011~2030 年之台灣住宅建築 CO₂ 排放量推估。ARIMA 模型預測結果顯示 2015 年預估排放量為 32.4 百萬公噸，2020 年預估排放量為 32.5 百萬公噸，2025 年為 33.0 百萬公噸，2030 年為 34.1 百萬公噸。ARIMA 模型之預測結果與呂文弘(2011)以人均 GDP 及台電表燈非營業用戶售電量預測值，回歸推估住宅 CO₂ 排放量 BAU 之結果接近。由於 2008~2011 年的住宅建築 CO₂ 排放量呈現下降的趨勢，因此 ARIMA 模型在以過去數據進行參數估算時，對於高階自迴歸係數不是特別顯著，因此推估的 CO₂ 排放量並未如美商麥肯錫公司以台灣住宅部門人均能源需求以及台灣地區人口平緩成長趨勢推估結果或是呂文弘(2011)以線性迴歸公式之推估結果來得大。

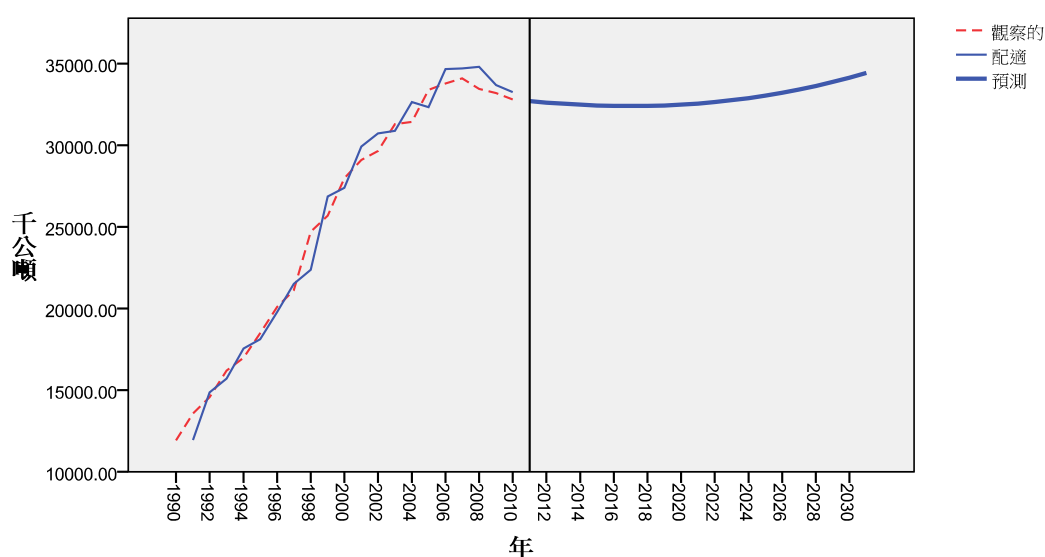


圖 5-21 住宅部門能源需求推估

(資料來源：本研究整理)

第六章 結論與建議

第一節 結論

本研究計畫已透過收集國內住宅與建築耗能相關調查研究文獻完成比較與分析，從中彙整相關調查研究文獻之研究成果與特點。本研究並進一步針對台灣現有能源模型：MARKAL 與 TaiSEND 模型、日本 MACRO 模型以及本研究計畫採用之碳排放度量指標(Common Carbon Metric)進行探討與比對。再者，本研究現階段已建立適合台灣之碳排放度量指標(Common Carbon Metric)計算方法，並且亦完成台灣整體之住宅類建築碳排放度量指標。本研究計畫完成之工作項目計有：

1. 完成國內住宅與建築耗能相關調查研究文獻比較與分析。
2. 比對國內住宅與建築耗能相關調查研究文獻，完成住宅類建築二氧化碳排放與EUI解析數據之差異因素分析。
3. 完成能源模型：MARKAL、TaiSEND模型、日本MACRO模型與碳排放度量指標(Common Carbon Metric)之比較。
4. 建立適合台灣之碳排放度量指標(Common Carbon Metric)計算方法，並且由相關住宅類建築二氧化碳排放調查數據，完成台灣地區住宅類建築「自上而下」模式之二氧化碳排放量。
5. 以兩個都市與一個鄉村為例，利用碳排放度量指標完成台灣住宅類建築「由下而上」二氧化碳排放量調查。
6. 建立住宅建築CO₂推估模式之架構，未來可供將二氧化碳減量目標導入後，針對整合模式中CO₂排放之因素進行預測，分析減量目標對住宅類建築二氧化碳排放量的變化。

本研究計畫所獲致之結論如下：

1. 本研究計畫依照文獻資料的整理與分析，整理出一般預測建築部門的能耗與CO₂排放量的方法分為：(1) 建築能耗電腦模擬模式；(2) 簡化回歸公式；(3) 認證評估工具；(4) 實際建築能耗量測。同時，研究團隊完成國內外能源與CO₂排放與減量分析模型與工具模型：MARKAL、TaiSEND模型、日本MACRO模型與碳排放度量指標(Common Carbon Metric)之比較與分析。分析結果顯示MARKAL與TaiSEND模型在預測能源需求與CO₂排放量上需要較多且複雜的參數設定，日本MACRO模型是專門針對建築CO₂排放量預測之模型。
2. 在彙整分析住宅（建築）用電與其他能源需求、成長趨勢與影響因子部分，本研究計畫規劃住宅類建築CO₂排放量評估因子共分成三層。第一層為目標層(Goal Level)，為推估住宅類建築CO₂排放量之最終目標；第二層為標的層(Objective Level)，分成四個評估構面，包括地理面、國家面、社會面與家庭面；在第三個層面部分的評估準則包含地理位置(東、西、南、北部、離島)、地理型態(平地、沿海、山區)、法規限制(提升外殼性能、綠建築)、補助獎勵(節能設備補助、再生能源獎勵)、社區型態(都市、鄉村)、住宅型態(獨立住宅、連棟透天、公寓、大廈)、家庭組成(高齡家庭、單身家庭、隔代家庭、核心家庭)、生活模式(年齡、教育、職業別)等次評估準則。
3. 本研究計畫蒐集比對國內住宅與建築耗能相關調查研究文獻，並比較EUI解析數據之差異性。比對之結果顯示相關文獻之EUI解析數據之差異大多在於樣本數、取樣範圍以及分析的年份之差異。
4. 本研究計畫利用碳排放度量指標(CCM)方法完成台灣住宅類建築「自上而下」模式與高雄、台北與雲林之「由下而上」模式之二氧化碳排放量調查。調查結果顯示鄉村(雲林)的單位面積或人均二氧化碳排放

量均小於都市區域(高雄、台北)。而就建築類型而言，公寓的二氧化碳排放量>一般大樓(未考慮公共用電)的二氧化碳排放量>透天獨立住宅的二氧化碳排放量。「由下而上」模式之二氧化碳排放量調查可顯示出地理位置、社區型態以及住宅型態等三個影響因子對於二氧化碳排放量之影響，其中以住宅型態對二氧化碳排放量之影響最為顯著，。然而對於生活模式與設備型態對於二氧化碳排放量之影響評估不在碳排放度量指標(CCM)方法之範圍內。

5. 住宅建築 CO₂ 排放推估模式架構應包含住宅建築 CO₂ 排放歷史資料庫，住宅建築能源使用現況推估模型以及預估情境設定等三部分。在住宅建築 CO₂ 排放歷史資料庫部分利用碳排放度量指標(CCM)所獲得之逐年住宅建築 CO₂ 排放量資料是住宅建築 CO₂ 排放推估模式最基礎也最重要的部分，此資料庫之數據影響使用現況推估模型以及預估情境設定之預測推估結果。再者，本研究計畫以碳排放度量指標(CCM)方法完成台灣住宅類建築「自上而下」模式之數據，配合時間序列模式推估2030年住宅部門CO₂排放基線(BAU)。

第二節 建議

建議一

本研究計畫以碳排放度量指標方法完成台灣住宅類建築之二氧化碳排放量調查，並據此建立住宅部門CO₂排放推估基線(BAU)，可提供作為我國住宅部門節能減碳分析之基礎：立即可行建議

主辦機關：行政院節能減碳推動會

協辦機關：內政部建築研究所、台灣電力公司

本研究計畫以碳排放度量指標方法完成台灣住宅類建築「自上而下」模式與高雄、台北與雲林之「由下而上」模式之二氧化碳排放量調查，調查結果顯示當調查樣本數越多時，「自上而下」模式與「由下而上」模式會趨近一致。而且利用「由下而上」模式調查之結果可以進一步反映出不同氣候條件、方位以及建築型態之二氧化碳排放量的差異。所完成至 2030 年住宅部門 CO₂ 排放推估基線(BAU)，可提供作為我國住宅部門節能減碳分析之基礎及住宅節能策略規劃之參據。

建議二

建議參考本研究完成之住宅建築 CO₂ 排放推估模式之架構，持續規劃辦理住宅類建築CO₂調查與比較驗證研究：中長期建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：台灣建築學會、中華經濟研究院

本研究計畫已結合碳排放度量指標方法以及日本 MACRO 模型，建立住宅建築 CO₂ 推估模式之架構，可提供相關研究單位賡續辦理住宅類建築二氧化碳排放調查與推估研究之參考。

附錄一 問卷調查空白表

住宅類建築耗能現況之問卷調查

先生／小姐，您好：

這是一份學術性研究，主題為「住宅類建築二氧化碳排放」，研究之目的主要在瞭解各類住宅建築的二氧化碳排放與能源使用現況。煩請協助填答，期望獲得您寶貴的意見。本問卷所有資料僅做為學術研究之用，請您安心填寫，您的寶貴意見對本研究將有重大的影響，因此由衷期盼您的全力協助。最後，誠摯感謝您百忙之中能撥冗填寫問卷。

敬頌 業祺

財團法人台灣建築中心，國立成功大學

計畫主持人：林杰宏、曾俊達、李訓谷

敬啟

住宅耗能現況調查表		
◆住宅及家戶 基本資料		
項目	填答資料	備註
住宅所在地址		
住宅建築完成年期	民國_____年	
住宅建築型態	☐ 1.電梯公寓大廈 ☐ 2.一般公寓 ☐ 3.透天住宅 ☐ 4.獨立住宅	
住宅面積 (m ²)		1 坪=3.3m ²
住宅所在樓層	樓 / 樓 (總樓層數)	居住/整棟，如 【3 樓/7 樓】
總居住人數 (非設籍人口數)	☐ 1 人 ☐ 2 人 ☐ 3 人 ☐ 4 人 ☐ 5 人 或 _____人	
◆住宅用電資料 (查詢說明：電費單及台電網站)		
家戶電表號 (11 碼)	- - - -	如 「00-05-2698-11-5」

填表人：

電話：

E-MAIL：

本問卷調查聯絡人：

國立成功大學 胡善晴研究助理

電話：06-2757575 轉 62159 分機 13

e-mail 回傳：f2257212@ms47.hinet.net, sklee@stu.edu.tw

地址：台南市大學路 1 號自強校區機械系館 91404

附錄二 期初評選會議意見及回應表

項次	審查委員意見	廠商回應
1	1.住宅建築區位、類別、價格及使用差異等，如何反映在通案的推估模式，或如何調整，請加強說明。 2.研究過程中，如發現哪一階段或哪一類型住宅之 CO₂ 排放量較不合理，亦請彈性提出因應對策、法令或配套措施之建議，俾利政策規劃參考。	1.本案研究將針對不同建築類型用電耗能與排碳量進行調查作業。 2.未來研究成果將依計畫進程與研究項目逐步檢討調整，以對應住宅建築節能政策措施或法規研修之需。
2	1.本案研究方法之（一）文獻分析法所提及參考 ISO15686-5 生命週期各階層級分析項目之規範，可否說明其意義，在本案之應用方式為何？ 2.研究成果將提出之模型或推估模式可能型式為何？建議發展成圖形介面，俾利數據輸入與運算自動化，並應有驗證的步驟，以增公信力。 3.簡報內容請詳細補充於服務建議書中。	1.本研究僅係參考 ISO15686-5 的層級架構，作為建築權生命週期排碳量的分析基礎。 2.未來推估模型之研究成果，將以圖形介面呈現，並加強驗證。 3.簡報內容將補充於服務建議書中。
3	1.本研究對於我國碳排減量與控制之政策研擬，極具重要性。投標廠商現階段國內外相關文獻蒐集完備，值得肯定。 2.本研究之住宅排碳量推估精確度，可能困難點在於住宅之新建與拆除耗能、建築類型及資料蒐集量有關，亦請納入評估探討。	1.感謝委員肯定與支持。 2.新建建築物排碳量相對於建築生命週期總排碳量的比例，將納入計畫詳予評估。 3.有關評估各項節能政策對住宅排碳量影響的建議，將納入本研究審慎辦理。

	3.未來能源使用推估與未來技術進展及使用行為有關，建議進一步關注。 4.本研究採用都市鄉村各 1 案例之調查驗證是否足夠？建議再考量。	4.有關驗證案例部分，將進行城市與鄉村住宅各 1 案排碳量調查，並與其他城市比對分析。
4	住宅建築類型不同恐會影響其 CO₂ 排放量，如透天、公寓及住宅大樓（有電梯、公共設施、活動中心、游泳池等）；另居住人口（老年人、上班族...）、區位亦會影響居家用電、用水、瓦斯用量等，本研究如何針對推估模式選取樣本進行驗證？	本研究除將選定 1 個城市與 1 個鄉村住宅個案進行排碳量調查外，並將進一步與其他城市比對驗證其差異。
5	1.建議本研究前期應先蒐集比對國內住宅與建築耗能相關調查研究文獻（如成大研究團隊與經濟部能源局等），並比較 EUI 解析數據之差異性，俾能作為本案推估模式發展與驗證之基礎。 2.建議本研究應特別強化推估模型之驗證，以提高研究成果可信度與應用性。	1.遵照委員建議，將優先收集比較國內住宅建築 EUI 研究分析結果，於本計畫中重新進行評估，強化模式驗證作業。 2.服務建議書所附計畫主持人歷年主持研究之學經歷資料不一致部分係誤繕，業已於服務建議書中更正，並附相關經驗佐證資料。

附件三 期中審查會議意見及回應表

審查意見	廠商回應
中華民國全國建築師公會（陳建築師俊芳）	
1.住宅建築之 CO ₂ 排放量以電力占大部分，但目前問卷內容僅調查用電量，建議增列電器設備種類、數量、建築物方位別，以瞭解用電消耗之比重，俾能提供作為節能減碳改善之優先順序評估參考。	1.問卷設計已先進行預行調查，爰修正問卷有關設備項目之調查。
2.建議考量增加燃氣（天然氣）之用量調查項目，由受訪者提供天然氣用量數據或表號進行查詢，納入住宅耗能之統計分析。	2.燃氣之用量調查項目將納入問卷設計內。
3.本研究樓地板面積之計算不包含陽台，建議檢討納入陽台面積並採用「使用樓地板面積面積」之可行性。	3.問卷設計已先進行預行調查，爰修正問卷有關設備項目之調查。
于總經理寧（梁教授漢溪代）	
1.本研究所採用的原始資料準確性，將影響分析的正確性與參考價值，後續研究建議審慎檢討調查資料之妥適性。	1.感謝委員意見，遵照辦理
2.建議未來推估模式宜就本土性加以分析，UNEP-SBCI 之 CCM 參數內容，可稍加分析彙整。	1.感謝委員意見，遵照辦理
3.預期成果有 3 項為既有文獻與方法的分析，建議再予詳述，並說明分析方法之細節與相關權重。	1.感謝委員意見，遵照辦理
王總幹事榮吉	
1.本研究所規劃之住宅類建築耗能現況問卷調查表，內容淺顯易懂提高問卷	1.謝謝委員指教，後續執行團隊會持續

回收、簡單明瞭，容易填寫，應有利於提高問卷回收率。	問卷調查作業。
2.期中報告第 59 頁之問卷調查說明中，有關發出 300 份紙本問卷，僅回收 45 份，比例僅 15%，有待加強調查工作提高問卷回收數量。	2.問卷回收量之提升機制，已透過管理委員會、物業管理業及地政相關人士協助，以提高數值統計分析之成果。
3.建議進行國內住宅類建築 CO ₂ 排放量預測模式分析時，併同檢討推動節能減碳策略或項目之優先次序。	3.本研究計畫將於國內住宅類建築 CO ₂ 排放量預測模式分析時，併同檢討推動節能減碳策略或項目之優先次序。
李教授魁鵬（周教授鼎金代）	
1.建議考量將燃氣設備納入住宅耗能調查項目之一，以符合實際耗能狀況，如有執行不易之處，請於問卷調查相關內容補充敘明。	1.燃氣之用量調查項目將納入問卷設計內。
2.單位住宅建築面積的定義，是否為單位住宅樓地板面積，宜請檢討修正。	2.已將單位住宅建築面積修正為單位住宅樓地板面積。
陳教授啟仁	
1.目前住宅耗能問卷僅以用電資料統計，似無法完整呈現能源使用行為衍生之 CO ₂ 排放量，建議考量於問卷中增加空調設備、家電數量及生活模式等項目，俾能提供更精確的分析數據。	1.問卷設計已先進行預行調查，爰修正問卷有關設備項目之調查。
2.建議增加檢討未來研究成果回饋應用為政策規劃之方向與建議。	1.感謝委員意見，遵照辦理
楊教授冠雄（張教授益誠代）	
1.建議應先釐清本研究係針對住宅類建築之 CO ₂ emissions 或 Carbon Footprint（CF）何者進行調查與推估模式分析，如為後者，應先進行研究範疇之界定	1.問卷設計已先進行預行調查，爰修正問卷有關設備項目之調查。
2.本研究係以問卷調查方式進行，掌握	2.本研究計畫將於國內住宅類建築

本研究所需之經驗基線資料，進而提出研究結論，如針對不同類型住宅類建築物日常生活階段之 CO₂ emissions 進行 Bottom- up & Top-down 推估，鑑於資料特性之 uncertainty，建議可嘗試導入 uncertainty analysis methodology 來嘗試進行該類建物 EUI 之 modeling，以改善既有 determined modeling mechanism。	CO₂ 排放量預測模式分析時，併同檢討推動節能減碳策略或項目之優先次序。
主席	
1.建議後續應請提高調查問卷之回收數量，並將燃氣設備的耗能納入調查，俾能呈現國內住宅類建築 EUI 的分佈與住宅耗能的現況。	1.問卷回收量之提升機制，已透過管理委員會、物業管理業及地政相關人士協助，以提高數值統計分析之成果。
2.除以高雄地區作為主要問卷調查地點外，建議將臺北市（或北部地區）的住宅案例納入調查，俾能比較地區別 EUI 之差異。	2.選定高雄市主要係以都會型為主，至是否加入臺北地區的住宅調查以及與相關政府局處之資料蒐集，將再予相關單位溝通。
3.有關能源使用行為的影響與模式，建議納為本研究後續研究課題之規劃參考。	3.燃氣之用量調查項目將納入問卷設計內。
4.請檢討與台電公司合作進行特定村里或街廓住宅用電耗能統計分析之可行性，如有需要，可正式函請該公司協助辦理。	1.遵照辦理

附件四 期末審查會議意見及回應表

項次	審查委員意見	廠商回應
台灣電力公司		
1	配合政策研究需要且未涉個資部分，本公司應可提供相關資料。	謝謝委員建議，未來進行研究分析將協請貴單位提供相關資料。
2	後續如有相關計畫審查或研商會議通知函文，建議加註本公司相關之處組室，俾利簽派相關人員與會討論。	謝謝委員建議。
中華民國冷凍空調技師公會全國聯合會		
1	本案調查案例之類型，是否將高樓社區型住宅納入，且與一般電梯公寓區分比較，請補充說明。	有關報告格式與內容誤繕部分，將參考委員意見與契約規定審慎補充。
2	有關住商混合之商業用途，是否排除在調查標的範圍，請於成果報告補充敘明。	本案研究已將住宅大樓或社區供商業使用部分排除於調查對象之外，分析所得均係住宅使用部分之 CO ₂ 排放現況。
財團法人綠色基金會		
1	本案問卷調查僅針對北、南 2 地區，中部、東部及離島未納入，樣本數似乎不足，建議後續研究擴大調查範圍與數量。	本研究係參照既往相關研究與建築類型現況，挑選台北、高雄等地區之住宅建築大樓調查樣本，應可代表該類型住宅之耗能趨勢。
2	台北地區一般公寓與電梯大樓住宅案例調查，每年單位樓地板面積用電量與人均用電量分析所得趨勢，與雲林、高雄地區不同，請於成果報告補充說明其原因。	有關報告格式與內容誤繕部分，將參考委員意見與契約規定審慎修正。
于總經理寧		
1	期末報告不宜出現「將」、「擬」等預期性文字，請予調整。	有關報告格式與內容誤繕部分，將參考委員意見與契約規定審慎修正。
2	期末報告之中英文摘要內容不一致，請予修正。	有關報告格式與內容誤繕部分，將參考委員意見與契約規定審慎修正。
3	報告中英文縮寫名稱第 1 次出現時應註明全名，如表 3-17 之 TAIGEM 全名為何，請補充之。	有關報告格式與內容誤繕部分，將參考委員意見與契約規定審慎修正。
4	表 3-14、表 3-15 及表 3-19 圖號與內文	有關報告格式與內容誤繕部分，將參考

	敘述不一致，請修正。	委員意見與契約規定審慎修正。
5	P. 65 所列 CCM 第二階段指標尚未呈現，請補充說明其原因。	有關報告格式與內容誤繕部分，將參考委員意見與契約規定審慎補充。
6	建議參考表 3-17 將四種模型 (Markal, Macro, TaiSend 及 CCM) 並列比較。	有關報告格式與內容誤繕部分，將參考委員意見與契約規定審慎修正。
7	P. 78 圖 4-5 及 P. 64 表 3-20 所列之人均 CO ₂ 排放量相差甚多，請補充說明並予以統一。	有關報告格式與內容誤繕部分，將參考委員意見與契約規定審慎修正。
王總幹事榮吉		
1	本研究針對國內住宅與建築耗能進行之相關調查研究，並比對 EUI 解析之數據，對實踐減碳極具參考價值。	感謝委員的認同與鼓勵，本執行團隊會持續努力。
2	國內住宅用電耗能統計需仰賴大量數據，建請台電公司、經濟部能源局等配合協助資料蒐集作業，俾利後續相關研究之執行。	謝謝委員指教，未來研究分析案將協請相關單位提供相關資料。
楊教授冠雄		
1	本計畫以「由下而上」之普查方式建立我國住宅建築 CO ₂ 排放統計之模式，可具體應用，具良好成效。	感謝委員的認同與鼓勵，本執行團隊會持續努力。
2	建議未來可進一步與台電公司與中油公司協調，以取得部分建築用電量或天然氣用量等較為完整資料，俾能充實資料庫的完整性。	謝謝委員指教，未來研究分析案將協請相關單位提供相關資料。
主席		
1	承辦單位應先以歷年研究成果之延續發展方向規劃研究課題，相關研究應能補足前期研究的不足，並加強資料庫的完整性，請承辦單位加強規劃。	有關利用 CCM 模型針對臺灣住宅建築 CO ₂ 排放量推估研究之構想，本研究已參採前期國內住宅耗能相關研究之理論與成果，惟相關文獻並未呈現個案基本資料，故改以普查方式進行調查，並依期中報告委員建議增加北部地區之調查案例。
2	本案調查北部公寓、電梯大樓住宅之案例數，與一般認知之住宅類型分布顯有差異，案例樣本是否具代表性，請補充說明；另居住人數、生活型態及家電使用狀況亦影響其用電，建議納入分析比較。	調查問卷業將實際居住人數、家庭生活型態納入，CCM 模型的產出結果係以每年單位樓地板面積及人均 CO ₂ 排放量，因此期末報告著重於此二類成果之呈現。

3	據悉 CCM 評估方法目前尚在研究階段，並非全球各地均能適用，故報告中對於該項方法之介紹或引用相關文字說明，應更為精準審慎。	有關報告格式與內容誤繕部分，將參考委員意見與契約規定審慎修正。
4	文中所引用的單位請予以統一，如 kWh/m ² 的時間單位為年或月。	有關報告格式與內容誤繕部分，將參考委員意見與契約規定審慎修正。
5	本案研究結論所提出之 CO ₂ 排放量分析結果，請承辦單位參考本所歷年相關研究審慎檢視，並於成果報告修正之。	有關報告格式與內容誤繕部分，將參考委員意見與契約規定審慎修正。

附錄五 第一次專家學者座談會議紀錄

財團法人台灣建築中心

「住宅類建築 CO₂ 排放量調查與推估模式分析研究」

第一次專家座談會議紀錄

開會時間：101 年 10 月 8 日（星期一）上午 10 時 30 分

開會地點：財團法人台灣建築中心小會議室

主 持 人：林計畫主持人杰宏

記錄：蔡宜珊

出席人員：詳如簽到表

主席致詞：略

會議內容：

王榮吉總幹事

- 1 本研究數據之未來應用，應結合經濟部能源局節能減碳與碳標章一併納入住宅類建築 CO₂ 排放量調查參考納入可行性的研究評估。
- 2 本研究就使用階段住宅類建築排放量，北、中、南有不同型態，如中南部透天厝，其類型與北部大樓型態，住宅人數均有不同的型態。

簡永和經理

- 1 住宅類型差異大 南北區域不同 將來推估模式時宜有區別。
- 2 生活使用模式之修正需注意如假日、一般工作、休閒渡假。
- 3 標準住宅單元的樣本以建立基礎資料取得，作為日後推估模式之比較分析。
- 4 建築物生命週期之耗能分布 以 Top-down 方式評估較具參考價值。
- 5 將來推估模式可提供住戶或建商參考。
- 6 樣本數來源宜考慮住戶之背景分布均勻，例如：士 農 工 商。
- 7 台電公司資料取得不易，以函文方式建請協助不可行，因台電公司以個資法恕不對外提供。

陳星皓博士

- 1 兩大都市之建築型態比例係以建築樓地板面積為主，建築面積的定義是否含公共設施面積請釐清。另建築類型的分類及使用型態與耗能之分析，可加強論述。
- 2 本研究住宅調查背景前期研究之背景差異應說明，以釐清其統計基礎。
- 3 本研究以生命週期中之運營階段 CO₂ 排放為主，建議仍應階段性整合全生命週

期中之設計，施工，拆除與再生之碳排。

- 4 本研究之成果數據應可提供未來綠建築碳足跡標示及節能建築或節能住宅認證等制度及政策推動相結合。
- 5 本統計資訊與歷年綠建築，綠建材政策之關聯性，可於未來研究深入探討。。

江哲銘教授

- 1 影響住宅 CO₂ 排放之參數，例如；建築型態、地區、家庭組成或生活模式等，建議在報告中提出，並且限定本年度計畫之研究範圍，其餘部分再逐年擴大進行。
- 2 建議增加國外相關住宅建築 CO₂ 排放之文獻。

林杰宏計畫主持人

- 1 用水的評估未納入，建議納入。
- 2 用水、用電的數據可用環保署低碳社區的鄰里數據求得。
- 3 用氣量資訊提供可詢問台灣公用瓦斯協會。
- 4 建議利用主計處的統計資料進行聯結，以延伸擴充本研究計畫之適用性。

執行單位：

- 一、感謝各位提供的寶貴意見，藉由本次座談，從而了解各界專家學者對於住宅類建築 CO₂ 排放量之研究分析意見，以期最後在分析成效中能與本案研究目標相符合，執行單位將依各位的寶貴意見作修正，使本案內容更臻完善。

附錄六 第二次專家學者座談會議紀錄

財團法人台灣建築中心

「住宅類建築 CO₂ 排放量調查與推估模式分析研究」

第二次專家座談會議紀錄

開會時間：101 年 10 月 23 日（星期二）下午 03 時 30 分

開會地點：樹德科技大學建築與環境系會議室

主 持 人：李計畫共同主持人訓谷

記錄：蔡承璋

出席人員：詳如簽到表

主席致詞：略

會議內容：

周伯丞教授

- 1 研究內容與工作量相當龐大，在年度計畫中完成了相當完整的資料庫建置，值得肯定。
- 2 建議本推估模式完成後能就不同住宅建築類型，分年依優先順序納入分析，以提供公部門於住宅政策與財稅補貼與誘導之參考數據。
- 3 未來後續亦可針對行為模式分析，了解不同生活模式 CO₂ 減量之基礎，作為我國相關單位政策決策之參考。

黃琳琳教授

- 1 研究方法及調查可信度相當高(與能源局既有數據接近)，予以高度肯定。
- 2 宜階段性確立數據用途，再訂定下階段議題。對於住宅建築(如型態、座落、方位與規劃等)能予以實務界具體建議，更顯本研究價值。

阮漢城理事長

- 1 研究成果所調查之住宅建築 CO₂ 排放數據依照計畫合約內約內容，僅就高雄、台北與雲林兩個都市以及一個鄉村進行調查。建議未來能規劃台灣其他縣市之調查，以建置完整之台灣住宅建築 CO₂ 排放資料庫。
- 2 高雄市政府最近一直推廣與補助建築物外牆改善、設置綠屋頂以及太陽光電板等政策，建議研究團隊可以與高雄市政府接洽，討論後續針對該類補助建築物在改善前後的 CO₂ 排放量進行分析評估之可行性，讓本研究所建置之住宅建築 CO₂ 排放量推估模式中的政策改變造成 CO₂ 排放量減少之預測得以具體化呈現。

執行單位：

- 一、感謝各位專家學者提供的寶貴意見，藉由本次工作會議，從而了解各界專家學者對於住宅類建築 CO₂ 排放量之研究分析意見，，執行單位將依各位的寶貴意見進行後續規劃與研擬，使本案之研究成果得以在未來對於公部門或地方政府在決策執行時，更具意義與實值的助益。

參考書目

一、國內文獻

1. 王京明,「台灣地區住宅與商業部門能源消費調查研究」,經濟專論(165),財團法人中華經濟研究院,1995。
2. 「節能減碳年主要行動計畫」,行政院節能減碳推動會,2000。
3. 李堅明,李福慶,「因應氣候變遷我國能源效率指標建立之研議---以住宅及運輸部門為例」,能源季刊,第三十二卷,第三期,p59-p76,2002。
4. 張又升,「建築物生命週期二氧化碳減量評估」,博士論文,國立成功大學建築研究所,2002。
5. 顧孝偉,「住宅用電量監測與解析之研究」,碩士論文,國立成功大學建築研究所,2003。
6. 黃群達,「住宅與商業部門能源消費及二氧化碳排放特性與趨勢變動分析」,碩士論文,國立成功大學環境工程研究所,2004。
7. 王仁俊,「住宅街廓用電之研究」,博士論文,國立成功大學建築研究所,2005。
8. 郭柏巖,「住宅耗電實測解析與評估系統之研究」,博士論文,國立成功大學建築研究所,2005。
9. 溫維謙、簡永和等,「建築物能源管理及效率指標研究計畫之建築物耗能特性實測與 EUI 數據的分級分類評估研究」,財團法人中華建築中心,2005。
10. 李孟杰,「住宅生活熱水使用耗能評估與節能方法之研究」,博士論文,國立台灣科技大學建築系,2006。

11. 游雅婷，「公寓大廈公共用電調查研究」，碩士論文，國立成功大學建築研究所，2006。
12. 劉心蘭，「公寓大廈住宅用電調查研究」，碩士論文，國立成功大學建築研究所，2006。
13. 陳介慧，「建築用電密度標準之研究」，碩士論文，國立成功大學建築研究所，2009。
14. 林憲德，「建築物節能減碳標準制度規劃之研究（一）——住宅類建築節能減碳標示法」，內政部建築研究所，2009。
15. 劉致峻，「工業部門能源服務需求推估—3E 多目標規劃模型之應用」，台灣綜合研究院。
16. 「經濟部能源局九十七年年報」，經濟部能源局編印，2009。
17. 林憲德，「建築物節能減碳標準制度規劃之研究（二）——建築能源證照耗能分級基準之研究」，內政部建築研究所，2010。
18. 陳瑞鈴、林憲德等，「建築產業生命週期 CO₂ 減量評估應用之研究(三)」，內政部建築研究所，2010。
19. 「能源科技產品標準檢測驗證經濟效益分析委辦計畫」，財團法人台灣經濟研究院，2010。
20. 呂文弘，「建築節能效益調查研究-以住宅類綠建築為例（2/3）」，內政部建築研究所，2011。
21. 黃宗煌，「運輸部門能源與溫室氣體資料之建構與盤查機制之建立」，交通部運輸研究所，2011。

二、國外文獻

1. Lin, Yi-Jiun Peter, “A Study on Greenhouse Gas Emissions from Commercial/Institutional and Residential Buildings in Taiwan”, Energy & Resources Lab., Industrial Technology Research Institute, 2005.
2. Jaber, J.O., Mohsen, M.S., A. Al-Sarkhi, and Akash, B., Energy analysis of Jordan’s commercial sector, Energy Policy, Vol. 31, pp. 887–894, 2003.
3. ISO15686-5 Building and constructed assets—Service life planning—Part5 : Whole life costing, 2006.
4. ISO15686-6 Building and constructed assets—Service life planning—Part6 : Procedures for considering environmental impacts, 2006.
5. ISO15686-7 Building and constructed assets—Service life planning—Part7 : Performance evaluation for feedback of service life data from practice, 2008.
6. ISO16813 Building environment design — Indoor environment — General principles, 2006.
7. ISO21929-1 Sustainability in building construction — Sustainability indicators—Part1 : Framework for the development of indicators for building , 2006.
8. ISO21931-1 Sustainability in building construction — Framework for methods of assessment for environmental performance of construction works —Part1 : Buildings, 2006.

9. IPCC/OECD , 「 Revised 1996 IPCC Guidelines for Greenhouse Gas Inventories 」 , 1996.
10. T. Ikaga et al., Development of Macro Simulation Method on Household Energy Consumption and CO₂ Emissions by Each Administrative Division: Journal of Technology and Design, Architectural Institute of Japan, Vol. 22, pp. 264-268, 2005.
11. Rui Xing, Toshiharu Ikaga, Manfred Strubegger, A Forecast of Effective Energy Efficient Policies for the Building Sector in Shanghai through 2050, World Renewable Energy Congress, 2011.
12. Y. Cheng, T. Ikaga, Y. Yanai, The Forecasting Model of CO₂ Emissions up to 2050 for Residential Sector of Taiwan, Journal of Technology and Design, Architectural Institute of Japan, Vol. 18, No. 39, pp. 633-638, 2012.