

南 華 大 學

環 境 管 理 研 究 所 碩 士 班

碩 士 論 文



綠 建 築 工 具 之 應 用 與 推 廣 研 究

指 導 教 授 : 胡 憲 倫 博 士

研 究 生 : 曲 筱 帆

中 華 民 國 九 十 二 年 六 月

南 華 大 學

碩 士 學 位 論 文

環境管理研究所

綠建築工具之應用與推廣研究

研究生： 謝中帆

經考試合格特此證明

口試委員：

陳啓仁

李詩政

胡惠倫

指導教授：

胡惠倫

所

長：

謝中帆

口試日期：中華民國九十二年六月二十六日

## 博碩士論文授權書

(國科會科學技術資料中心版本92.6.17)

本授權書所授權之論文為本人在 南華 大學(學院) 環境管理研究 系所  
組 91 學年度第 2 學期取得 碩 士學位之論文。

論文名稱：綠建築工具之應用與推廣研究

同意  不同意 (政府機關重製上網)

本人具有著作財產權之論文全文資料，授予行政院國家科學委員會科學技術資料中心、國家圖書館及本人畢業學校圖書館，得不限地域、時間與次數以微縮、光碟或數位化等各種方式重製後散布發行或上載網路。

本論文為本人向經濟部智慧財產局申請專利(未申請者本條款請不予理會)的附件之一，申請文號為：\_\_\_\_\_，註明文號者請將全文資料延後半年再公開。

同意  不同意 (圖書館影印)

本人具有著作財產權之論文全文資料，授予教育部指定送繳之圖書館及本人畢業學校圖書館，為學術研究之目的以各種方法重製，或為上述目的再授權他人以各種方法重製，不限地域與時間，惟每人以一份為限。

上述授權內容均無須訂立讓與及授權契約書。依本授權之發行權為非專屬性發行權利。依本授權所為之收錄、重製、發行及學術研發利用均為無償。上述同意與不同意之欄位若未勾選，本人同意視同授權。

指導教授姓名：胡憲倫

研究生簽名：  
(親筆正楷)

曲筱帆

學號：90152013  
(務必填寫)

日期：民國 92 年 7 月 15 日

## 南華大學碩士班研究生

### 準碩士推薦書

本校環境管理研究所研究生 曲筱帆 在碩士班修業 二 年，已經完成本所規定之修業課程及論文研究之訓練。

- (1) 在修業課程方面 曲筱帆 君已修滿 33 學分，其中必修科目：  
研究方法、管理理論、環境規劃與管理、環境管理專題講座、環境經濟學  
成績及格（請查閱碩士班歷年成績）。

- (2) 在論文研究方面：曲筱帆 君在學已完成下列 四 篇論文。

論文名稱	擬發表之期刊名稱	擬發表年月	證明文件	備註
綠建築生命週期管理工具之比較研究	第八屆海峽兩岸環境保護研討會論文集	91年10月	已發表於論文集 pp.974-979 中	已發表如附件一
綠建築之推廣與應用研究—綠建築指標系統的比較	第四屆環境管理研討會論文集	92年4月	已發表於論文集 pp.154-172 中	已發表如附件二
綠建築評估指標系統之應用比較研究	運籌研究集刊	92年6月	接受函	如附件三
我國綠建築推動策略之分析與檢討	建築與規劃學報	投稿中	指導老師認可函	如附件四

本人認為 曲筱帆 君已具備南華大學環境管理研究所碩士養成教育以及訓練水準，並符合本校碩士學位考試申請資格，特推薦其論文初稿，名稱：

綠建築工具之應用與推廣研究

以參加碩士資格考試及論文口試。

指導教授：胡慶信 簽章

中華民國九十二年六月

## 誌謝

一個難以令人置信的日子終於來臨，我終於順利從南華大學環境管理研究所畢業並取得碩士學位，在研究所這兩年的求學過程中，從一開始對作研究的生澀到個人的第一篇研討會文章出現以及後續投稿至期刊的文章被接受刊登，一直到最後完成了本篇碩士論文，一切都要感謝胡憲倫教授的細心教誨。過程中偶有因資料取得困難或思路頓塞等問題而感到困惑與挫折，也會因研究過程中有所突破與產出文章而興奮不已，箇中滋味胡憲倫教授皆有參與，也因為有胡憲倫教授適時地鼓勵、支持並指引方向，才讓我在學術的研究上有所精進。

今日能進入研究所就讀並學有所成，實要感謝輔英科技大學環境工程衛生系的林怡君老師，與怡君老師亦師亦友亦子的感情，以及怡君老師不吝於學業上的提攜與勉勵，在在都燃起了我繼續就讀研究所的興趣和動力。此外，口試委員陳啟仁教授與李謁政教授，針對筱帆論文架構的不吝匡正，使得本篇碩士論文的品質和內容更加豐富與充實，令我銘謝在心。另外，本篇碩士論文如果沒有黃亮達學長的幫助也將無法順利完成，非常謝謝學長不厭其煩地提供資料與意見，讓筱帆的碩士論文內容更加精采並增色不少。對於陳中獎所長的關懷與照顧，亦感激在心。因為有你們的鼓勵與參與，筱帆的學習所得才會有如此完整的呈現。

回想這兩年的研究生生活，承蒙環管所各位學長姐的照顧，讓我能馬上適應研究生的生活而不致感到害怕無助，此外，也要謝謝玉萍、孝屏、旭惠、佑青、英成、欣儀、哲佑、心皓、榮福、又民、雯萍等一起努力的同窗好友，因為有你們的陪伴，讓我的研究生生活變得多彩多姿，也因為有你們的相互扶持，才得以讓我走出低潮。而旅遊所的昂儀學姐，不論是在生活上或是學術上都給予我許多的支持與鼓勵，這兩年的研究生涯，感謝有你們陪我一同渡過。

研究生的生活對我來說是一種全新的挑戰，相信經過這兩年的歷練，不管是對我將來在工作表現上與待人接物上都會有所助益，在此謹以此誌謝再次感謝胡憲倫教授、林怡君老師、陳啟仁教授與李謁政教授，以及其他曾給予我寶貴意見的老師、同學們。最後，最要感謝的是爸爸、媽媽、姊姊與妹妹，謝謝你們一路上未曾間斷的支持與鼓勵，讓我得以在求學生涯中順利完成各階段的學業，謹以此論文獻給所有關心與幫助過我的朋友們。

筱帆 謹致

2003 仲夏

## 摘要

根據內政部建築研究所的資料顯示，台灣營建業耗能所排放的二氧化碳量超過全國總排放量的四分之一（其中建材生產佔 9.31%，營建佔 0.2%，建材運輸佔 1.49%，住宅使用佔 11.88%，商業使用佔 5.94%，共計 28.82%），可見良好的建築政策對國家的能源與環保問題影響甚巨。為此內政部建築研究所於 1999 年制定了綠建築的七項評估指標系統（綠化指標、基地保水指標、日常節能指標、CO<sub>2</sub>減量指標、廢棄物減量指標、水資源指標、污水垃圾改善指標），希望透過綠建築標章的頒發，來鼓勵綠建築的推動。實施三年多來，發現其七項評估指標系統的內容尚有改善之空間及擴大的餘地，進而在 2002 年將原先的七項評估指標再增加「生物多樣性指標」與「室內環境指標」，組成最新的綠建築九大評估指標系統。而本研究的目的即是藉由比較世界各國推廣綠建築的做法來探究我國綠建築政策之機制，除了進行綠建築相關應用工具之比較介紹外，也針對國內案例進行實證研究，並檢討我國綠建築標章制度的缺失，最後提出短、中、長期的策略目標與改善建議。希冀研究結果除了能讓相關的營造建築業者多多採用綠建築原則來施工之外，更可以加深一般社會民眾對綠建築使用之信心，讓我國綠建築推廣更為的有效。

**關鍵詞：**綠建築、評估指標系統、綠建築標章

# **A Study on the Application and Promotion of Green Building Tools**

## **Abstract**

According to the Architecture and Building Research Institute (ABRI) of Ministry of the Interior, the CO<sub>2</sub> emissions generated from architecture and construction related sectors consist of more than one quarter of national total CO<sub>2</sub> emissions in Taiwan. For easing this situation, government has been promoting the concept of green building aggressively over these few years, which includes the establishment of a green building evaluation and indicators system for evaluating and awarding Green Building (GB) certificates. After years of promotion, green building and its benefits are gaining more and more attention in Taiwan. However, several shortcomings in this system were also found. As a reinforced modification, two additional indicators were added into this system, they are: indicators of biodiversity and indoor environment. However, even after years of promotion the concept GB is still yet to disseminate. In this study green building tools developed from various countries (American, European Union countries, and Japan) were compared and analyzed. Besides, two residential buildings, which have been evaluated in the previous work using old evaluation system, were reevaluated using the new system. And results of this comparison reconfirm the previous study and show that green building is neither costly nor difficult to achieve even with more stringent revised system. Some suggestions and recommendations are proposed for government, industry and academia to further expand the application and promotion of green building tools.

**Keywords:** Green Building, Evaluation and Indicators System, Green Building Label

# 目錄

致謝.....	
中文摘要.....	
英文摘要.....	
目錄.....	
圖目錄.....	
表目錄.....	
第壹章 緒論.....	1
第一節 研究背景.....	1
第二節 研究動機.....	1
第三節 研究目的.....	2
第四節 研究方法.....	3
第貳章 文獻回顧.....	5
第一節 綠建築的定義.....	5
第二節 生命週期評估 ( Life Cycle Assessment, LCA ) 於綠建築的應用.....	5
第三節 國內外綠建築相關研究議題探討.....	7
一、國外綠建築相關文獻.....	7
二、國內綠建築相關文獻.....	8
第四節 各國綠建築的推廣作法.....	10
一、美國.....	10
二、歐盟.....	19
(一) 歐盟的永續設計與建造憲章.....	19
(二) 芬蘭.....	22
(三) 瑞典.....	24
三、日本.....	26

第參章 我國綠建築推廣作法.....	31
一、綠建築推動方案.....	31
二、綠建築標章.....	31
(一) 生物多樣性指標.....	32
(二) 綠化量指標.....	32
(三) 基地保水指標.....	32
(四) 日常節能指標.....	32
(五) CO <sub>2</sub> 減量指標.....	33
(六) 廢棄物減量指標.....	33
(七) 室內環境指標.....	33
(八) 水資源指標.....	33
(九) 污水垃圾改善指標.....	33
三、挑戰 2008 年：國家重點發展計畫.....	36
四、檢討.....	37
第肆章 綠建築工具之比較與國內實際案例分析.....	38
第一節 綠建築相關應用工具比較介紹.....	39
一、G-BEST2001.....	39
二、ATHENA Model.....	39
三、P2-EDGE Tool.....	42
四、BEES Tool.....	43
五、CASBEE.....	44
六、結果與分析討論.....	49
第二節 案例實證操作.....	50
一、案例分析.....	50
二、實證操作.....	50

三、結果與分析討論.....	54
第五章 結論、建議與後續研究.....	57
第一節 結論.....	57
第二節 建議.....	57
一、短期策略.....	58
(一) 制定相關獎勵措施.....	58
(二) 評估指標系統改善.....	58
(三) 綠建築標章分級.....	60
(四) 加強「一般社會大眾的綠建築知識」.....	61
二、中期策略.....	61
(一) 建議加入世界綠建築協會 ( World Green Building Council ) .....	61
(二) 發展一套屬於台灣的綠建築資料庫.....	62
(三) 增設環境衝擊評估指標.....	62
三、長期策略.....	63
(一) 建築物太陽能計畫.....	63
(二) 營建相關產業之整合.....	63
第三節 後續研究建議.....	64
參考文獻.....	66
中文部分.....	66
英文部分.....	69
網站部分.....	71

## 圖目錄

圖 1 研究架構流程圖.....	4
圖 2 完整生命週期評估架構.....	6
圖 3 ATHENA 的輸入表單.....	41
圖 4 ATHENA 的輸出比較表單.....	42
圖 5 P2-EDGE Tool 的起始畫面.....	43
圖 6 CASBEE 評估系統的假設界面與生態效益.....	45
圖 7 CASBEE 評估系統之評估種類.....	46
圖 8 以建築物環境效益為基礎的環境標章.....	46
圖 9 CASBEE 的結果呈現.....	48
圖 10 營建相關產業之整合形成一封閉迴路.....	64

## 表目錄

表 1 台灣地區砂石產量一覽表.....	2
表 2 傳統土木工程之相關研究.....	8
表 3 以綠建築評估指標所進行之相關研究.....	9
表 4 環境友善採購的一般指導原則.....	11
表 5 提昇能源效益的策略.....	13
表 6 自然景觀美化的經濟與環境之好處.....	15
表 7 使用原生植物進行景觀美化的方法.....	15
表 8 建築物建造期間導致室內空氣品質降低的原料種類.....	17
表 9 實行綠建築所帶來的環境、經濟以及健康與社區的效益.....	18
表 10 歐盟永續設計與建造憲章之 27 條原則聲明.....	19
表 11 生態永續建造計畫的行動.....	23
表 12 「良好建築環境」的中期目標.....	26
表 13 日本提昇人類永續居住地的發展做法.....	26
表 14 CASBEE 中的各種評估工具.....	29
表 15 CASBEE 中的各種評估工具之適用範圍.....	30
表 16 台灣各種植栽 CO <sub>2</sub> 固定量.....	32
表 17 綠建築九大評估指標系統之修正概要.....	33
表 18 綠建築九大評估指標之評估準則.....	34
表 19 「挑戰 2008 年：國家重點發展計畫」之「綠營建計畫」.....	36
表 20 G-BEST2001 的報表輸出方式.....	39
表 21 綠建築生命週期管理工具之比較表.....	49
表 22 案例一之新舊版綠建築評估指標系統之結果比較.....	55
表 23 案例二之新舊版綠建築評估指標系統之結果比較.....	56
表 24 各年度獲頒綠建築標章暨候選證書之建築物數量.....	57

表 25 我國綠建築作法之短、中、長期策略.....58

# 第壹章 緒論

## 第一節 研究背景

1992 年的「地球高峰會議」，掀起了全世界對地球環保的熱潮。1993 年聯合國成立了「永續發展委員會」(United Nations Commission on Sustainable Development, UNCED)，展開全面性的地球環保運動。我國為了要善盡國際環保職責，行政院於 1996 年成立了「國家永續發展委員會」。1996 年 7 月，在 APEC 永續發展會議中，行政院承諾推動「人居環境會議」的決議目標，並於同年的「營建白皮書」中宣示全面推動綠建築政策(內政部建築研究所，2002)。因此行政院於 2001 年推出「綠建築推動方案」；此外，在 2002 年除了強制公有建築物必須進行綠建築設計，更推動了「挑戰 2008 年：國家重點發展計畫」，計畫中也將綠建築政策列為重點工作項目。由此可知我國推廣綠建築的決心。

## 第二節 研究動機

根據內政部建築研究所的資料顯示，台灣營建業耗能所排放的二氧化碳量超過全國總排放量的四分之一(其中建材生產佔 9.31%，營建佔 0.2%，建材運輸佔 1.49%，住宅使用佔 11.88%，商業使用佔 5.94%，共計 28.82%)(內政部建築研究所，2002)，而台灣建築業由於喜好鋼筋混凝土(RC)結構，致使國內盜採砂石的情形一直無法改善。依據礦務局 82~85 年砂土石產銷調查結果及水利署許可開採量，台灣地區河川砂石年採取量佔年生產量 90%，惟至 87 年已降至 80%，陸上砂石生產量已提升至 20%(見表 1)，但仍舊仰賴河川砂石甚多，而不當濫採河川砂石將造成部份河段河床遽降，改變河相，並容易導致河堤基礎被掏空破壞(經濟部礦務局網站)。而綠建築的做法—例如鋼構建築，除了可以減少砂石、水泥、骨材等建築原材料的使用，更可以縮短工時。一棟原本需要施工四年才能完成的建築物，若用鋼結構建築法，可以縮短工期為一年半，而二氧化碳排放量也可降低百分之三十(內政部建築研究所，2002)。鋼構建築的另一優點是在使用年限屆滿必須拆除時，其主結構鋼架可以完全回收再利用，而其拆除後之廢棄物，也比傳統 RC 建築之體積減少許多，由此可看出施行綠建

築對環境的正面貢獻。其實，綠建築的觀念並不狹隘，小到使用綠色原料，大到使用整體的綠色設計都可以算是綠建築，廣泛地來說，也就是一種「綠色工程」(曲筱帆、胡憲倫，2002)。而綠建築的推廣需要國家政策之執行來予以推動，並配合相關的評估系統、應用工具等之輔佐來有效的進行。

表 1 台灣地區砂石產量一覽表 (萬立方公尺)

年度	陸上砂石	河川砂石	合計生產量
84	435	8,268	8,703
85	621	6,278	6,899
86	1,010	5,304	6,314
87	1,040	6,004	7,044
88	1,087	5,402	6,489

資料來源：經濟部礦物局網站

### 第三節 研究目的

目前世界各國大多有屬於自己國家的綠建築政策，以美國為例，美國環保署為了推動綠建築，制定與實施了一連串的政策，如「環境友善的產品」、「能源保護」、「水資源保護」以及「室內空氣品質」等等；當然，美國綠建築協會也發展了一套綠建築的評分系統——LEED(Leadership in Energy and Environmental Design)，藉此進行建築物的評估作業，符合綠建築標準的建築物更以標章的頒發來予以證明。

而我國內政部建築研究所為了推動綠建築政策，於 1999 年公開甄選出「綠建築標章」作為推動綠建築的獎勵標誌，並制定了綠建築的七項評估指標系統來作為綠建築的評估依據；在進行了第三次的修訂後，將原先的綠建築七項評估指標系統擴增為現有的綠建築九項評估指標系統，正式成為我國推動綠建築的主軸(內政部建築研究所，2002)。

因此本研究的目的即是藉由比較世界各國推廣綠建築的做法來探究我國綠建築政策之機制，除了進行綠建築相關應用工具之比較介紹外，也針對國內案例進行實證研究，並檢討我國綠建築標章制度的缺失，最後提出建議。希冀研究結果除了能讓相關的營造建築業者多多採用綠建築原則來施工之外，更可以加深一般社會民眾對綠建築使用之信心，讓我國綠建築推廣更為的有效。

#### 第四節 研究方法

目前世界各國大多有屬於自己國家的綠建築評估系統，包括美國綠建築協會發展的 LEED(Leadership in Energy and Environmental Design)、日本永續建築物協會的 CASBEE(Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency)等等，而我國的綠建築評估指標系統也進行了第三次（第二次僅針對若干指標之評估方法與基準配合相關法規之增修訂來進行調整更新）的修訂，將原先的綠建築七項評估指標系統擴增為現有的綠建築九項評估指標系統（內政部建築研究所，2002）。而本研究則以文獻來探討目前國內外針對綠建築議題所進行的研究，也說明如何將生命週期評估的概念應用於綠建築中。並藉由世界各國推廣綠建築的做法來探究我國綠建築政策之機制，除了進行綠建築相關應用工具之比較介紹外，也針對國內案例進行實證計算，並檢討我國綠建築標章制度的缺失，最後擬定國內綠建築推廣之短、中、長期策略。希冀研究結果能成為政府相關部門的綠建築決策參考之用，讓我國的綠建築推廣更有效，並能真正達到永續發展的意涵。圖 1 為本研究的架構。

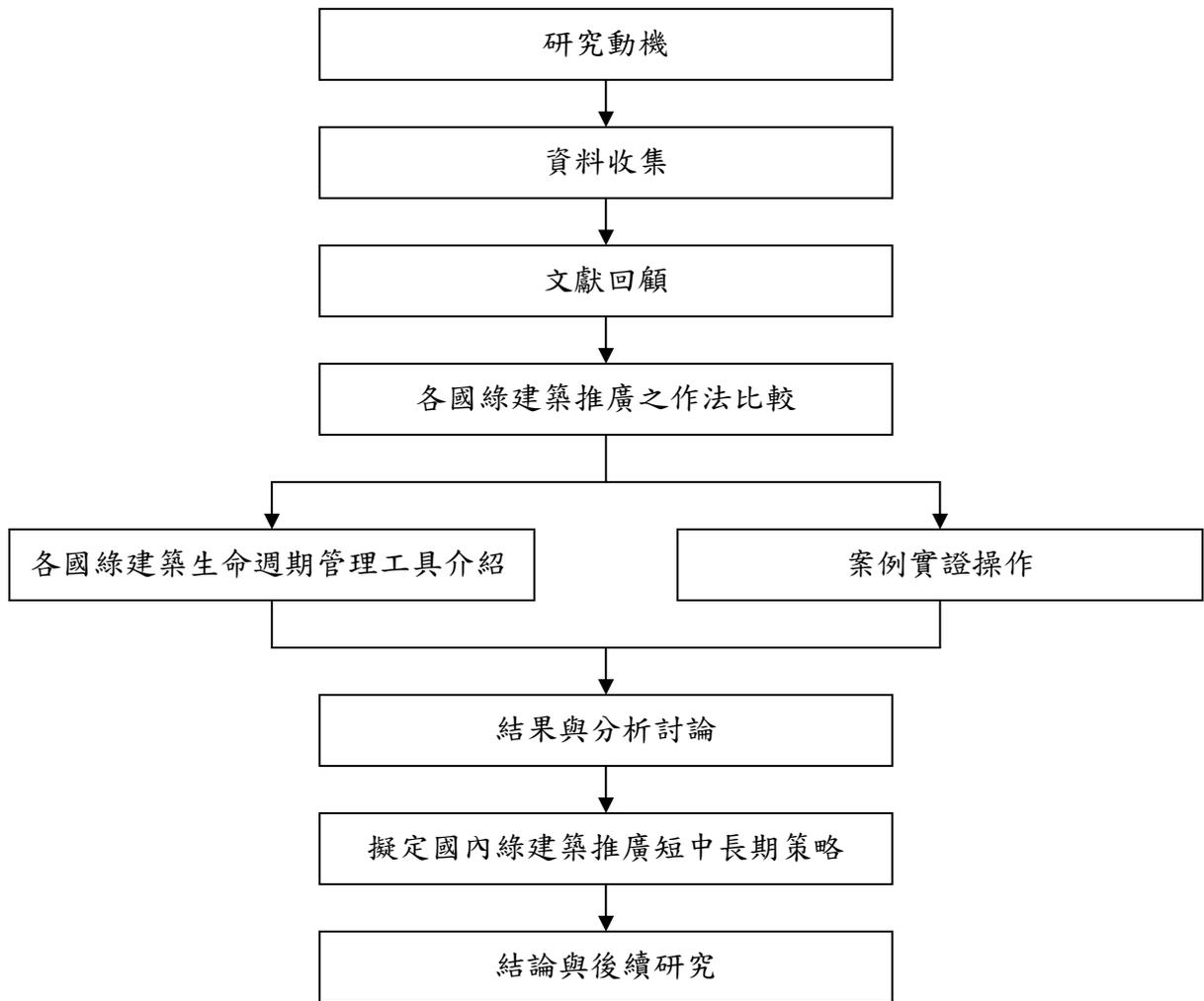


圖 1 研究流程圖  
資料來源：本研究整理

## 第貳章 文獻回顧

### 第一節 綠建築的定義

「綠建築」是近來相當受到國際重視的議題，在日本被稱為「環境共生建築 (Ecological Building)」，有些歐美國家則稱之為「生態建築 (Ecological Building)」或「永續建築 (Sustainable Building)」，在北美國家則稱之為「綠建築 (Green Building)」。而內政部建築研究所將「綠建築」定義為：「以人類的健康舒適為基礎，追求與地球環境共生共榮及人類生活環境永續發展的建築設計」。若以地球資源與廢棄物兩個層面來評估，「綠建築」較實質的定義則是：「消耗最少地球資源，製造最少廢棄物的建築物」(內政部建築研究所，2002)。此外，根據學者專家的研究，將「綠建築」定義為：「在建築生命週期 (生產、規劃設計、施工、使用管理及拆除過程) 中，以最節約能源、最有效利用資源的方式，在最低環境負荷之情況下，建造最安全、健康、效率及舒適的居住空間，達到人及建築與環境共生共榮、永續發展」(黃亮達、胡憲倫，2002)。

目前國外相當盛行的木構造建築與鋼構造建築即是符合「綠建築」設計的建築物，而根據內政部營建署的「建築技術規則」中規定「木構造建築物之簷高不得超過十四公尺，並不得超過四層樓。但供公眾使用而非供居住用途之木構造建築物，結構安全經中央主管建築機關審核認可者，簷高得不受限制」(內政部營建署網站)。由於考慮到木構造建築的防火與耐震的安全性較差，因此，木構造建築在台灣的建築市場中尚不普及。相較之下，防火性與耐震性皆較木構造建築為佳的鋼構造建築已經漸漸取代 RC 建築在建築市場中的地位，而鋼構造建築除了在安全性有保障外，另一優點則是環保性，即使用年限屆滿必須拆除時，其主結構鋼架可以完全回收再利用，而其拆除後之廢棄物，也比傳統 RC 建築之體積減少許多。

### 第二節 生命週期評估 (Life Cycle Assessment, LCA) 於綠建築的應用

生命週期評估 (Life Cycle Assessment, LCA) 為首先被企業界用來作為評估或改善其產品、製程、或活動對環境產生之污染負荷的工具與方法。它主要是依循 ISO14000 系列中的

ISO14040 系列標準—生命週期評估架構來執行，在 ISO14040 標準中，一個完整的生命週期評估執行架構（如圖 2）分為：（一）目標和範疇界定(Goal and scope definition)；（二）盤查分析(Life Cycle Inventory, LCI)；（三）衝擊評估（Life Cycle Impact Assessment, LCIA）；（四）闡釋（Interpretation）等四個部分（賴明伸，1997）。

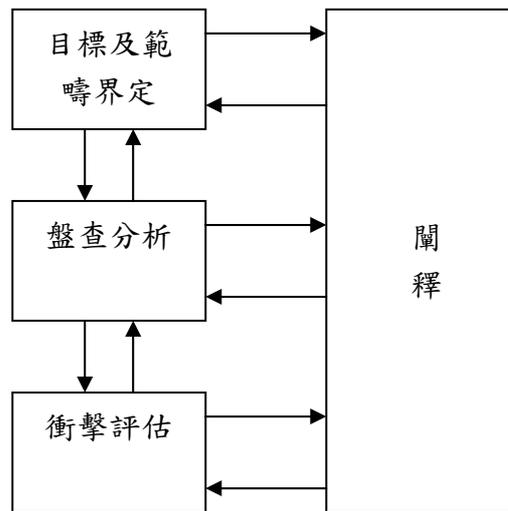


圖 2 完整生命週期評估架構

資料來源：生命週期評估之內容架構（賴明伸，1997）

- （一）目標與範疇界定階段：施行生命週期評估作業時應先將研究之目的與範疇予以清楚地界定，並要求其界定之目的與範疇應與結果預期之應用一致。此外，生命週期評估是一項反覆性的技術，因此，在作業進行中，隨著資訊的收集，作業之目的與範疇得視需要來修改。
- （二）盤查分析階段：盤查分析包括數據蒐集與計算程序，以量化一個產品系統的相關投入與產出。這些投入與產出得包括與系統相關的資源使用和對空氣、水體及土地之排放。
- （三）衝擊評估階段：衝擊評估的目標係用生命週期盤查分析結果，以評估潛在環境衝擊的重大性。
- （四）釋義階段：釋義是生命週期評估中，合併盤查分析與衝擊評估的觀察結果，或在生命週期盤查作業時，僅將盤查分析的觀察結果與界定的目的與範疇整合一致之階段，以達成結論與建議。

近年來，LCA 的重點及其運用已逐漸轉至環保相關之公共事務上，這也包括應用在建築產品上。也就是從原物料的獲得、產品製造、運輸、建物的施工建造、營運與維持、以及最

終的回收與廢棄物管理（從搖籃到墳墓）所有的階段對環境造成的影響都要被考慮。由於電腦科技的進步，已經有針對建築物之生命週期評估發展出一些實用性達到某種程度的電腦資料庫軟體，如 P2-EDGE（美國）、BEES（美國）、ATHENA（加拿大）、SimaPro（荷蘭）等。這些軟體可以幫助我們迅速地掌握各種重要環境問題評析的客觀數據，而最大的好處則是能快速計算各種改善方案的結果，且較易進行敏感度分析，以做為各種改善的依據。這些資料庫皆可直接或間接進行如此之運算，因此具有實用性（呂穎彬，1997）。

### 第三節 國內外綠建築相關研究議題探討

#### 一、國外綠建築相關文獻

在 Gratia & Herde 所進行的「低能源辦公大樓的設計」研究中提到，現在高品質辦公大樓的需求逐漸地增加，辦公大樓的使用者與建造者要求要有健康的與能提昇工作效率的環境，而電腦與其他辦公設備的出現增加了辦公室內部的熱能，而不能遮蔽陽光的全面玻璃與不正確的天花板設置更會增加辦公室過熱的風險。因此該研究主要是使用氣象學的（meteorological）資料來建議比利時決定其實施的方向，藉以幫助建築師來設計一個擁有良好內部熱能環境的能源效率建築物（Gratia & Herde, 2003）。而 Morel 等人所做的研究則是描述在建築物的原料選擇、設計與建造的過程中，使用當地的原料可以將新蓋建築物的環境衝擊減至最低。研究結果指出，使用當地原料建築物之能源消耗可以比典型的混凝土建築物減少 215%，而運輸階段的衝擊可以減少 453%（Morel, Mesbah, Oggero and Walker, 2001）。另外，在 Wong & Jan 的研究指出，近幾年來，總建築物績效（total building performance）的概念與其應用到商業和居住用的建築物已經引起了廣大研究者的興趣。此研究試圖去了解有助於學習的教室環境，已經調查了新加坡典型中等學校的教室績效，該績效是經由六個指令的測量與評估所指出，分別是熱的、空間的、視覺的、聽覺的、室內空氣品質、以及建築物的完善性（Wong & Jan, 2003）。

此外，也有用生態的角度來探討的研究，其中 Baschak & Brown 回顧與比較了生態設計的主要方法，自然主義的、生態系統科學和景觀生態學皆被應用到都市河川的綠色廊道

(greenway) 規劃、設計與管理之生態架構的發展，此架構也結合了與規劃設計過程、自然區域的設計與管理、由景觀生態而來的理論和方法有關的生態知識。它提供了系統化程序來幫助保護、生態的提昇、以及都市河川綠色廊道中現有的與潛在的自然區域連接。此架構不是一個特定的案例，而其主要的價值是提供一個整合了都市河川綠色廊道生態的規劃、設計與管理的方法 (Baschak & Brown, 1995)。

## 二、國內綠建築相關文獻

目前國內針對建築相關議題的研究不在少數。主要可以分成傳統的土木工程與以永續發展和生態工程為主的綠建築兩大類。而在傳統的土木工程方面，以徐永芳的「輕質人造石英砂漿修復補強材料之研發」為例，文中提及因應台灣位處地震帶，傳統老舊建築物若遭受地震、外力等因素而造成龜裂或破損，其修補之工作不僅繁瑣而且經費昂貴，因此修復補強材料之開發值得探討。而研究結果證實其所發展的新式修補材料（採用良質石英砂作為水泥砂漿之基底，添加爐石與高分子摻料），其抗壓補強的效果良好，可應用在建築物的修補工程上（徐永芳，2002）。其他相關的研究以表 2 所示。

表 2 傳統土木工程之相關研究

作者	研究主題
劉玉純 (2001)	輕型鋼隔間牆承載能力之研究—受軸向均佈應力
洪亮辰 (2001)	國內低層輕鋼構住宅外牆施工界面整合之研究
劉宇傑 (2001)	輕型鋼構住宅構工法初步研究：以建築生產觀點探討之
蘇杰鳴 (2001)	國內輕鋼構住宅樓版構法之研究
楊冠倫 (2001)	國內低層輕鋼構住宅屋頂工程之調查研究
謝明哲 (2001)	冷軋型鋼在國內建築構架與外殼上之應用與發展
陳慶主 (1999)	輕鋼構在低層住宅之應用研究

資料來源：本研究整理

而本研究主要是著重於「綠建築」的議題，因此會以較大篇幅來探討。在「綠建築設計評估工具之研究—以辦公建築為例」中比較了國內外綠建築評估工具的開發內容與推廣經驗，並研發出綠建築辦公大樓設計的評估工具，此評估工具包括環境負荷評估表與綠建築辦公大樓設計技術稽核檢查表，可以提供設計者、企業主、開發者一個可以信賴的指導方針（楊謙柔，2000）。另外，也有探討圖書館採用綠建築觀念的研究，如「綠建築觀念在圖書館之應用」即是採用文獻分析法歸納國內外相關文獻來探討綠建築觀念在圖書館之應用，並介紹國

內外符合綠建築特色的圖書館實際案例。也利用訪談法來深入瞭解國內從事綠色圖書館計畫的圖書館員與建築從業人員對於實際運用綠建築觀念規劃圖書館環境的理念與看法。研究的結果證實綠建築已經是國際趨勢，而綠色圖書館也是勢在必行的工作，而台北市立圖書館石牌分館為目前國內第一個進行綠色圖書館規劃的單位（葉仲超，2001）。

此外，也有以生命週期評估的概念應用於建築物的研究，如「建築物生命週期二氧化碳減量評估」，其研究的成果建立了台灣建築物生命週期評估盤查分析與基礎資料統計的資料庫，以及建築物生命週期二氧化碳排放指標 LCCO<sub>2</sub>，得以讓相關研究者與從業人員分析不同設計手法對於建築物生命週期產生的環境負荷影響值，以求得最有效率的二氧化碳排放減量對策（張又升，2001）。而在「以生命週期評估技術應用於建築耗能之研究」中，則是探討鋼骨（SC）與鋼筋混凝土（RC）二種建築結構在其生命週期各階段中耗能的使用情況。研究結果顯示，若以 50 年的建築物使用壽命來計算，在鋼骨結構建築物中耗能最高者為建材生產階段，佔整體總耗能的 39.1%；而在鋼筋混凝土結構建築物中則以建造施工階段佔整體總耗能的 51.6% 為最高（彭文正，2002）。

最後，在「綠建築推動因素與指標評估系統應用之研究」中則以問卷對於台灣前五百大服務業中的營建業進行調查，來了解目前國內綠建築推動的現況。研究的結果發現其內部驅動力—企業文化（環境價值觀、管理階層的支持、員工的環保認知）與外部驅動力—環保（環保法規的需求、成本和競爭的需求、利害相關人的影響），皆顯著且正向影響台灣營建業推動綠建築的做法。而其中，降低成本和增加競爭優勢更是營建業者最關心的議題（黃亮達，2002）。當然，也有以綠建築標章中的評估指標來進行實測解析的研究，如下表 3 所示：

表 3 以綠建築評估指標所進行的相關研究

作者	研究主題
陳姜貝（2001）	住宅社區生態基礎之研究—綠化、基地保水之解析
詹博文（2001）	綠建築水資源節能之研究
林子平（2001）	都市水循環之研究—地表不透水率之調查及逕流量實測解析
王振如（2001）	大專院校生態環境基礎研究—用電耗能、綠化與保水
王希智（2001）	綠建築中綠化及基地保水評估指標於國民中小學校園之應用—以新竹市為例
林達志（2001）	國民中小學生態環境基礎研究—綠化、基地保水、用水、用電之解

	析
歐文生 (1999)	建築物室內裝修環境負荷評估之研究—以耗能量與二氧化碳排放量解析

資料來源：本研究整理

#### 第四節 各國綠建築的推廣作法

##### 一、美國

為了做好綠建築的工作，因此，美國環保署（Environmental Protection Agency, EPA）執行了一個計畫—「Green Rider」，藉此來推動環境化與經濟化的建築物實施與能源效益。其目標是要促進注重環境的設計在本身的廠房設施（facilities）中，其考量面必須包含以下（U.S. EPA, 1999）：

- ◎ 場址的選擇必須利用自然的資源，例如太陽能與風力、自然的遮蔽、原生物種、地形與排水。
- ◎ 位置以及現有的基礎建設與運輸系統選擇之最適使用計畫，包括可供選擇的工作模式使用，例如利用電腦終端的遠距離辦公與電信會議。
- ◎ 回收物質的使用與環境友善的建造原料和裝備，要與 EPA 的採購指導方針一致。
- ◎ 建築物生命週期（從設計到毀壞或再利用）中能源與廢棄物的最小化。
- ◎ 針對能源效益來進行建築物發展的設計。
- ◎ 原物料的使用與設計策略來達成最理想的室內環境品質，尤其包括日光和空氣，將健康與生產力達到最大值。
- ◎ 操作與實施一套整合廢棄物管理的系統。
- ◎ 建築物毀壞後必須將原物料回收再利用。
- ◎ 在場址設計、建築物建造與建築物營運階段，將水資源的管理視為有限的資源。
- ◎ 適當的利用太陽能與其他可再生技術。

這些考量的執行都在 EPA 所出版的「Green Programs Information Packet」中詳細的討論，而這個計畫針對 EPA 的需求提供了資訊與許多重要的考量。EPA 的綠建築計畫是由行政命令

(Executive Orders) 13101 與 12902 所明文規定。評估的取捨將會是在綠建築設計中的一個重要成分，當綠建築的目標是矛盾的（例如增加自然通風對增加能源效益），其取捨將會在全部的架構中被評估來達到長期的環境效益，同樣地，物理的考慮必須與其他的政策目標平衡，例如環境正義，就特別注重在場址的位置。EPA 預期可能沒有一個答案來重提綠建築的議題，但是 EPA 將採行一個一致的方法來評估所有針對永續設計考量的建築物（U.S. EPA, 1999）。

#### （一）環境友善的產品（Environmentally Preferred Products）

環境友善的採購（Environmentally Preferable Purchasing, EPP）確認環境的考量是包含在採購決定中，與傳統的因素結合在一起，例如：產品價格與績效。「環境友善的採購計畫」提供指導給聯邦的官署（federal agencies）來幫助商品與服務（services）的購買以產生較少的环境負荷。聯邦政府（federal government）被委任要減少所購買之產品與服務的環境衝擊，每年花費 2000 億美元，聯邦政府可以應用它的購買權力來創造這些對環境擁有較少衝擊的產品與服務之需求（U.S. EPA, 1999）。

這個被提議的指導方針包含了一套共 7 個的一般指導原則（如下表 4），是設計來幫助行政官署（executive agencies）開始鑑定與購買環境友善的產品與服務的流程，這個指導方針也建議針對行政官署（executive agencies）執行行動，例如發佈政策指令與應用此原則來測試其收獲（U.S. EPA, 1998）。

表 4 環境友善採購的一般指導原則

一般指導原則	內容
原則 1：污染預防 (Pollution Prevention)	環境友善性的考量應該更早開始以及被深植在污染預防的倫理道德中，努力去消除或減少對人類健康與環境的潛在風險。當採購者決定要購買一個產品或服務時，他應該要考慮其所帶來的環境衝擊，這個方法考慮了環境和人類健康的潛在風險之預先排除與減少。
原則 2：複合式的屬性 (Multiple Attributes)	一個產品或服務的環境友善性是一個複合式環境屬性的功能，一個特定的產品或服務可能有一些環境衝擊在自然資源的消耗與毒性的影響兩者之中，把單一的環境屬性作為目標可以讓其他環境衝擊所可能產生的相同或較大危害變得較不顯著。
原則 3：生命週期觀點 (Life Cycle Perspective)	環境友善性應該反映產品與服務之生命週期考量在可能的範圍，在一個產品或服務的生命週期中，環境衝擊可能出現在任何時間，例如在原物料取得、產品製造、包裝與運輸、散佈、使用、

	維持或處置的期間。採購者應該考慮一個產品或服務生命週期中不同階段的环境友善性。
原則 4：衝擊強度 (Magnitude of Impact)	環境友善性應該考慮衝擊的尺度(全球對地方)與暫時的面相(可逆性)。環境友善性應該反映出一個產品或服務的環境衝擊強度與持久性兩方面，採購者應該考慮此衝擊的地理尺度與等級後再決定購買。
原則 5：地方條件 (Local Conditions)	環境友善性應該以適合地方條件來定做，產品與服務的環境衝擊強度與持久性將依賴這些產品與服務如何的使用以及在那裡使用，當進行產品與服務的評估時，購買者應該列入地方條件的重要因素，如同自然資源可用性一樣。
原則 6：競爭 (Competition)	產品或服務的環境屬性應該是在所有競爭業者中的一個重要因素或是次要因素，環境績效是在採購時眾多考慮因素中的其中一個，而且應該是一個基礎，這個競爭類型也將促進持續提昇市場中產品與服務的環境績效。
原則 7：產品屬性主張 (Product Attribute Claims)	行政官署 (agencies) 需要仔細地去檢查產品屬性主張，行政官署 (executive agencies) 應該付出更多的注意在產品與服務的提供者所做的環境主張上，依靠數種的資訊來源，而不是只針對一個產品或服務的環境績效提供一個最準確的評估。

資料來源：整理自 Green Programs Information Packet, (U.S. EPA, 1999)

所有聯邦的採購官員皆由行政命令 (Executive Order) 13101 與聯邦取得規則 (Federal Acquisition Regulation, FAR) 的要求來評估並給與優先權至這些環境友善的產品與服務，而環境與經濟永續的建築物 (Building for Environmental and Economic Sustainability, BEES) 這套軟體可以輕易地針對廣泛的建築產品來非常快速的計算生命週期成本之評估，BEES 能分析混凝土、屋頂用的原料、外牆的原料、絕緣體、覆蓋物、以及地板的覆蓋物，這個軟體權衡與每個產品有關的經濟與環境成本，使用者必須用文件證明所選擇建築產品的環境效益，因此 BEES 是一個很好用的軟體工具 (Lippiatt & Boyles, 2001)。

## (二) 詳細的採購指導方針 (Comprehensive Procurement Guidelines, CPG)

美國環保署的詳細採購指導方針 (CPG) 包含了詳細的資訊在許多建築原料的回收含量上，這個指導方針對每個原料建議回收含量的程度，採購官署 (procuring agencies) 以行政命令 (Executive Order) 13101 的要求來購買回收含量程度最高的再生原料，CPG 是聯邦政府購買回收再利用計畫的基礎，而且標明了產品包含再生原料讓政府部門來採購，而以下的例外是 CPG 所允許的 (U.S. EPA-1, 1997)：

- ◎ 所推薦產品的成本是不合理的。
- ◎ 不適當的競爭存在。
- ◎ 在一個合理的時間之內，建議的項目是不可行的。
- ◎ 建議的項目未符合績效標準。

### (三) 能源保護 (Energy Conservation)

能源保護是一個經濟化與環境化的實施，當檢視了整個建築物的使用壽命後，能源保護可以節省下許多重要的金錢。行政命令 (Executive Order) 12902 要求聯邦官署 (federal agencies) 大大地增加其能源效益，對於所有會消耗能源或增加建築物的暖氣與空調需求者，能源保護都必須被考慮，對於 SFO(Solicitation for Offers)中要求的所有機械系統都必須完成生命週期評估，許多能源保護測量都是 SFO 中所必須的，而且應該將它合併進入一個全建築物的能源保護計畫，能源之星 (Energy Star) 採購工具提供了一個能源計算表在許多的產品上，而且當產品在評估時，這個工具是應該被考慮到的(U.S. EPA, 1999)。

能源之星是一個介於美國能源部、美國環保署、產品製造商、地方公共事業部門 (local utilities) 與零售商之間的自願性合作關係，他們幫助推動能源效率高的產品，藉由能源之星的標章以及教育消費者關於能源效益所能帶來的利益，而選擇有能源之星標章的產品，除了可以獲取效用也可以幫助環境。能源的考量必須包括生命週期的分析，這些分析包含了最初成本、營運成本、維持成本、二次衝擊成本、以及處置成本等。如同任何的企業決定，讓能源效益提昇的關鍵是規劃一個良好的策略 (如下表 5)，能源之星建築物提供了一個詳細的行動計畫來幫助你規劃、執行、以及傳達整體建築物的能源效益給其組織 (U.S. EPA and DOE, 2003)。

表 5 提昇能源效益的策略

策略	內容
策略 1：規劃與基準	第一步朝向能源節省是去發展一個行動計畫來提昇其廠房設施 (facilities)，能源之星的建築物提供其工具來設定可完成的目標與預測可節省的能源。
策略 2：整合的方法	能源之星的建築物整合了系統方法來獲取一棟建築物系統互相影響的優勢以減少能源消耗，依循其提昇策略，組織可以實現能源節省 30% 甚至更多，不管其廠房設施是一棟小型的零售店還

	是大型的辦公建築物。
策略 3：傳達成功	上述的合作夥伴提供許多公共相關的資源，包括：策略、樣本、宣傳、事件與支援，讓其組織與消費者了解能源效益的成功之處。

資料來源：整理自 Green Programs Information Packet, (U.S. EPA, 1999)

除了能源之星這個計畫，另一個能源保護的計畫即是聯邦能源管理計畫 (Federal Energy Management Program, FEMP)，FEMP 的任務是要減少政府促進能源效率、水資源保護、以及太陽能與其他可再生能源使用的成本。FEMP 藉由創造合作關係、槓桿資源 (leveraging resources)、技術轉變、提供訓練與支援來完成其任務，每一個行動不只是達成法律與行政命令所提出的目標，也與聯邦的財政和人力資源有直接的關係。FEMP 是一個集中消費者的組織，提供服務給其他的聯邦政府，當 FEMP 完成任務後，聯邦政府即擁有技能、工具、與主動性 (initiative) 來進行能源與水資源效益的計畫 (U.S. DOE, 1998)。

#### (四) 水資源保護 (Water Conservation)

與能源保護類似，當考慮到建築物使用壽命的成本時，水資源保護成為經濟上值得注意的方向。行政命令 12902 要求聯邦政府執行所有水資源保護的成本效益測量。而許多的水資源保護技術可以用來節省水源與相關的能源成本，這些技術包括(U.S. EPA, 1999)：

- ◎ 有效的水源配管系統設備 (省水馬桶、低流量與感應式的洗臉槽、低流量的淋浴設備、以及有省水效率的洗碗機與洗衣機)。
- ◎ 減少灌溉與景觀美化的相關水源使用之方法 (有省水效率的灌溉系統、灌溉控制系統、低流量的灑水器)。
- ◎ 廢水回收系統 (水源可以再利用或再生)。
- ◎ 減少暖氣、通風設備與空調設備的水源使用之方法。
- ◎ 其他 (漏水的偵查與修補、產業的製程改善等等)。

此外，聯邦能源管理計畫 (FEMP) 也提供技術支援給與聯邦廠房設施 (Federal facility) 的負責人，幫助他們鑑定成功的水資源保護計畫的機會，FEMP 的技術協助計畫提供一系列的服務，包括：計畫與投資的協助、軟體工具與訓練。而 FEMP 的水資源保護計畫之目標包括提昇水資源與能源的效益、說明節省水源的技術以及投資的機制、減少環境的衝擊 (U.S. DOE, 1998)。

### (五) 自然的景觀美化 (Natural Landscaping)

自然的景觀美化應用了景觀美化技術的廣泛配置來幫助保留自然景觀的面貌，包括：溼地、林地與自然的流域面貌。有益的景觀美化 (beneficial landscaping) 是另外一個名稱使用在原生的與自然的景觀美化兩者之中，有益的景觀美化也包括了使用自然遮蔽與防風林，可以減少建築物對暖氣與空調的使用需求 (U.S. EPA-2, 1997)。

而自然的景觀美化所帶來的好處如下表 6 所示：

表 6 自然景觀美化的經濟與環境之好處

項目	內容
經濟的好處	<ul style="list-style-type: none"> <li>◎ 減少景觀設置的成本</li> <li>◎ 減少暴雨管理設施的損失</li> <li>◎ 排除灌溉需要水源使用</li> <li>◎ 自然景觀美化不需要花費太多的時間與金錢來維持</li> </ul>
環境的好處	<ul style="list-style-type: none"> <li>◎ 將殺蟲劑與肥料對環境有害的影響減至最低</li> <li>◎ 減少草坪維持設備的空氣污染物排放</li> <li>◎ 減少噪音污染</li> <li>◎ 減少土壤侵蝕</li> <li>◎ 改善水源品質</li> </ul>

資料來源：整理自 A Source Book on Natural Landscaping for Public Officials, (U.S. EPA-2, 1997)

而自然的景觀美化即是在景觀美化中使用原生植物，因為原生植物僅需要較少的水源以及使用較少的殺蟲劑與肥料來維持，此外，原生植物也已經適應了當地的地形、氣候，因此可以帶來經濟的與環境的好處(U.S. EPA-2, 1997)。而原生植物可以使用不同的方法來進行景觀美化，如下表 7：

表 7 使用原生植物進行景觀美化的方法

使用的方法	內容
將原生植物視為景觀美化原料的一部分	現存的或是新蓋的建築物地點可以使用原生的喬木、灌木與草地來代替外來的植物。自然的景觀美化在商業的資產上提供了環境的效益以及為建築物地點提供了特殊的面貌，原生植物使用在建築物景觀設計中可以創造特殊的與具有吸引力的效果。
將原生植物視為景觀美化原料的資本	配合仔細的規劃，在新開發的場址以及場址要進行景觀重新設計時，原生植物可以構成主要的景觀美化原料，這個方法可以特別適合於校園、公共設施與公園、公共的建築物、以及集合住宅的發展。它可以實現主要的環境改善與成本的節省。
使用更多的植物與少量的	過度使用混凝土、柏油與其他不透水的材料在我們的景觀會造成

<p>混凝土及柏油</p>	<p>數種的環境問題，它會讓暴雨的逕流增加以及讓溪流產生泛濫與侵蝕的狀況，它會造成都市環境的高溫化、形成不舒適的戶外環境、以及增加空調使用的需求。增加原生植物的使用在我們執行景觀美化時可以減少暴雨逕流的危害、降低溫度、減少能源花費、提昇水源品質、以及增加野生動物的棲息地。</p>
---------------	--

資料來源：整理自 A Source Book on Natural Landscaping for Public Officials, (U.S. EPA-2, 1997)

#### (六) 百萬太陽能屋頂 (Million Solar Roofs)

百萬太陽能是一項提案，其目標是要於 2010 年在 100 萬個美國的建築物建立太陽能系統。這項提案於 1997 年 6 月 26 日由柯林頓總統所公佈，其結果包括了三種運用太陽能的技術：從日光產生電力、運用太陽能加熱電池板產生國內的熱水使用、生活空間的暖氣或是溫水游泳池與太陽熱能的牆面來調節建築物內外的流通空氣(U.S. EPA, 1999)。

這個計畫是由建築產業、其他的聯邦官署 (federal agencies)、地方與州政府、公共事業部門 (utilities)、太陽能產業、財政機構與非政府組織共同設計來消除太陽能使用與發展的市場障礙，以及增加太陽能產品與應用的地方需求。百萬太陽能計畫可以讓建築物的太陽能應用變成一個強大的市場。這個計畫的三個主要目標是(U.S. EPA, 1999)：

- ◎ 減少溫室氣體與排放，使用由太陽所產生的乾淨能源。在 2010 年，會有 100 萬個太陽能屋頂，這個計畫所減少的二氧化碳排放量相當於每年從 85 萬輛車所排放的二氧化碳量。
- ◎ 創造高科技的工作機會在太陽能產業中。至 2010 年，太陽能產業可以創造接近 7 萬個新工作。
- ◎ 持續美國太陽能產業的競爭性。藉由增加太陽能的國內市場、增加國內的生產與減少太陽能系統的單位成本，這個計畫將可以讓美國的公司在全世界的市場保持其競爭優勢。

#### (七) 建造廢棄物回收 (Construction Debris Recycling)

根據美國環保署的估算指出，有四分之一到三分之一的廢棄物來自於建造與毀壞 (construction and demolition, C&D) 的廢棄物，回收與再利用這些廢棄物可以節省金錢與幫助保護自然資源。在建造與毀壞的廢棄物中，以下幾種是可以回收與再利用的，包含：廢金屬、有瓦楞的硬紙板、混凝土、柏油、磚塊、木材、石膏牆板和泥土(U.S. EPA, 1999)。

#### (八) 室內空氣品質 (Indoor Air Quality)

大部分民眾都知道室外的空氣污染會危害他們的健康，但是可能不清楚室內空氣污染也會有重大的影響，EPA 進行人類曝露在空氣污染的研究指出室內空氣的污染物可能是室外空氣的 2-5 倍，有時更超過 100 倍。這些室內空氣污染物必須特別的注意，因為大部分的民眾有超過 90% 的時間待在室內。在過去數十年間，我們曝露的室內空氣污染物逐漸增加，由於種種的因素，包括：更緊密的建築物建造、通風效率的降低、使用人造的建築原料與裝備、化學產品的使用、殺蟲劑與吸塵器等(U.S. EPA, 1995)。

根據 EPA 的「建築、工程與規劃指導方針 (Architecture, Engineering, and Planning Guidelines)」，新的辦公大樓建造需要依循此標準以減少影響室內空氣品質的污染物。根據此指導方針，最有效的室內空氣污染控制是消除、減少或控制室內空氣污染的來源，室內與室外的污染物來源都必須被考慮，在建造期間，許多的原料可能會導致室內空氣品質的降低，應該要特別注意以下的原料，如下表 8 所示(U.S. EPA, 1999)：

表 8 建築物建造期間導致室內空氣品質降低的原料種類

種類
膠黏劑、密封劑、填縫劑、木材的防腐劑、殺蟲劑、殺菌劑、地毯、地毯填料、油漆、絕緣體（熱的、火災的、聲音的）、木材鑲板、襯墊、合成的木材製品、光滑劑的化合物、控制接頭的填充料、地板覆蓋物、牆面覆蓋物、天花板的瓦片或鑲板、傢俱、系統設備

資料來源：整理自 Green Programs Information Packet, (U.S. EPA, 1999)

此外，建築物的「暖氣、通風、空調 (Heating, Ventilating, Air Conditioning, HVAC)」系統設計必須將微生物生長的狀況、化學的污染、微粒物質的釋放與分佈降至最低 (U.S. EPA, 2000)。EPA 以及建築與工程公司成功的執行了消除許多室內空氣品質的污染物，他們完成了 (U.S. EPA, 1999)：

- ◎ 詳細指明了最小污染物的原料也同時符合實用的與成本的要求。
- ◎ 建立了適合的安裝次序來預防所吸收的室內空氣品質污染物進入建築物中。
- ◎ 在建築物開始供人居住之前，要求進行室內空氣品質的檢驗。
- ◎ 隨著建築物開始供人居住，結合設計來消除特定的室內空氣品質危害物。

(九) 美國綠建築協會的綠建築評分系統：LEED(Leadership in Energy and Environmental Design)

根據美國綠建築協會 (U.S. Green Building Council) 的資料顯示，全美國商業用與居住用的建築物對環境的衝擊包括 (U.S. Green Building Council, 2001)：

- ◎ 佔了 36% 的美國總能源使用
- ◎ 佔了 65% 的美國總電力消耗
- ◎ 佔了 30% 的美國溫室氣體排放
- ◎ 佔了 30% 的美國原物料使用
- ◎ 佔了 30% 的美國輸出廢棄物 (每年產生 136 萬噸之建造與毀壞的廢棄物)
- ◎ 佔了 12% 的美國飲用水消費

基於上述建築物對全美的環境衝擊，美國綠建築協會的目標即為 (U.S. Green Building Council, 2001)：

- ◎ 整合建築產業領域：統一建築產業以綠色設計的手法來進行建造。
- ◎ 帶領市場轉變：以消費者的力量來改變建築市場的需求。
- ◎ 教育企業主與執業者：讓企業主與執業者於設計建築物前即已具備綠建築的知識。

藉以告知相關建築產業的企業主與執業人員以及社會大眾，實行綠建築可以帶來環境、經濟、以及健康與社區的效益，如下表 9 所示 (U.S. Green Building Council, 2001)：

表 9 實行綠建築所帶來的環境、經濟以及健康與社區的效益

項目	內容
環境的效益	<ul style="list-style-type: none"> <li>◎ 提昇並保護生態系統與生物多樣性</li> <li>◎ 改善空氣與水資源的品質</li> <li>◎ 減少固體廢棄物</li> <li>◎ 保護自然資源</li> </ul>
經濟的效益	<ul style="list-style-type: none"> <li>◎ 減少營運的成本</li> <li>◎ 提昇建築物的價值與利益</li> <li>◎ 增加員工的生產力與滿足感</li> <li>◎ 生命週期經濟績效的最佳化</li> </ul>
健康與社區的效益	<ul style="list-style-type: none"> <li>◎ 改善空氣、熱和聽覺的環境</li> <li>◎ 提昇居住者的舒適與健康</li> <li>◎ 使地方基礎建設的壓力減至最低</li> <li>◎ 全面生活品質的提昇</li> </ul>

資料來源：整理自 LEED Rating System, (U.S. Green Building Council, 2001)

基於上述的理由，美國綠建築協會特於 1995 年公佈了 LEED(Leadership in Energy and Environmental Design)綠建築評分系統，這套評分系統分成永續性的場址、水效率、能源及大氣、原料及資源、室內環境品質、創新及設計過程等六大項來進行評分，而每一大項又被細分為數小項，共計 69 個 credit，而除了水效率與創新及設計過程這兩項沒有先決條件外，其餘四項皆需符合先決條件才可進行評分。滿分為 69 分，經過檢驗評估之後合格者共分四個評估等級，分別是 LEED 認證 (26-32 分)、銀 (33-38 分)、金 (39-51 分) 與白金 (52-69 分) 四個等級 (U.S. Green Building Council, 2001)。

## 二、歐盟

歐盟 (European Union, EU) 目前共有 15 個成員國，而本研究主要介紹歐盟的永續設計與建造憲章，並舉其歐盟成員國中的芬蘭與瑞典兩個國家之綠建築政策來做一說明。

### (一) 歐盟的永續設計與建造憲章 (Charter)

歐盟憲章的結構回應了永續發展與二十一世紀議程 (Agenda 21) 基本的細節—27 條原則聲明，於 1992 年巴西里約熱內盧通過執行。即以創新的永續設計方法來建造。每一條原則都經過仔細的檢查並重新改寫以適用歐盟的背景與現行的協議基礎上，此憲章將重點擺在執行以及績效的監控與達成 (歐盟永續設計與建造憲章網站, 2003)。表 10 為本憲章之 27 條原則聲明。

表 10 歐盟永續設計與建造憲章之 27 條原則聲明

原則	內容
原則 1	人類是永續發展的中心考量，他們擁有健康的與可生產的生活權力處於協調的自然界中。在建築環境的規劃、設計和建造過程中可以使用朝向以人為中心的與包含全社會的方法來進行，這個方法在不同的規劃、設計和建造過程中應該是藉由廣泛多種的訓練來達成，在從業者、研究者與最終的用戶之間有意義的諮詢、合作關係與一致的意見交換，應該將之成為標準。
原則 2	歐盟的會員國有最高的權力 (依照聯合國的憲章和國際法律的原則) 去開發他們本身的資源去追隨歐盟共同使用的能源、環境與永續發展的政策目標，而且有義務去確認其本身司法權 (jurisdiction) 的行動或控制不會造成其他會員國的環境損害而超越歐盟的司法權限制。
原則 3	附屬於發展權力的職責—必須完成符合當前的和未來的能源、環境與發展需求產生之公平性。建築環境的永續性可以了解關於自然環境的永續性，包含了精確性與準確性，有 a. 設立自然環境涵容量的限值來維持本身、b. 在未來

	<p>建築環境的修改或擴大中，經由安全的控制因素來停止不足的限制、c.將人類及社會進展的性質和做法改變成有責任的與注重環境的，例如永續發展。生命週期管理應該被完全地整合到建築環境的規劃、設計與建造過程中，產品的生命週期評估、分析及評價與服務系統的使用或消費應該包含能源週期成本、環境衝擊和永續績效的評估。</p>
原則 4	<p>為了達成永續發展，環境保護與能源效率應該構成發展過程中的完整部分，而且不應該分開來考慮。環境保護與能源效率的要求應該被整合到所有歐盟的政策與行動的定義中，而且要在歐盟的所有階層中執行，特別是在地方階層。</p>
原則 5	<p>歐盟的會員國應該在保護人類權力、改善貧窮與移除社會不平等的任務中相互合作來達成永續發展。</p>
原則 6	<p>開發中國家特定的狀況與需求，特別是發展最小的與最多環境問題的國家，應該給予特別的優先考量。歐盟在能源、環境與永續發展方面的政策與行動應該強調所有人民的利益與需求。</p>
原則 7	<p>歐盟的會員國應該在全球合作的精神中相互合作來保存、防護、治癒和恢復地球生態系統的健康與完整。鑑於不同的貢獻到地球環境的墮落，國家有共同但被區分的義務，在國際間尋求永續發展之時，歐洲須承認其所承擔的責任，了解自然環境的脆弱，並且觀察廣大的現行發展與已經產生在建築環境的廢棄物，在污染進一步進入自然環境時，每個可供選擇的辦法都應該被嘗試。所有的機會都應該使用來治癒先前遭受破壞的自然環境、經由人類介入來補救最初的損害與推動自然界的自行治癒等都是這個行動的建議方針。適當的資源應該經由歐盟分配朝向適合的核能廢料處置。</p>
原則 8	<p>達成永續發展與全人類的高生活品質，歐盟的會員國應該減少並消除生產與消費型態的不永續性，以及推動適合的人口統計學的（demographic）政策。關心本地建築物的保護與方法，建築環境永續型態的規劃、設計與建造應該受到鼓舞，使用 a.在歐洲所有的建造、農業、海運業、交通與能源產業都有一致的計畫提出與教育、b.協調的財政機制與誘因在每個會員國。</p>
原則 9	<p>歐盟的會員國應該合作來加強建築物容量（capacity-building）的永續發展，藉由在資訊轉換過程中提昇科學的認知，並且藉由提高技術的發展、適應、擴散與轉變，包括新的與創新的技術。承認對永續發展的不完全了解，每個會員國應該建立一個高層級、跨越部門的研究團隊來檢查其概念，而且建議辦法與製作簡明的計畫書關於執行和監控的策略。每個會員國應該設立一個永續建造的論壇，來明確的表達必須的、合適的與能實行的永續發展概念之回應。</p>
原則 10	<p>在歐盟和其會員國，每個人都應該有知道完整環境資訊的權力，包括在他們社區中，有害原料與製程的資訊。每個人都有權力去參與決策，會員國應該幫助與鼓勵民眾體認與參與有效的資訊取得。有效的公開在歐盟所有層級的司法與行政行動，包括矯正（redress）和補償（remedy）都應該被提供。</p>

原則 11	歐盟應該制定、操作、監控及控制有效的能源、環境與永續發展的法規。標準、實施規則以及管理的目標、重點與系統都應該反映出該區域的背景。在這個世界的其他區域，歐盟的標準、規則和系統可能是完全不適當的，而且也沒有保證經濟與社會的成本，特別是在開發中國家。歐盟應該正確地制定、操作、監控及控制有效的健康、安全與社會福利的法規。人類健康和安全、環境保護與消費者保護的基礎應該要設定一個高標準，而且應該考慮到任何已被科學事實證明的新發展。
原則 12	歐盟的會員國應該合作來推動一個支援的與開放的國際經濟系統，必須在所有的國家中引導經濟的成長與永續發展，為了更進一步強調環境下降的問題。針對環境目的之交易政策測量不應該構成一個專制的（arbitrary）意思或是不公平的待遇，又或者是在國際間交易的一個假裝的約束。單方面的行動來處理歐盟司法權以外的環境挑戰應該要避免，環境測量強調跨越各種界面或是全國環境問題應該要以國際間的一致性為基礎。
原則 13	歐盟應該發展關於責任與污染受害者和其他環境危害補償的法律。歐盟也應該在一個迅速的與更果斷的制度中合作來製訂更進一步的國際法律，這個法律是有關於針對危害到人類健康的責任與賠償，以及由國家的司法或控制行動所造成的環境危害之負面影響。
原則 14	歐盟的會員國應該有效的合作來預防任何歐盟會員國會造成環境下降和危害人類健康的行動或物質的位置改變與轉變。
原則 15	預警的方法應該廣泛地應用在歐盟的會員國。在這裡指的是會危害人類健康、對環境造成嚴重的或不可逆的損害之潛值，缺少完整的科學性都不應該被視為一個理由來延緩適用的預防測量或對策。
原則 16	歐盟的會員會應該推動環境成本的國際化以及經濟手段的使用，考慮到污染者應該承擔污染的成本，並應該注意民眾的利益與健康，而且不能過度的扭曲國際間的交易與投資。
原則 17	對於任何被提議的行動若有重大的環境負面衝擊，則環境衝擊評估應該要進行，此類的評估要遵守歐盟內充足的權力與制度所授與的適當監控。
原則 18	歐盟的會員國應該立即通知其他的會員國有關任何可能會對這些會員國的環境或人類健康產生迅速有害的影響之自然災害或其他的緊急事件，並共同努力來幫助受害的國家。歐盟的資源應該直接朝向有效的管理、監控、預防與緊告系統，特別是在火災的安全設施與有害原料的貯存和製程。
原則 19	歐盟的會員國應該提供優先的與即時的通知完整相關的資訊給其他潛在受到影響的會員國或是歐盟以外的國家，說明該行動可能有重大跨國界的環境衝擊。通報應該要及早與誠實。
原則 20	女性在環境管理與發展中有極其重要的角色。她們的參與是在達到永續發展中不可缺的，老人的經驗與智慧是重要的，每個人的能力都應該被珍惜，而年輕人的創造力、理想與勇氣應該被結合起來打造一個歐洲的合作關係，來保障更好的未來。

原則 21	地方社區、本地的人與他們的社區在環境管理與發展中也是扮演重要的角色，因為他們的知識與傳統的經驗。歐盟的會員國應該辨別、按時地支援與慶祝他們個別的身分、文化與興趣，而且讓他們有效的分享永續發展的達成。
原則 22	在人類壓迫、支配和佔領之下的環境與自然資源應該被保護。
原則 23	戰爭會破壞永續發展。歐盟的會員國應該在武裝衝突時遵守國際間的法律提供對環境的保護。地雷的生產、使用與供應或地雷的技術應該經由歐盟的立法來禁止。適當的資源應該由歐盟來分配朝向世界上現有地雷的清除與處置。戰略的與作戰的核子武器與其技術應該要在歐盟的立法之下來預防。歐盟應該專心致力於現有核能的、生物的與化學的武器的清除與處置。
原則 24	和平、有責任感的人類與社會發展、環境保護與能源效率是相互依賴的與不可分割的。
原則 25	歐盟的會員國應該和平地解決他們內部或外部的環境與能源爭執，藉由適當的手段，依照歐盟的法律與聯合國的憲章。
原則 26	歐盟的能源效率、環境保護與永續發展的短期、中期和長期之策略應該要有所規劃，短期為至 2010 年、中期為 2011 到 2040 年、長期為 2041 到 2100 年。經由現有環境下降所造成的生活品質與人類進展的威脅，以及改善行動的執行與產生有益的環境衝擊之間的 great timelag，永續績效應該以歐盟 1990 年為基準。針對所有設計、建造、拆解、維持和處置階段的詳細績效指標應該使用在永續績效的目標提昇、證明目標的達成與之後不停的調整目標。
原則 27	歐盟與其制度、會員國相關的權力、以及歐洲的人民應該合作來滿足這個憲章所包含的原則，而且進一步的去製作歐盟與國際的法律，追隨永續能源效率與環境友善的發展 (Sustainable Energy-efficient Environment-friendly Development, SEED)。

資料來源：<http://www.cce.ufl.edu/affiliations/europe/charter.html>；本研究整理

## (二) 芬蘭

芬蘭的環境部 (Ministry of the Environment) 為了因應永續發展的議題，於 1998 年執行了「生態永續建造的計畫 (Programme for Ecologically Sustainable Construction)」。這個計畫的目標為 (Finnish MOE, 1998)：

- ◎ 由建造與建築物所產生的環境負荷將會大大的減少。與建築環境及建築物的設計、建造和維持有關的決策都將以生命週期的思維為基礎，現有的與新蓋的建築物之能源經濟和生態效益將會大大的提昇。
- ◎ 環境的知識與環境的技術將會變成建築產業中全國性的競爭因素。生態的考量將會被整合到建造與房屋部門的經濟目標中，房屋的價值會愈來愈受建築物生命週期成本的影響，而

且逐漸地依賴環境特徵。產品製造、建造與現在建築物的維持之能源經濟與生態效益也將改善。

- ◎ 建造與房屋部門以環境為基礎的和以消費者為導向的決策將會增加。房屋擁有者、房地產商與建築物的使用者之環境體認將會增加，產品資訊評估與證明的工具以及決策也將被開發並使用。
- ◎ 社區發展中的生態永續性也將會增加。生物多樣性與建築環境的多樣化都是社區發展的重要考量。

而該計畫主要分成 12 個行動方針 (action)，如表 11 所示 (Finnish MOE, 1998)：

表 11 生態永續建造計畫的行動

行動	內容
1.環境考量面為決策的基礎	<ul style="list-style-type: none"> <li>◎ 生命週期思維與生態效益：在建築物建造的決策中，生命週期思維是指診察建築環境的整體生命週期。生態效益指的是在生產與操作時，僅有很小的環境衝擊。應用生命週期思維來建造時，將有助於維持建築物的價值與提昇使用效率。</li> <li>◎ 環境目標與管理系統：生態永續建造和維持需要管理系統的發展，公司必須有能力察覺環境考量面與設置其需求，藉由品質與環境系統的幫助，公司可以確認目標的達成。</li> </ul>
2.環境衝擊評估的程序	<ul style="list-style-type: none"> <li>◎ 建築物的生命週期評估與環境評估程序：生命週期評估是用來調查建築物、產品或是在整個生命週期中營運的潛在環境影響，是最適合用於產品的發展與環境系統的建造。生命週期中不同階段的环境影響資料可以用來評估建築物，環境分類的目的是達到不同建築物的環境特徵可以相互比較。</li> <li>◎ 服務壽命規劃：考慮建築物的服務壽命與建築物的構成要素是在設計建築物時的重要工作。</li> </ul>
3.建築物法規	<ul style="list-style-type: none"> <li>◎ 建築物法規的改良：新版土地使用與建築物法的主要目標是改善土地使用規劃的條件與推動永續發展、減少環境危險和保護自然資源。在建築物方面則是強調環境問題、生命週期思維、鼓勵更新與保障品質。生態永續建造與更新將會被推動來讓建築物是可修補的、可供使用的以及有彈性的。生態效益與環境影響也會在立法時被考慮到。</li> </ul>
4.地方當局的永續發展測量	<ul style="list-style-type: none"> <li>◎ 地方當局將會採納生態永續建造的目標在他們永續發展測量的計畫中。</li> </ul>

5.能源經濟與健康	<ul style="list-style-type: none"> <li>◎ 提昇建築物的能源效率與生態效益，並且推動健康的建築環境。</li> <li>◎ 現有建築物的能源效率改善測量，同時考慮舒適、乾淨與健康的室內空氣品質。</li> <li>◎ 建築物的建造將朝向增加使用可再生能源的方法。</li> </ul>
6.環境效率高的建築物原料、產品與系統	<ul style="list-style-type: none"> <li>◎ 鼓勵循環使用環境效率高的建築物原料、產品與系統。</li> </ul>
7.水資源	<ul style="list-style-type: none"> <li>◎ 保護水資源並發展水源供應與廢水管理系統。</li> <li>◎ 推動節約水資源的技術並使用節省水資源的設備。</li> </ul>
8.公共部門的建築物計畫	<ul style="list-style-type: none"> <li>◎ 各部門設定推動永續發展的目標，並考慮到辦公室與各部門間的建造與財產維持。</li> <li>◎ 公共部門的建築物計畫若被採用將獲得鼓勵。</li> </ul>
9.房屋建造的生態目標	<ul style="list-style-type: none"> <li>◎ 能源部設定房屋建造時的生態永續目標，並制定生態永續建造的標準。</li> </ul>
10.研究、發展與試驗性的建築	<ul style="list-style-type: none"> <li>◎ 實際在生態永續建造與維持中進行研究、發展及試驗性的建築等工作將會獲得鼓勵。在建造與房屋部門的研究和發展計畫也會包含永續發展的目標。</li> <li>◎ 與試驗性建築有關的可能風險之解決方案將會在調查工作後完成。</li> </ul>
11.自願性符合	<ul style="list-style-type: none"> <li>◎ 於建造與房屋部門中自願減少環境負荷者將會獲得鼓勵。</li> <li>◎ ProGresS：建造與房屋部門中重要的承諾已經在 ProGresS(Profitable Green Development in Real Estate Business)中被宣佈。</li> </ul>
12.訓練與資訊	<ul style="list-style-type: none"> <li>◎ 生態永續建造的訓練與資訊宣傳將會增加。</li> <li>◎ 永續發展的原則將會結合到建造與房屋部門之職業訓練中。</li> </ul>

資料來源：整理自 Programme for Ecologically Sustainable Construction, (Finnish MOE, 1998)

### (三) 瑞典

瑞典的環境保護署 (Environmental Protection Agency, EPA) 為了因應永續發展的議題，特別於 2000 年建立了 15 個環境品質目標之中期的目標與行動策略，例如「乾淨的空氣」、「高品質的地下水」等，來帶領瑞典在未來的 10 年達成環境的改善與生態的恢復，並邁向成為一個永續的社會。這 15 個環境品質目標主要以 5 個基本的原則為基礎，分別是 (Swedish EPA, 2000)：

- ◎ 人類健康的推動
- ◎ 生物多樣性的保護
- ◎ 文化遺產的保存

◎ 生態系統長期生產能力的維持

◎ 自然資源的妥善管理

其中，在「良好的建築環境」這個環境品質目標方面提及，一個良好的建築環境應該包括 (Swedish EPA, 2000)：

◎ 建築環境提供美學的經驗與福利，並且給予廣泛的房屋、工作場所、服務與文化，讓每個人有完善的生活並能提昇生活品質，同時減少每天的交通輸求。

◎ 建築物與建築環境中的文化、歷史和建築的遺產，包括有特別價值的地區與景觀，都要受到保護以及提昇價值。

◎ 在新蓋的建築物、結構與產業以及現有建築物的使用、管理與保護之間，發展永續都市的建造。

◎ 生活、休閒與工作的環境在設計上要符合無噪音、可以接觸陽光、水與空氣等社會的需求。

◎ 未受破壞的自然區域與接近建築物的綠地，皆要符合遊憩、娛樂、地方農業經營與健康的  
地方氣候之需求而受到保護。

◎ 保護與增加生物多樣性。

◎ 限制對都市或自然環境造成干擾的交通與交通設施的設計，以免造成健康和安全的風險，  
或是不利於環境。

◎ 健全的環境、高品質的公共運輸系統與大量對行人有安全的設施是可行的。

◎ 人類免於遭受有害的空氣污染、噪音騷擾或其他不為健康與安全所接受的風險。

◎ 陸地與海洋沒有毒性和危險物質及其他污染的存在。

◎ 能源、水資源和其他自然資源的使用是有效率的、節省資源的與有利於環境的。

◎ 自然氣體需在無替代品時才能在特定的應用中使用。

◎ 砂礫的沉澱有助於飲用水的供應與自然和文化景觀的保護。

◎ 減少廢棄物的數量與危險。

◎ 廢棄物與殘餘物需要分類而且回收。

而「良好建築環境」的中期目標為表 12 所示：

表 12 「良好建築環境」的中期目標

項目	目標
1.空間與社區的規劃	<p>在 2010 年達成：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◎ 大量房屋、工作場所、服務與文化的供應，為了減少車輛的使用以及提昇運輸系統資源有效性。</li> <li>◎ 文化、歷史與美學資產的增加與保護。</li> <li>◎ 增加並保護都市與近郊區域的綠地與水資源。</li> <li>◎ 推動更多有效的能源使用、再生能源使用與發展太陽能、生物燃料與風力發電。</li> </ul>
2.特有文化與歷史價值的建築環境	<ul style="list-style-type: none"> <li>◎ 在 2010 年特有文化與歷史價值的建築環境將會被鑑定以及採用一個計畫來保護。此外，至少有 25% 有價值的建築環境會提供長期保護。</li> </ul>
3.噪音	<ul style="list-style-type: none"> <li>◎ 於 2010 年，人類曝露於交通噪音的數量與 1998 年相比較，將會減少 5%。</li> </ul>
4.砂礫的萃取 (Gravel extraction)	<ul style="list-style-type: none"> <li>◎ 在 2010 年，國家的砂礫萃取將不會超過每年 1200 萬噸，而且原料重複使用的比例至少佔了道路、鐵路使用量的 15%。</li> </ul>
5.廢棄物	<ul style="list-style-type: none"> <li>◎ 掩埋廢棄物的量（不包括採礦廢棄物）將於 2005 年較 1994 年減少 50%，同時廢棄物產生的量也不會增加。</li> <li>◎ 所有的掩埋場址都將於 2008 年符合一致的標準，而且符合歐盟廢棄物掩埋的環境要求。</li> </ul>
6.建築物中的能源使用	<ul style="list-style-type: none"> <li>◎ 由住宅與商業建築物的能源使用所產生之環境衝擊將會減少，而且於 2010 年達到低於 1995 年的標準。</li> </ul>

資料來源：Swedish EPA, 2000；本研究整理

### 三、日本

#### （一）國家行動方針（The National Action Plan for Agenda 21）

日本為了回應永續發展與二十一世紀議程（Agenda 21）的細節，於 1993 制定了國家行動方針，並於 1994 年開始實施。此行動方針的內容共有四十章，其中在第七章提及如何提昇人類永續居住地的發展（Japan MOE, 1993），詳細的內容請參考表 13。

表 13 日本提昇人類永續居住地的發展做法

內容	做法
1.提供所有人足夠的住處	<ul style="list-style-type: none"> <li>◎ 藉由在房屋相關領域中投資的持續擴展、累積高品質的房屋與創造安全的及健全的生活環境，日本將達成房屋標準的改善。</li> <li>◎ 日本將實現在都市地區中土地合理的與健全的使用，而且都市功能的更新也會被測量來改善非法的住處</li> </ul>

	<p>(如貧民窟),並發展計畫以提供高品質的房屋與改善公共設施。</p> <p>◎ 為了達到房屋與環境的和諧,日本將推動環境的測量,包括住宅與建築物中能源的保護以及在與自然調和中生活。這些測量包括全球暖化、能源保護、利用自然能源、水資源的循環使用與廢棄物的回收。</p>
2.提昇人類住處的管理	<p>◎ 針對生活環境改善的計畫,日本已提供高品質的房屋、改善區域的基礎設施與創造基礎設施(如道路、公園)。</p> <p>◎ 針對改善房屋區域的以下計畫,都可以用來幫助政府執行,有「毀壞的居住地區復原計畫」、「全社區生活環境改善計畫」、「街道改善計畫」與「小型社區改善計畫」。</p> <p>◎ 至於由每日生活所造成的噪音與臭味之對策,日本將協助地方居民的自願性活動,而且也將在聲音概念下完成模式計畫。此外,也有其他增加公共意識的行動。</p> <p>◎ 為了預防都市無計畫地擴展,日本將朝向適當的土地使用與都市發展之工作,而且也將推動合適的都市政策來發展和諧的環境。</p>
3.推動永續土地使用規劃與管理	<p>◎ 日本將改正東京都中廠房設施(facilities)與人口的過度集中問題以及分散至其他地區的需求,藉由重新安置和調動首府的功能、分散大城市和產業的功能、以及改善運輸、溝通與資訊系統。</p> <p>◎ 日本將促成經由改正土地交易與合併不動產交易市場之合適的土地價格標準實現。</p> <p>◎ 藉由合併與證實土地使用的計畫,日本將推動適當的與合理的土地使用,而且考慮到自然環境的保護、污染預防與其他環境保護的類型。</p> <p>◎ 日本將推動房屋與居住土地的供應、推動大城市的房屋發展、確保用以出租的高品質房屋之有效、以及推動都市基礎建設的改善。</p> <p>◎ 日本將推動有效的土地利用、鼓勵都市化區域中規劃良好的農耕用地轉換成居住用地、先前未充分利用或未使用土地的發展、以及國家的與公共的土地使用。</p> <p>◎ 日本將藉由土地課稅系統來合理化與土地相關的經濟負荷。</p> <p>◎ 日本將改善與證實關於土地的資訊。</p>

<p>4.推動環境相關基礎建設的整合供應：水、衛生、污水及固體廢棄物的管理</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◎ 關於供水系統，日本將發展測量安全高標準供水系統的建造，提供穩定的水源供應。</li> <li>◎ 在污水方面，政府將鼓勵在小型與中型城市中改善，並且計畫在 2000 年達到污水系統服務的範圍接近 70 %。</li> <li>◎ 日本將鼓勵市府當局制定家庭廢水的處置計畫，以及推動社區處理廠的建造。</li> <li>◎ 在固體廢棄物方面，日本將推動廢棄物處置廠房設施的建造，包括焚化與最終處置。</li> <li>◎ 日本將推動與環境有關的基礎建設之改善方法，包括污水系統改善、挖泥、水源運輸、緩衝綠地的增加與廢棄物處理設備的改善。</li> </ul>
<p>5.在人類住處推動永續的能源與運輸系統</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◎ 宣傳與介紹有較少環境負荷的能源，並且推動有效的能源與資源使用。</li> <li>◎ 推動少量環境負荷的能源技術研究與發展，並且推動能源與資源有效使用的技術。</li> <li>◎ 減少環境負荷的能源轉換技術。</li> <li>◎ 在運輸系統方面，實現能源的有效使用與減少環境負荷。</li> <li>◎ 推動交通噪音的測量。</li> <li>◎ 有系統地處理關於住宅的能源有效使用。</li> </ul>
<p>6.推動位於容易受災區域之人類住處的規劃與管理</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◎ 政府已經與地方當局和私人組織共同合作在推動不同種類的行動，以(a)國際間的合作與交流推動、(b)日本災害對策的推動、(c)增加公眾意識的行動這三點為基礎來實施，日本將在未來持續推動這三個重點。</li> <li>◎ 為了預防災害，除了預測與警告的發佈之外，日本推動了可以提供與火山爆發與地震相關的資訊工具。</li> </ul>
<p>7.推動永續建築產業的行動</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◎ 為了減少在建造場址的相關建造廢棄物，日本將推動過度包裝的廢除，以及原料的預先製造和按規則裁剪。此外，在混凝土鑲板方面，為了推動熱帶木材消耗的合理性，日本將推動替代木材的使用以及不採用混凝土鑲板建造方法的發展。</li> <li>◎ 為了推動資源的有效使用，日本將推動回收原料的再利用。此外，為了推動建築相關廢棄物的適當處置，日本將推動現有的與廢除的建築物之測量。</li> <li>◎ 日本將推動有考慮到能源與資源保護建造的建築物之使用，此外，也將訓練人民去獲得相關的技術。</li> <li>◎ 為了提高建築物的耐久性與減少建築物廢除的頻率，</li> </ul>

	<p>日本將推動確保建築健全的系統、水源供應與污水系統的適應性。</p> <p>◎ 為了控制氟氯碳化物（CFCs）的排放，日本將推動空調設施中的氟氯碳化物置換成不含氟氯碳化物的設備。</p> <p>◎ 為了提高在建築場址的工作效率，日本將推動建造方法的簡單化與合理化。</p> <p>◎ 除了在環境周圍的建築物修補與廢棄的場址，持續地監控石棉的程度外，日本將執行有害空氣污染物的曝露評估，包括室內空氣品質。</p> <p>◎ 為了減少在建造與廢除場址的噪音與振動程度，日本將推動營運技術的研究、發展與擴散。</p>
--	---

資料來源：整理自 The National Action Plan for Agenda 21, (Japan MOE, 1993)

## （二）日本永續建築物協會（Japan Sustainable Building Consortium）

為了推動永續建築，日本永續建築物協會結合了學術界、產業界與政府部門三方面的合作，發展出一套新的環境評估系統，稱為「建築物環境效益的綜合評估系統（Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency, CASBEE）」。其主要的目標是要符合政治的要求與市場的需要兩方面，在建築物的生命週期中考慮環境衝擊，進而達成社會的永續發展（Murakami, Iwamura, Sato, Ikaga and Endo, 2002）。

在設計過程中，CASBEE 包含了各種的評估工具，其中包括了設計前的評估工具、為環境設計(Design for Environment)的工具、生態標章（Eco-labeling）的工具以及永續營運與更新的工具。每一個評估工具都有其目的以及有計畫的針對特定的使用者來使用，這些都會在表 14、表 15 中解釋；此外，它也涵蓋了建築物不同形式的評估，包括：辦公室、學校、及複合式單元（multi-unit）居住的建築物（日本永續建築物協會，2002）。

表 14 CASBEE 中的各種評估工具

評估工具	內容
1.設計前的評估工具	允許擁有者與規劃者鑑定計畫的基本內容，這個工具會建議適合的場址選擇以及這個計畫的基本衝擊。
2.為環境設計(Design for Environment)的工具	用於設計者與工程師的一個簡單的自我估算查核系統來改善在設計過程期間相關建築物的建築物環境效益。
3.生態標章（Eco-labeling）的工具	使用在建築物完工後，以建築物環境效益的觀點來對建築物評分。這個工具也可以使用來決定在市場中獲得標章的建築物其基

	本的財產 (property) 價值。
4.永續營運與更新的工具	提供建築物的擁有者與管理者一些資訊有關於如何改善建築物設計後的建築物環境效益。

資料來源：日本永續建築物協會，2002；本研究整理

表 15 CASBEE 中的各種評估工具之適用範圍

	主要的使用者	設計前階段	設計階段	設計後階段		
		規劃階段	設計階段	完成階段	營運階段	更新設計階段
0.設計前的工具：應用在新的建築物	顧客、規劃者、設計者	在規劃階段，可以研究的評估議題包括場址選擇與計畫	在最初的設計階段，評估的議題是可以去研究的			
1.為環境設計的工具：應用在新的建築物	顧客、設計者（在這個階段，測量是做建築物營運的評估）		在設計階段，可以進行的評估議題是：1.能源消耗 2.資源循環 3.地方的環境 4.室內的環境	在詳細的設計階段，可以研究的評估議題包括在建築物完成期間的設計修改		
2.生態標章的工具：應用在評估包括營運的經驗與現有的建築物	顧客、設計者、營造商（顧客信賴設計者的自我評估與請求，由第三團體來判斷）			臨時的評估與臨時的標章工具，用於環境關懷的設計	評估與貼標章包括接近一年使用或多年使用的營運經驗	
3.永續營運與更新的工具：應用在現有建築物的營運改善與更新	顧客、設計者（顧客信賴顧問的評估）				評估與貼標章包括接近一年使用或多年使用的營運經驗	在更新時間上的評估考慮用於建築物設計階段與詳細的設計階段的評估

資料來源：日本永續建築物協會，2002；本研究整理

## 第參章 我國綠建築推廣作法

### 一、綠建築推動方案

我國綠建築推動方案於 2001 年 3 月 8 日由行政院核定，並自 2001 年 3 月 21 日由內政院建築研究所開始實施。其政策的總目標為「配合綠色矽島建設目標，積極推動維護生態環境之綠建築」。次目標則有（內政部營建署，2001）：

- ◎ 促進建築與環境共生共利，永續經營居住環境。
- ◎ 落實建築節約能源，持續降低能源消耗及減少二氧化碳排放。
- ◎ 發展室內環境品質技術，創造舒適健康室內居住環境。
- ◎ 促進建築廢棄物減量，減少環境污染與衝擊。
- ◎ 提昇資源有效利用技術，維護生態環境之平衡。
- ◎ 獎勵並建立綠建築市場機制，發展台灣本土亞熱帶建築新風貌。

具體的實施方針為（內政部營建署，2001）：

- ◎ 中央機關或受其補助達二分之一以上，且工程總造價在新台幣五仟萬元以上之公有新建建築物，自民國九十一年一月一日起，應先行取得候選綠建築證書，始得申請建造執照。九二一震災災區及直轄市、縣（市）政府公有建築比照訂定實施方式辦理。
- ◎ 建築外殼節約能源設計（Envload）之規定，列為建造執照必須抽查項目，並辦理查核。
- ◎ 獎勵或補助改善舊有建築物能源消耗計畫。
- ◎ 建立室內環境品質評估及綠建材標章制度。
- ◎ 研（修）訂建築廢棄物回收及再生利用相關技術規範與法規制度。
- ◎ 研（修）訂綠建築相關獎勵機制。

### 二、綠建築標章

內政部建築研究所為了積極推動綠建築政策，於 1999 年公開甄選出「綠建築標章」作為推動綠建築的獎勵標誌，並制定了綠建築的七項評估指標系統（綠化指標、基地保水指標、日常節能指標、CO<sub>2</sub> 減量指標、廢棄物減量指標、水資源指標、污水垃圾改善指標）來作為綠建築的評估依據；在實施三年多來，發現其七項評估指標系統的內容尚有待改善之空間，

並有擴大的餘地，因此決定將原先的七項評估指標再增加「生物多樣性指標」與「室內環境指標」，組成最新的綠建築九大評估指標系統，以作為國內綠建築評估的主軸。這九大指標可歸納為生態 Ecology(含生物多樣性指標、綠化量指標、基地保水指標)、節能 Energy Saving(日常節能指標)、減廢 Waste Reduction(CO<sub>2</sub> 減量指標、廢棄物減量指標)、健康 Health(室內環境指標、水資源指標、污水垃圾改善指標)等四大部分，簡稱為「EEWH 系統」(內政部建築研究所，2002)。分述如下：

- (一) 生物多樣性指標：主要在於顧全「生態金字塔」最基層的生物生存環境，也就是保全分解者、綠色植物生產者以及初級生物消費者的生存空間。換言之，就是在建築外部環境上，創造多樣化的生物生存條件，亦即以保全生物鍊上最基盤的小生物棲地為主。
- (二) 綠化量指標：此一指標是植物對二氧化碳之吸收效果以量化的方式來呈現。根據國立成功大學建築研究所的研究指出，在台灣都市中常見的植物由幼苗至四十年成樹之間，對於二氧化碳吸收的效果如下(表 16)所示。可以符合「綠化自小樹苗開始種起」的綠化政策。

表 16 台灣各種植栽 CO<sub>2</sub> 固定量 (kg/m<sup>2</sup> · 40 年)

植栽種類	CO <sub>2</sub> 固定量
闊葉大喬木	808
闊葉小喬木、針葉木或疏葉形喬木	536
大棕櫚類	410
灌木	217
多年生蔓藤	82
草花花圃或高莖野草地	46
一年生蔓藤或低莖野草地	16
人工修剪草坪	0

資料來源：內政部建築研究所，2002

- (三) 基地保水指標：藉由促進基地的透水設計並廣設貯留滲透水池的手法，以促進大地之水循環能力、改善生態環境、調節微氣候、緩和都市氣候高溫化現象。
- (四) 日常節能指標：建築物的生命週期可長達五、六十年之久，從建材生產、營建運輸、日常使用、維修、拆除等各階段，皆消耗不少的能源，其中又以日常使用所耗的能量最大，因此「日常節能指標」乃以建築物外殼、空調及照明耗電為主要評估對象。

- (五) CO<sub>2</sub> 減量指標：乃是指所有建築物軀體構造的建材(目前暫不包括水電、機電設備、室內裝潢以及室外工程的資材)，在生產過程中所使用的能源而換算出來的 CO<sub>2</sub> 排放量。因此此一指標也就是節約建材所減少之 CO<sub>2</sub> 的排放。
- (六) 廢棄物減量指標：即是達到「結構合理化」、「建築輕量化」與「建材再生化」等三項工作。本指標乃由建築計畫、構造設計乃至施工管理之固體及空氣污染控制因素來評量其污染量，藉以抑制各類營建污染物之發生量。
- (七) 室內環境指標：主要在評估室內環境中，隔音、採光、通風換氣、室內裝修、室內空氣品質等影響居住健康與舒適之環境因素，並減少室內污染傷害以增進生活健康。本「室內環境指標」以音環境、光環境、通風換氣與室內建材裝修等四部份為主要評估對象。
- (八) 水資源指標：本指標主要分成兩部分予以進行評估，一是對於用水器材之評估，即要求必須全面採用節水器具；二是對於大量耗水項目之評估，亦即要求大量耗水用戶必須加倍付出彌補的代價，本指標要求以自來水替代率做為重要依據。
- (九) 污水垃圾改善指標：本指標要求建築物在空間規劃及設施設置方面必須符合充足的空間容量、密閉衛生的確保、簡便的操作流程等三項原則。

綠建築九大評估指標系統之修正概要以表 17 綜合說明，而評估準則以表 18 綜合說明，詳細的說明及各指標的計算方程式，請參考內政部建築研究所之評估手冊(2003 年更新版)：

表 17 綠建築九大評估指標系統之修正概要

指標名稱	修改重點
1.生物多樣性指標	新增指標。限用於二公頃以上基地。明列生態綠網、小生物棲地、植物多樣性、表土保護等評估大項。合格值分為城鄉不同基準。
2.綠化量指標(更名)	將生態相關評估移列生物多樣性指標。放寬喬木種植間距。合格值改分城鄉不同基準。
3.基地保水指標	部分內容更改。合格值改分城鄉不同基準。
4.日常節能指標	將外殼、空調、照明改為個別評估。外殼擴及體育館等大型空間評估。空調列入防止超量設計與冰水主機效率評估。照明改為照明用電密度基準法評估。
5.CO <sub>2</sub> 減量指標	取消樓版挑空偏心評估，簡化部分認定值。納入舊建築物再利用評估優惠。

6.廢棄物減量指標	工程平衡土方認定放寬。增加地下工程廢水污泥處理優待係數之獎勵。營建自動化與再生建材使用率優惠係數放大。施工不平衡土方比例、施工空氣污染比例最大、最小值設限。納入舊建築物再利用評估優惠。
7.室內環境指標	新增指標。納入音、光、照明、通風、綠色建材等簡易評估（預告援用未來綠色建材標章評估）。
8.水資源指標	要求省水器材 100%設計。納入對大耗水用戶強制雨水貯集利用彌補措施。
9.污水垃圾改善指標	強化垃圾指標合格基準。

資料來源：內政部建築研究所，2002

表 18 綠建築九大評估指標之評估準則

九大評估指標之評估準則與符號說明	
生物多樣性指標	<p>新增指標。限用於二公頃以上基地，小於二公頃的基地得免接受本評估指標之監督。其內容分成(1)生態綠網、(2)小生物棲地、(3)植物多樣性、(4)土壤生態等四個領域之生態品質來評估。</p> <p>生物多樣性指標得分 <math>BD = \sum Xi &gt; BDc</math></p> <p>BDc：生物多樣性指標基準值</p>
綠化量指標	<p><math>TCO_2 = (\sum Gi \times Ai) \times \alpha</math>      <math>TCO_2</math>：基地綠化之總 <math>CO_2</math> 固定量計算值(kg)</p> <p><math>A' = 0.5 \times r \times A_0 - A_p</math>      <math>Gi</math>：某植栽種類之單位面積 <math>CO_2</math> 固定量(kg/m<sup>2</sup>)</p> <p><math>TCO_2 &gt; TCO_{2c} = 600 \times A'</math>      <math>Ai</math>：某植栽之栽種面積基準(m<sup>2</sup>)</p> <p><math>TCO_{2c}</math>：綠建築綠化總 <math>CO_2</math> 固定量基準值(kg)      <math>A'</math>：最小綠地面積(m<sup>2</sup>)</p> <p><math>A_0</math>：基地面積(m<sup>2</sup>)      <math>A_p</math>：學校類建築不可綠化之運動場地面積(m<sup>2</sup>)</p> <p><math>r = 1 - \text{法定建蔽率}</math>      <math>600</math>：單位綠地 <math>CO_2</math> 固定量基準(kg/m<sup>2</sup>)</p> <p><math>\alpha</math>：生態綠化優待係數，亦即針對有計畫之原生植物、誘鳥誘蝶植物、耐污染植物等生態綠化之優惠。無特殊生態綠化者設 <math>\alpha = 1.0</math>。80%綠地面積以上有生態綠化者優待係數為 1.2，60%綠地面積以上有生態綠化者優待係數為 1.1。此優待必須由設計者提出之整體植栽生態計畫說明後由委員會認定後使用之。</p>
基地保水指標	<p><math>\lambda = \text{開發後基地保水量} \div \text{原土地保水量} \geq \lambda_c</math></p> <p><math>\lambda</math>：基地保水指標</p> <p><math>\lambda_c</math>：基地保水指標基準（學校校園整個評估採 0.5，其他建築基地採 <math>\lambda_c = 0.8 \times r</math>）</p> <p><math>r = 1 - \text{法定建蔽率}</math>，但 <math>r &lt; 0.15</math> 時，<math>r</math> 以 0.15 計。</p>
日常節能指標	<p>將外殼、空調、照明改為個別評估。在建築外殼節能設計評估方面，依據現行建築技術規則節能指標來判斷，其合格判斷公式如下：</p> <p><math>E_{EV} = EV \div EV_c \leq 0.8</math>      <math>E_{EV}</math>：建築外殼節能效率，無單位</p> <p><math>EV</math>：建築外殼耗能指標      <math>EV_c</math>：建築外殼耗能基準</p> <p>空調採用熱源容量密度及 COP 法來規範（對於採用小型窗型冷氣或小型分離式空調系</p>

	<p>統則不予評估，直接令 EAC=0.8)。其合格判斷公式如下：</p> $EAC = 0.6 \times (AC_{sc}/AC_s) \times \left[ \frac{\sum (HC_i \times COP_{ci})}{\sum (HC_i \times COP_i)} \right] \times (R_s + 0.2 \times R_f + 0.2 \times R_p) \times R_m \leq 0.8$ <p>EAC：空調系統節能效率，無單位  ACs：冰水主機設計供應面積(m<sup>2</sup>/RT) ACsc：冰水主機最大供應面積基準(m<sup>2</sup>/RT)  HCi：各冰水主機容量(RT)，1RT(冷凍噸)=3024Kcal/h  COPi：冰水主機設計性能係數，由設計單位提供型錄證明，無單位  COPci：冰水主機設計性能係數標準，無單位  Rs：熱源節能效率，無單位 Rf：送風系統節能效率，無單位  Rp：送冰水系統節能效率，無單位 Rm：其他總系統節能效率，無單位</p> <p>照明則以照明用電密度基準 UPD 法來規範（住宅類建築不予評估，令 EL=0.8），合格判斷公式如下：</p> $EL = \left[ \frac{\sum n_i \times w_i \times B_i \times C_i \times D_i}{\sum A_i \times UPD_i} \right] \times (1.0 - \beta_2 - \beta_3) \leq 0.8$ <p>EL：照明系統節能效率，無單位 Ai：室內各種作業空間之樓地板面積(m<sup>2</sup>)  UPDi：室內各種作業空間設計照度之照明用電密度基準(W/m<sup>2</sup>)  ni：某 i 類燈具數量 wi：某 i 類燈具之功率(W) Bi：安定器係數  Ci：照明控制係數 Di：燈具反射效率係數  β2：10×再生能源節能比例 Rr β3：建築能源管理系統效率</p>
CO <sub>2</sub> 減量指標	$CCO_2 = F \times S \times W \times (1 - R) \quad CCO_2 \leq 0.88$ <p>CCO<sub>2</sub>：建築物軀體 CO<sub>2</sub> 排放係數 F：形狀係數  S：結構系統係數 W：輕量化係數 R：非金屬再生建材使用係數</p>
廢棄物減量指標	<p>PI=工程不平衡土方比例 PIe+施工廢棄物比例 PIb+拆除廢棄物比例 PId+施工空氣污染比例 PIa-公害防治加權係數 β</p> $PI \leq PIc = 0.9 + 0.9 + 0.9 + 0.6 = 3.3$ <p>PI：營建污染指標 PIc：營建污染基準值</p>
室內環境指標	<p>新增指標。室內環境指標由音環境、光環境、通風環境及室內裝修等四部分綜合而成，其評估採用成大建研所健康建築研究室之專家評分法，以音、光、通風、室內裝修四部分之加權計算來評估。</p> $IE = \sum X_i \times Y_i \geq 60$ <p>Xi：各部分評估得分 Yi：各部分評估加權係數</p>
水資源指標	<p>要求省水器材 100%設計。納入對大耗水用戶強制雨水貯集利用彌補措施，也就是以自來水替代率 Rc 值來作為用戶彌補措施之評估。</p>
污水垃圾改善	<p>污水指標要求必須全面達到評估手冊之污水指標查核表的合格要求才算符合本指標。  垃圾指標只針對基地內公共垃圾處理的空間景觀及衛生環境設計條件來評估，一般非社區型透天住宅可免除本指標的評估。</p>

指標	
----	--

資料來源：修改自「綠建築指標評估系統推廣和應用之研究」(黃亮達、胡憲倫，2002)

### 三、挑戰 2008 年：國家重點發展計畫

在「挑戰 2008 年：國家重點發展計畫」中的「綠營建計畫」主要分成「綠建築」與「綠校園」兩部分來執行(行政院經濟建設委員會，2002)，請參考表 19。

表 19 「挑戰 2008 年：國家重點發展計畫」之「綠營建計畫」

綠營建計畫		
	綠建築	綠校園
內容概要	<p>「綠建築推動方案」於 2001 年奉行政院核定實施後，執行情況良好，各界讚譽頗多。惟方案擬訂略嫌保守，若干實施範圍較小，經費編列不足，使得實施效果未能充分發揮。故為及早達成綠色矽島建設目標，積極推動維護生態環境之綠建築，六年國建除持續辦理方案所訂各項工作外，另將優先推動辦理下列事項，以提昇環保綠建築效益：1.擴大公有建築興建綠建築之管制範圍。2.擴大補助舊有公有建築物節能改善計畫。3.建築廢棄物再生利用技術研發、驗證及推廣產製。</p>	<p>台灣全面向『綠色矽島』邁進的同時，如何將既有的校園改造成具有永續性、前瞻性以及環保性的未來校園，為教育部積極考量的課題；經歷九二一大地震後，學校建築的安全成為重要考量因素，而應用校園環境規劃與學校建築環境改造，能促使社區具備未來點對點之網絡架構，進而串連社區與學校成緊密結合的綠色鄰里單元，具有各自社區文化與環境之獨特性，以及共通之永續性，並經由再生能源發展方案及綠建築之推廣與落實同時面對地球環境議題，正為目前校園轉型改造為具前瞻性的綠色校園之意向。</p>
預期效益	<ul style="list-style-type: none"> <li>◎ 通過評定之綠建築，每棟至少可比相同規模之一般建築節約兩成之用電量及用水量。其餘尚有綠化、保水、CO<sub>2</sub>減量、廢棄物減量、污水及垃圾改善等效益。</li> <li>◎ 舊有建築佔總建築量比例極高，且若干不當設計之舊有建築耗能嚴重。本項將優先針對極耗能之公有建築進行節能改善工程，預估改善後，將可減少空調及照明耗電量。</li> <li>◎ 建築廢棄物再生利用技術研發後，各項骨材、產品之銷路及市場機制建立，方是成敗關鍵。本項需政府部門，包括交通部、經濟部(土木工程)、環保署(綠色採購方案)等通力合</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◎ 除建立省能、省資源、健康、舒適的校園建築及生態環保回收利用之校園環境外，亦能建立本土永續校園技術應用與評估實例，以整合成省能環保健康之校園環境應用技術，提供未來國內永續校園規範依據。</li> <li>◎ 從校園出發推動社區再造方案，以校園公共空間作為示範，利用居民參與方式獲致鄰里社區認同，具有凸顯地域特色、順應環境條件、凝聚社區意識等效益，創造出各社區與校園緊密結合之生態教育示範社區。而該示範校園，亦同時呈現教育改革之理念，即為理想九年一貫課程試行示範學校，回歸教育改革方針，同步為永續</li> </ul>

	作。預估以每年達成廢棄物減量10%，逐年遞增，以達防制環境污染目的。	教育播下種子。 ◎ 若改造績效良好，可推廣至各縣市辦理，編列為縣市政府長年執行項目之一，即可逐步完成全國性綠色校園改造工程。而各縣市建立之永續生態校園案例，可提供與生態旅遊參觀點與達到社區環境教育應用之目的。
期程	2002-2007 年	2002-2007 年
進度	持續辦理	規劃中

資料來源：整理自「挑戰 2008：國家重點發展計畫（2002-2007）」（行政院經濟建設委員會，2002）

#### 四、檢討

在比較世界各國推廣綠建築的作法後，本研究發現我國在綠建築的推動上過於偏重在技術面的執行，也就是以我國自行發展的綠建築九項評估指標系統作為是否符合「綠建築」標準之依據，而忽略了綠建築推動的政策面與公共參與面（社會、心理與經濟）。以歐盟為例，歐盟的永續設計與建造憲章即是以永續發展的思維來訂定，因此兼顧了永續發展中經濟、社會與環境三個面相達到平衡的作法，並擬定了短、中、長期的時程與策略來達到永續發展，希望成員國皆已此憲章為最高指導原則來進行其國家的綠建築決策。例如歐盟的成員國—瑞典在建立環境品質目標時主要以 5 個基本的原則為基礎，分別是：人類健康的推動、生物多樣性的保護、文化遺產的保存、生態系統長期生產能力的維持、以及自然資源的妥善管理（Swedish EPA, 2000）。這 5 個基本的原則即同時兼顧了環境面、社會面與經濟面，因此，我國在倡議邁向永續發展的同時，應先探討其決策的形成是否考量了環境、社會與經濟三相；而在綠建築推動上，也要反省其執行是否過於偏重在技術面，而忽略了政策面與公共參與面。此外，我國目前的評估指標系統是否侷限在建築物本身，以及是否與未來建築物或永續發展的趨勢不一致都是值得我們來探討的。

## 第肆章 綠建築工具之比較與國內實際案例分析

綜合以上所述，我國綠建築的推廣可以有以下幾種做法：

- ◎ 發展綠建築應用工具。世界各國已有針對建築物之生命週期評估發展出一些實用性達到某種程度的電腦資料庫軟體，如 P2-EDGE (美國)、BEES (美國)、ATHENA (加拿大) 等，皆可以幫助我們迅速地掌握各種重要的環境問題。
- ◎ 綠建築標章認證。從美國綠建築協會的 LEED 綠建築評分系統、日本永續建築物協會的 CASBEE 一直到我國內政部建築研究所所發展的綠建築九項評估指標系統，綠建築標章的認證已被各國視為其推廣綠建築的做法之一。
- ◎ 整合建築產業領域。建立建築產業的供應鍊，結合綠色原料、綠色設計以及綠色消費，讓建築產業成為一封閉的迴路，將廢棄物減至最少，以符合建築物的永續發展。
- ◎ 教育企業主、設計師與規劃者。政府定期性的宣導與授課，讓企業主、設計師與規劃者在進行建築物的設計和建造之前即已具備有綠建築的知識。

而本研究主要針對「發展綠建築應用工具」與「綠建築標章認證」這兩部分做深入探討。至於為什麼會以這兩個部分為主要研究的主題，主要是能夠符合國際的潮流以及希望藉由實際的案例證明來反映出國內綠建築標章的取得難易度。因此在「發展綠建築應用工具」中，分析比較了各國綠建築相關應用工具 (P2-EDGE、BEES、ATHENA、CASBEE 等) 與我國所發展的 G-BEST2001 之功能與適用性，並提出建議。而在「綠建築標章認證」中，即是針對之前文獻中的兩件實際建築案例為基礎，來探討能符合舊版之七項評估指標系統的建物，在評估指標擴增為九項後，仍然能夠符合綠建築的要求。以突顯綠建築標章之取得其實不困難，讓我國綠建築的推廣更為有效。

## 第一節 綠建築相關應用工具比較介紹

### 一、G-BEST2001 (內政部建築研究所, 2002)

內政部建築研究所針對綠建築評估指標系統進行第二次修訂時，也考慮到由於有許多指標的審查與應用涉及到較為複雜的公式運算，為了省卻繁複的指標計算，並能即時將資料結果反應出來以做為建築設計時的調整，內政部建築研究所特將綠建築七大指標改寫成可在個人電腦上簡易操作的評估系統 G-BEST 2001(Green Buildings Evaluation System in Taiwan)，該系統是利用 Microsoft Office 系列中的 Excel 軟體，並搭配 Visual Basic for Application(VBA) 作為開發環境，此軟體的輸出方式請參考表 20。

表 20 G-BEST2001 的報表輸出方式

綠建築評估資料彙表								
申請編號	123	申請項目	<input type="checkbox"/>	綠建築標章(已完工取得使用執照)				
申請受理日期	2001/7/16		<input checked="" type="checkbox"/>	綠建築候選證書(未完工已取得建築)				
建築名稱	建築研究中心	門牌	台南市大學路一號					
申請人姓名	林先生	地號	12345					
基地概要								
基地面積 m <sup>2</sup>	2360	地面層面積 m <sup>2</sup>	1044					
法定建蔽率 %	65	設計建蔽率 %	44					
法定容積率 %	0	設計容積率 %	0					
綠建築指標通過檢查								
	申請項	指標名稱	基準值	計算值	判斷式	合格判斷		
綠建築 指標評 估大要	<input checked="" type="checkbox"/>	綠化指標	TC <sub>2c</sub>	206500	TC <sub>2c</sub>	285005	TC <sub>2c</sub> ≥TC <sub>2c</sub> ?	合格
	<input checked="" type="checkbox"/>	保水指標	λ <sub>c</sub>	0.52	λ <sub>c</sub>	0.74	λ <sub>c</sub> ≥λ <sub>c</sub> ?	合格
	<input checked="" type="checkbox"/>	日常節能指標	E <sub>ic</sub>	1.65	E <sub>i</sub>	1.64	E <sub>i</sub> <E <sub>ic</sub> ?	合格
	<input checked="" type="checkbox"/>	CO <sub>2</sub> 減量指標		0.88	CCC <sub>2</sub>	0.72	CCC <sub>2</sub> <0.88?	合格
	<input checked="" type="checkbox"/>	廢棄物減量指標	F <sub>ic</sub>	3.50	F <sub>i</sub>	3.38	F <sub>i</sub> <F <sub>ic</sub> ?	合格
	<input checked="" type="checkbox"/>	水資源指標	住宅類 WR	0.80	住宅類 WR	1.00	住宅類 WR≤0.8?	不合格
	<input checked="" type="checkbox"/>		其它類 WE	0.80	其它類 WE	0.82	其它類 WE≥0.8?	合格
<input checked="" type="checkbox"/>	污水垃圾改善指標	配管檢查、GI	10	GI	15	GI≥10?	合格	
						合格指標數	7	

資料來源：內政部建築研究所網站

### 二、ATHENA Model(ATHENA Sustainable Materials Institute, 2000)

ATHENA 是一個針對建築物設計與研究的環境評估工具，已經由 ATHENA Sustainable Materials Institute (一個由私人和政府部門組織所支援的非營利組織) 所發展出來。設計師可以使用它來觀看完整結構和單一模組的生命週期對環境的影響，以及可以試驗不同的設計與不同材料的混合來達到最佳的環境設計藍圖。製造商可以使用它來做為製程的基準以及評估使用不同的技術或生產過程對環境的影響。研究者可以使用它來更了解與環境相關的建築物

部分，包括相關的政策。

ATHENA 允許建築物做整體生命週期架構設計概念上的比較，其資料庫包含典型的模組、標準的結構產品和現有的代表技術來製造產品。這個 model 主要是應用在設計層數較少（不超過五樓）的商業、公共團體的（institutional）、輕工業和居住用的建築物。

這個 model 有以下幾個特色：

- ◎ 傳統的與新的鋼、木材、水泥產品和結構上的模組。
- ◎ 生命週期的階段是從天然資源的開採到現場結構的個別產品製造（包括所有的運輸階段）。
- ◎ 完整的環境盤查資料包括資源使用（能源、原物料以及水）與排放到空氣、土地和水的廢棄物。
- ◎ 獎勵從混凝土中提煉出再利用的鋼成分和飛灰成分。
- ◎ 一些有選擇性的衝擊指標。

ATHENA 環繞著三個單元來建構—輸入單元、計算單元和輸出單元。使用者只需要關心在輸入和輸出單元。

#### （一）輸入單元

環繞著特定建築物設計的問題，已經發展出一套先前就決定好的建築物模組能夠讓使用者選擇。這些模組的材料或產品的數量，也連接到這個 model 的生命週期盤查資料庫中。因此使用者能夠選擇模組的使用來辨認設計的程序，不需要去轉換組成原料的重量、體積或是範圍。

這個 model 中的模組有可辨識的建築物結構，可以清楚地定義大小和成分，當要發展一個結構的設計時，設計師可以迅速地想像和操作（如圖 3）。目前有四個模組的種類：1.基礎、2.地板和屋頂系統、3.牆，以及 4.圓柱和樑、或是支柱和樑、組合物。

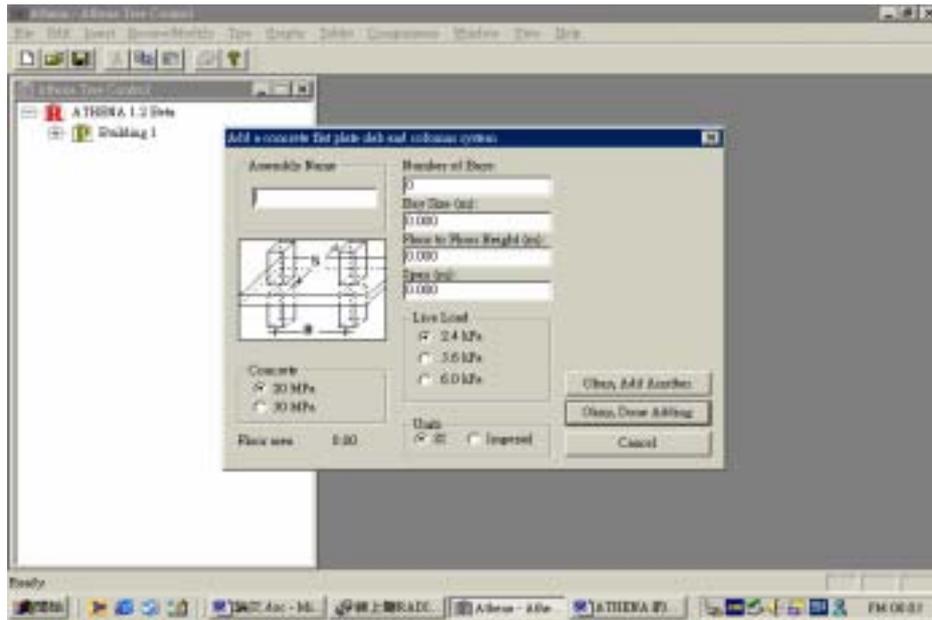


圖 3 ATHENA 的輸入表單

## (二) 輸出單元

關於輸出單元，這個 model 提供了詳細的生命週期盤查在設計上面。並會將其結果以下列六種型式顯示在圖表中：

1. 集合生態加權的資源需求
2. 具體化的能源輸入型式
3. 全球暖化潛值
4. 水中毒性影響的指標
5. 空氣中毒性影響的指標
6. 固體廢棄物

使用者可以選擇自己偏好的指標來做比較，也可以進行全部的指標比較（圖 4 所示）。

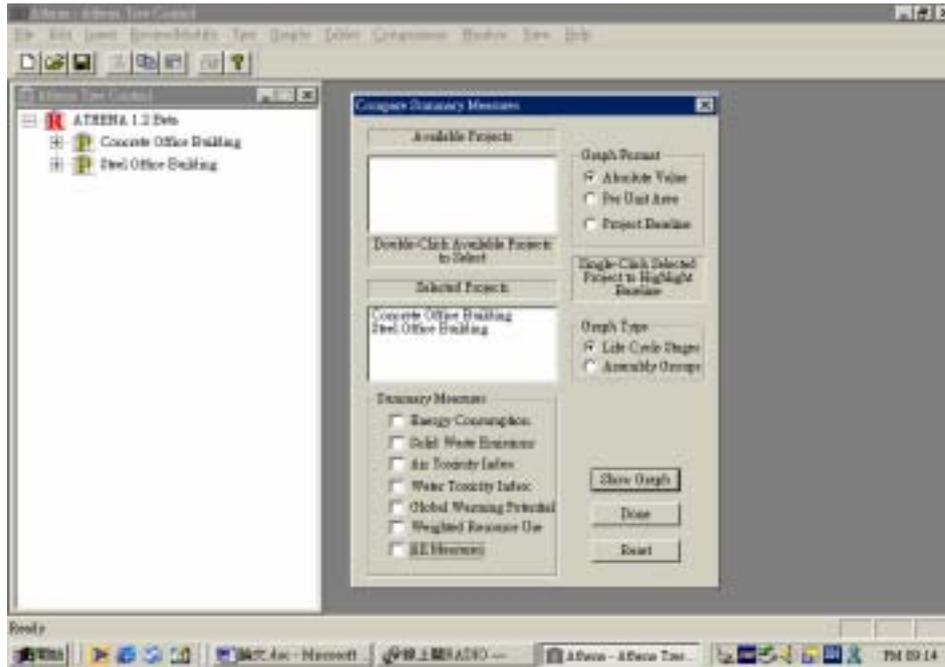


圖 4 ATHENA 的輸出比較表單

### 三、P2-EDGE Tool(U.S. PACIFIC Northwest National Laboratory, 1995)

Pollutant Prevention Environmental Design Guide for Engineers (P2-EDGE) Tool 是由 U.S. PACIFIC Northwest National Laboratory 所開發，它包含了兩個單元—介紹（orientation）與分析（見圖 5）。介紹單元提供背景資訊來幫助你了解 P2-EDGE 的目的而且提供策略讓你更有效率的使用這個軟體。而分析單元則是呈現意見、圖例說明和文獻資訊來幫助計畫團隊鑑定污染預防的機會，可能會應用在他們的設計計畫內。

P2-EDGE 工具是以三種基本的做法在環境設計上，而且是一套整合性的工具合併了污染預防策略在新產品、製程和廠房設施（facilities）裡面來減少生命週期的成本。

- （一）污染預防（P2）的基礎：包含了污染預防的定義、污染預防的歷史、污染預防的等級制度以及污染預防的效益。
- （二）為環境設計（DfE）的基礎：包括了為環境設計的定義、歷史、在設計期間污染預防的效益及為環境設計的方法。
- （三）污染預防設計評估（P2DA）：包括污染預防設計評估的定義、工具、架構和污染預防設計評估的階段。

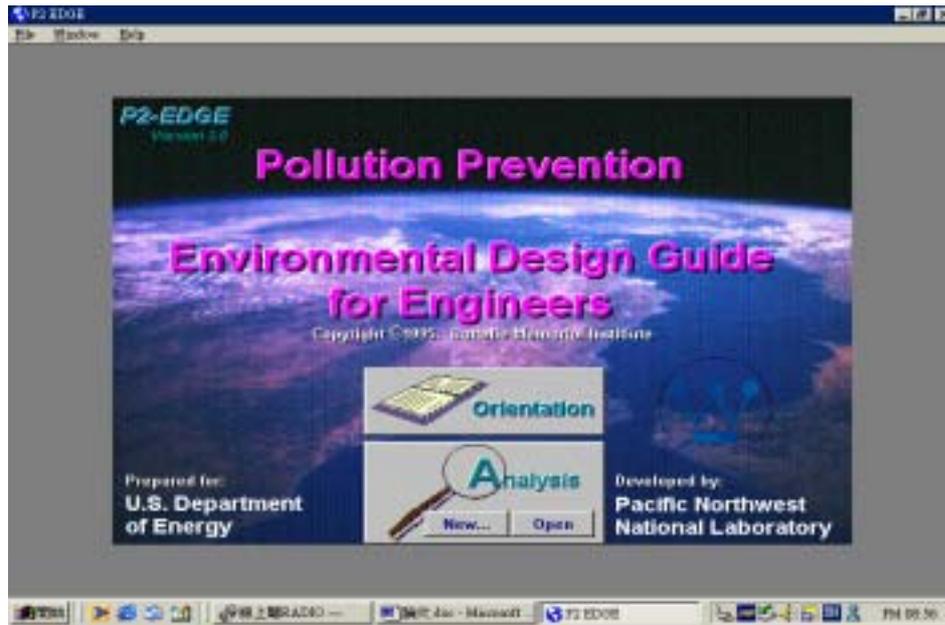


圖 5 P2-EDGE Tool 的起始畫面

P2-EDGE 的資料庫包括了從技術性的文獻、產業設計的人員以及政府的與私人的產業來源中獲得污染預防的機會。原始的 P2-EDGE 資料庫集中在工廠的設計上；其他的資料庫則尚在開發中。

四、BEES Tool(U.S. National Institute of Standards and Technology Building and Fire Research Laboratory, 2002)

BEES(Building for Environmental and Economic Sustainability)軟體是執行一個合理的、系統化的技術來選擇環境上和經濟上達到平衡的建築產物，是由 U.S. National Institute of Standards and Technology Building and Fire Research Laboratory 發展出來。這個技術是以一致的標準以及設計達到實用性、有彈性和透明性為基礎，這個視窗決策支援軟體主要是針對設計師、建築師和產品製造商的需求，包括了實際環境上的和經濟上的共 65 個建築產物的績效資料。

BEES 測量建築產物的環境績效是使用 ISO14040 標準系統中的環境生命週期評估方法。而經濟上的績效是使用 ASTM(American Society for Testing and Materials)標準生命週期成本方法來測量，涵蓋了最初的調查、替換、操作、維持和修補、以及處置的成本。結合環境績效與經濟績效兩者而成的一個總績效的測量是使用 ASTM 標準多屬性決策分析。就整個 BEES 的分析而言，建築產物是以 ASTM 標準建築物要素分類為基礎來定義及分類。

## 五、CASBEE(Japan Sustainable Building Consortium, 2002)

### (一) CASBEE 的架構

CASBEE 的架構主要分成四部分來探討，分別是：

#### 1. 環境涵容量與場址界面的限制

以地方環境的涵容量或是整個地球來看已經被認定達到了極限，當執行環境的評估時，封閉的生態系統的概念已經變成必須要決定環境的涵容量，當評估建築物之環境時，它也急須要呈現封閉系統的概念以決定與建築物相關的環境涵容量應該要被評估，所以一個由建築基地所界定的假設性封閉空間，是用以作為建築物的環境評估之用。

#### 2. 評估封閉系統的假設界面

CASBEE 評估建築物的環境衝擊，因此討論兩個因素關於兩種不同空間的類型，因為假設界面的概念，這兩種因素可以互相被清楚地定義與區分。其中一個是環境負荷的因素，定義為「負面的環境衝擊延伸外表 (outside) 至公共的環境，範圍超越假設的封閉空間」。另外一個是在假設的封閉空間範圍內的環境績效改善，定義為「針對建築物使用者的生活舒適改善」。在 CASBEE 中，這兩個因素稱為「Q：建築物的環境品質與績效」以及「L：建築物的環境負荷」。詳細說明請參考圖 6。

#### 3. 環境評估的生態效益 (eco-efficiency)

整合這兩個因素的評估連接了環繞場址之假設界面的內部與外部，此生態效益指標的觀念在 CASBEE 中被介紹，生態效益正常被定義為「每單位環境負荷中產品或服務的價值」。這個定義是以模擬一棟建築物有益的輸出與非有益的輸出加上輸入之間的一個比例，它發展出一個建築物環境效益的概念。詳細說明請參考圖 6。

#### 4. 場址界面的內部與外部空間

在場址界面的範圍內，空間是被分成界面的內部空間與外部空間。內部空間可以被相關建築物的使用者所控制，包括擁有者與規劃者；而外部空間實際上不能去控制而且是屬於公共的面積。

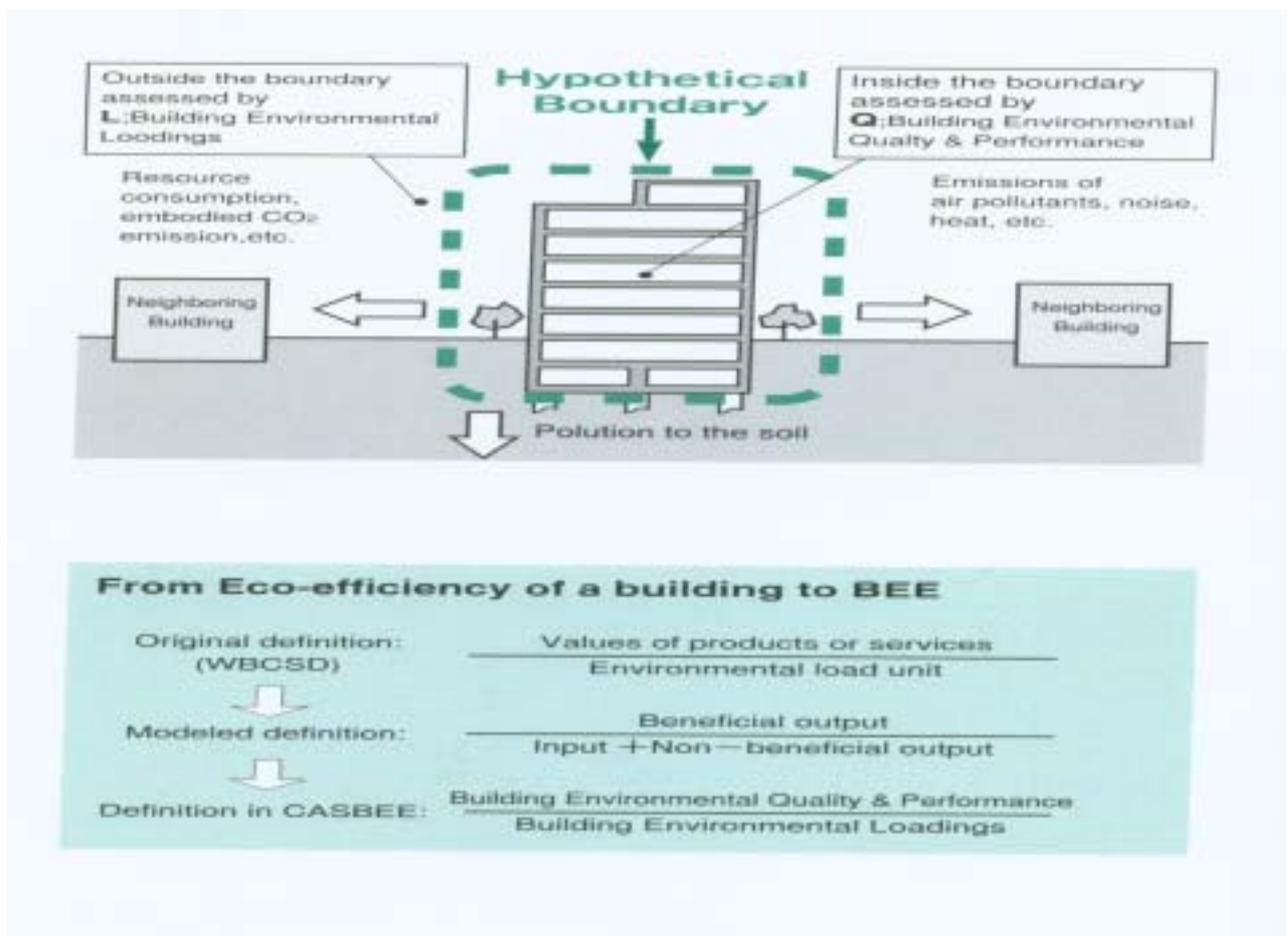


圖 6 CASBEE 評估系統的假設界面與生態效益

## (二) 建築物環境效益 (Building Environmental Efficiency, BEE) 的概念

### 1. 建築物環境效益的定義

建築物環境效益是被提議為 CASBEE 中的一個重要的概念，建築物環境效益可以幫助我們清楚 CASBEE 的評估結果，將它們傳達成一個簡單的形式，其分子是建築物的環境品質與績效，而分母是建築物的環境負荷。

### 2. 評估名詞

CASBEE 涵蓋以下四個評估的考量面：(1)能源消耗、(2)循環的資源使用、(3)地方的環境、與(4)室內的環境。介紹這些新的建築物環境效益的概念需要調整評估的名詞，重新分類成兩類，分子 Q (建築物的環境品質與績效) 與分母 L (建築物的環境負荷)。如圖 7 所示。

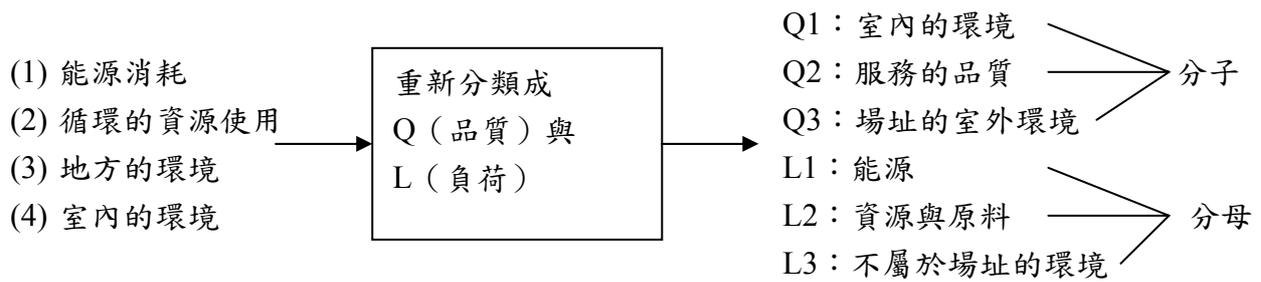


圖 7 CASBEE 評估系統之評估種類

資料來源：Japan Sustainable Building Consortium, 2002；本研究整理

### 3. 以建築物環境效益為基礎的環境標章

建築物環境效益的值是藉由連接評估結果與原點 (0,0) 的梯度線呈現在圖表上，較高的 Q 值與較低的 L 值所形成之較大的梯度，其意義即表示建築物是更永續的，使用這個方法，它變得可以去透過圖表來呈現建築物環境評估使用這些梯度所界定範圍的結果，這個圖顯示建築物的評估結果如何在圖上被歸類成等級 C、等級 B-、等級 B+、等級 A 與等級 S (按順序來增加建築物環境效益的值)。如圖 8 所示。

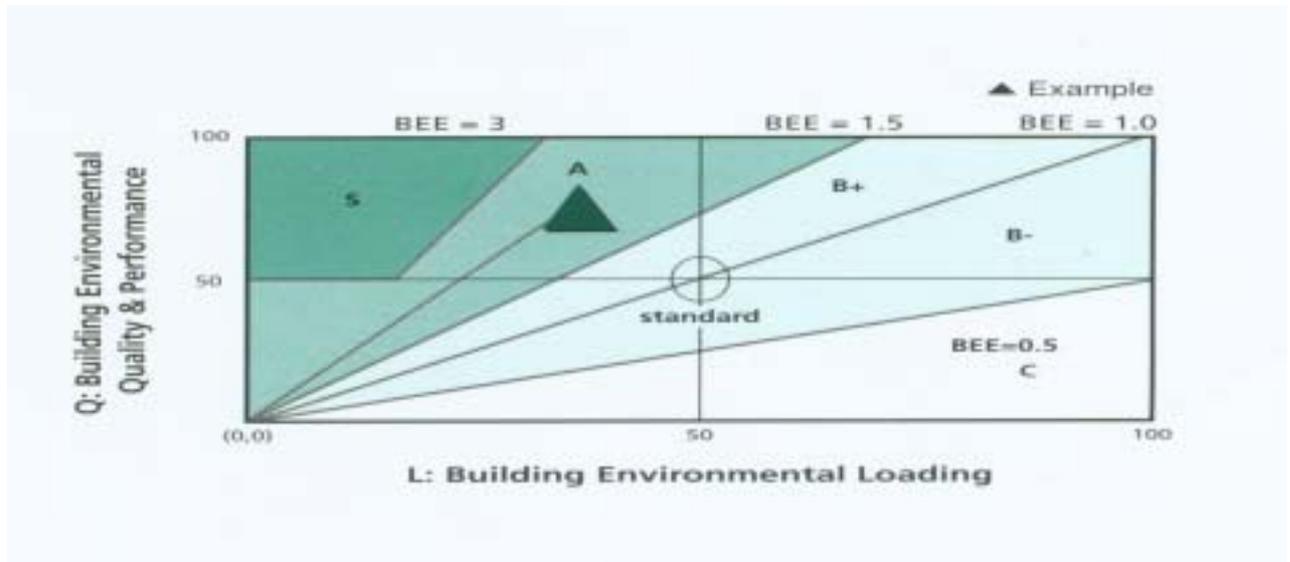


圖 8 以建築物環境效益為基礎的環境標章

#### (三) 結構

要執行這個系統，評估人(assessor)在每個設計階段要填寫兩個評估的表格：計分表(score sheet)與評估結果表(assessment result sheet)。

#### 1. 計分表 (score sheet)

##### (1) 評估的種類

以評估名詞的重新分類為基礎，Q(建築物的環境品質與績效)被分成 Q-1(室內的環境)、Q-2(服務的品質)與 Q-3(位於場址的室外環境)三種；LR(建築物環境負荷的減量)也被分成 LR-1(能源)、LR-2(資源與原料)與 LR-3(不屬於場址的環境)三種。

## (2)給分

給分是以每個評估名詞的計分標準為基礎，在評估的期間，這些標準應用到評估是同時考慮了技術與社會的標準層級，此給分系統是以 5 分為滿分，而每個評估的名詞再計算其平均值。

## (3)權重

每個評估的名詞，例如 Q-1、Q-2 及 Q-3 都要被加權，所以在這個評估種類 Q 裡的權重係數總和要等於 1，針對每個評估名詞的分數都要與權重係數相乘，而且加總 Q 或 LR 總分，分別為  $S_Q$  與  $S_{LR}$ 。

## 2. 評估結果表 (assessment result sheet)

### (1)計畫的大綱

建築物評估的大綱會被呈現而且包括一些如建築物種類、地區、建築物的樓層範圍的資訊。

### (2) CASBEE 的結果

a. 類別的結果：總結成一個雷達圖、條狀圖與數值的形式，如圖 9 所示。

(a)雷達圖：從 Q-1 到 LR-3 每個類別的分數可以在雷達圖中找到。

(b)條狀圖：針對 Q 類別的評估結果會顯示在上層，而 LR 類別的結果則是顯示在下層。

b. 建築物環境效益 (BEE)

從 Q 與 L 之結果計算的建築物環境效益的資訊會顯示。在 CASBEE 中，Q 與 LR 的評估尺度範圍從 1 到 5，而  $S_Q$  呈現 Q 類別的分數，分子 Q 是由  $S_Q$  而來；同樣地，分母 L 是由  $S_{LR}$  的計算而來 ( $S_{LR}$  呈現 LR 類別的分數)。

圖 9 的右邊說明建築物環境效益的定義如下：

$$BEE = Q/L = 25(S_Q - 1) / 25(5 - S_{LR})$$

$S_Q = Q$  類別的分數

$S_{LR} = LR$  類別的分數

在這裡， $Q$  定義為  $Q = 25(S_Q - 1)$ ， $L$  定義為  $L = 25(5 - S_{LR})$

圖 9 的左邊顯示  $Q$  與  $L$ ，這條線的梯度呈現出建築物環境效益的值，這個圖顯示了所評估建築物的相關環境永續性，舉例來說，一個普通的建築物可能表現出 0.6 的建築物環境效益，而被分類在 B-的等級；反之，永續建築物可能達到 2.8，而被分類在 A 等級。

(3) 選擇的評估名詞

這個部分指出環境評估的有用資訊，它並沒有包括在建築物廣泛評估的部分，而它也包括了指標的量化數值與設計過程的評估。

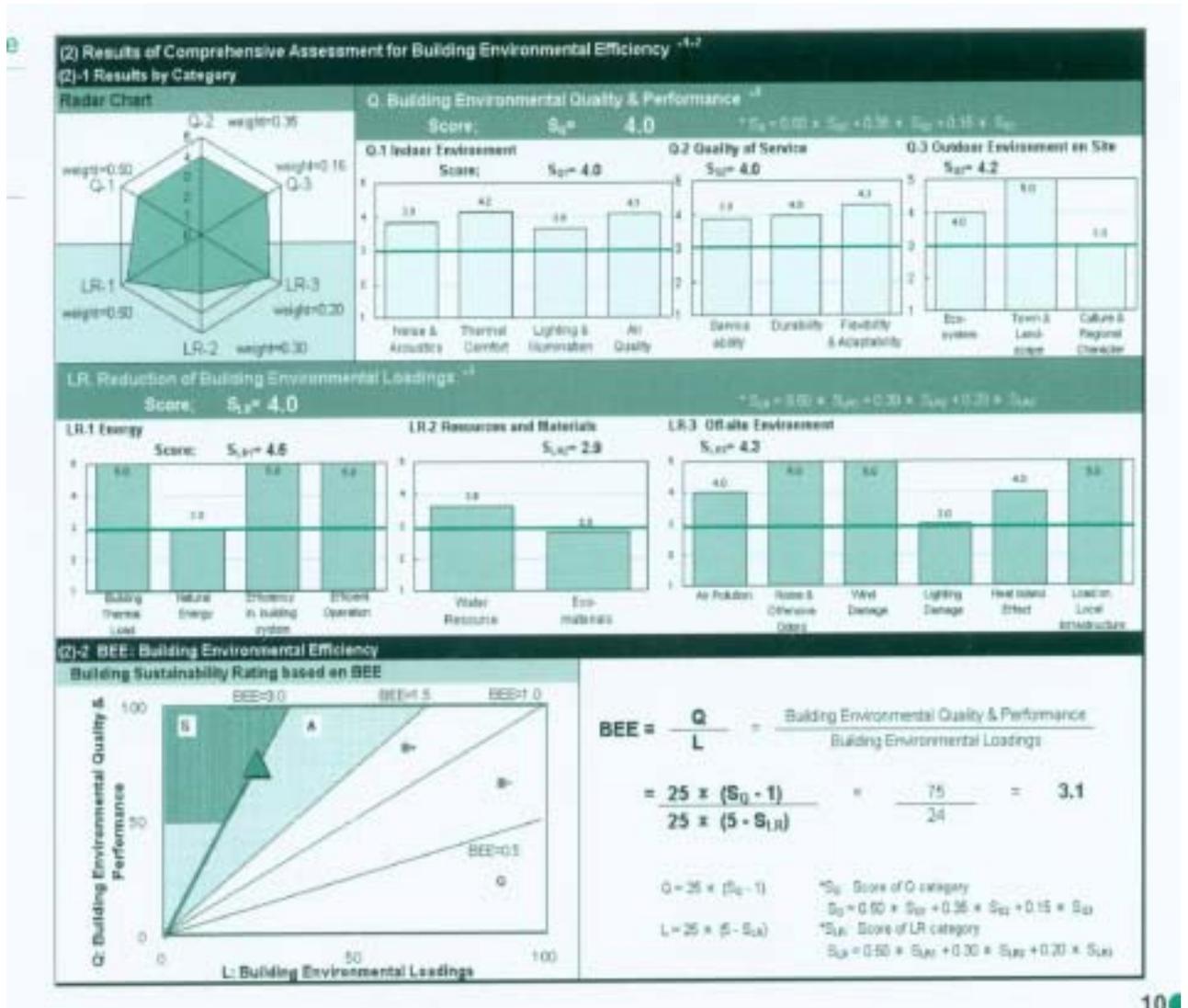


圖 9 CASBEE 的結果呈現

## 六、結果與分析討論

綜合上述所介紹與分析的 G-BEST2001 與 ATHENA、P2-EDGE、BEES、CASBEE 五種綠建築相關的應用工具，製成以下的比較表（表 21），期可以讓人簡明易懂。此外，並針對於研究過程中所發現之問題來進行討論。

表 21 綠建築生命週期管理工具之比較表

	G-BEST 2001	P2-EDGE Version 2.0	ATHENA Beta 1.2	BEES Version 3.0	CASBEE
發展國家	台灣	美國	加拿大	美國	日本
年份	2001	1995	2000	2002	2002
考量面	環境面	環境面	環境面	環境面/經濟面	環境面
結果輸出	定性/定量	定性	定量	定量	定量
適用範圍	建築物	新產品、製程、廠房設施	建築物、製程、單一模組	建築物	建築物
操作難易度	易	中	中	難	易
資料庫	無	有	有	有	無
實用性	佳	中	中	中	佳

註：年份欄為所介紹版本的發展年份

資料來源：修改自「綠建築生命週期管理工具之比較研究」（曲筱帆，胡憲倫，2002）

### （一）發展一套適合台灣本土綠建築研究之資料庫：

本研究發現，目前常用的綠建築工具其所用的原物料、能源、環境等資料均為國外的資料，當使用在國內的建築物上，可能會造成若干誤差，而無法具代表性；因此建立一套屬於台灣本土化的資料庫實為第一優先考量。

### （二）評估指標系統的考量尺度：

本研究分析比較了世界各國的綠建築推動作法與相關的應用工具，研究結果發現目前世界各國於執行綠建築工作時並無以特定的指標系統來做評估判斷，而是在執行前即已將指標系統中所約束的標準予以考量，亦即是在規劃前就已具備有達成指標所訂定標準的思維；而我國尚以各項指標來作為一評斷的基礎，這樣會造成營造商於建築物建造時僅以符合指標之規定標準為目標的心態來進行施工，而失去了綠建築最原始的意義，這個重點是值得我國政府相關部門思考的方向所在。

## 第二節 案例實證操作

### 一、案例分析

本研究之二個案是座落於嘉義縣市之 RC 構造單棟建築與透天集合住宅，兩個案例同屬住宅類之建築物，而案例一為地上二層無地下室之獨立住宅，基地面積為 1487.6m<sup>2</sup>，地面層面積為 309.42m<sup>2</sup>，建築物高度 8m，因為位於建蔽率低且比較容易通過綠建築候選證書或標章的鄉下地區，其法定建蔽率為 60%，而實際建蔽率為 20.8%；此外，案例二則是位於建蔽率高，且都市熱島效應亦較嚴重的市區，為一地上三層地下一層之集合住宅，其基地面積 4016m<sup>2</sup>，地面層面積 1919.6m<sup>2</sup>，建築物高度 11.4m，因位於市區，其法定建蔽率為 50%，而實際建蔽率為 47.8%。詳細建築物基本資料請參考黃亮達、胡憲倫（2002）。

### 二、實證操作：

#### （一）生物多樣性指標

由於兩個案之基地規模皆小於二公頃，因此無須接受本評估指標之監督。

#### （二）綠化量指標

案例一建築基地面積 1,487.6 m<sup>2</sup>，基地法定建蔽率 60%，實際建蔽率僅為 20.8%，為一超低建蔽率之建築物，全區綠化計植栽有闊葉大喬木 16 m<sup>2</sup>、小喬木 240 m<sup>2</sup>、棕欖類 20 m<sup>2</sup>，並植有杜鵑、桂花等灌木類面積達 406 m<sup>2</sup>，佐以蔓藤如炮仗花、九重葛 30 m<sup>2</sup>，花草 48 m<sup>2</sup> 及其餘裸露地均平鋪草皮。而案例二之建築位於建蔽率較高的市區，建築基地面積 4,016 m<sup>2</sup>，基地法定建蔽率 50%，實際建蔽率為 47.8%，共計植栽有闊葉大喬木 40 m<sup>2</sup>、小喬木 640 m<sup>2</sup>、棕欖類 80 m<sup>2</sup>，灌木類面積達 456 m<sup>2</sup>，多年生蔓藤 100 m<sup>2</sup>、花草 120 m<sup>2</sup> 等。

案例一：TCO<sub>2</sub> = 808×16 + 536×240 + 410×20 + 217×406 + 82×30 + 46×48

$$= 242,538(\text{kg})$$

$$\text{TCO}_{2c} = 600 \times 0.5 \times (1 - 0.6) \times 1,487.6 = 178,512(\text{kg})$$

$$\text{TCO}_2 > \text{TCO}_{2c} \text{ 合格}$$

案例二：TCO<sub>2</sub> = 808×40 + 536×640 + 410×80 + 217×456 + 82×100 + 46×120

$$= 522,785(\text{kg})$$

$$TCO_{2c} = 600 \times 0.5 \times (1 - 0.5) \times 4,016 = 602,400(\text{kg})$$

$TCO_2 < TCO_{2c}$  不合格

### (三) 基地保水指標

經查表計算得案例一開發後基地保水量為  $1,021.2\text{m}^3$ ，原土地保水量  $1,487.6\text{m}^3$ ，基地法定建蔽率  $r=60\%$ ；案例二開發後基地保水量為  $1,788.48\text{m}^3$ ，原土地保水量  $4,016\text{m}^3$ ，基地法定建蔽率  $r=50\%$ 。

案例一：基地保水指標  $\lambda = \text{開發後基地保水量} \div \text{原土地保水量}$

$$= 1021.2 \div 1487.6$$

$$= 0.69$$

基地保水指標基準  $\lambda_c = 0.8 \times (1 - 0.6) = 0.32$

$$\lambda = 0.69 > \lambda_c = 0.32 \text{ 合格}$$

案例二：基地保水指標  $\lambda = \text{開發後基地保水量} \div \text{原土地保水量}$

$$= 1788.48 \div 4016$$

$$= 0.45$$

基地保水指標基準  $\lambda_c = 0.8 \times (1 - 0.5) = 0.4$

$$\lambda = 0.45 > \lambda_c = 0.4 \text{ 合格}$$

### (四) 日常節能指標

案例一之建築因利用適度配置以製造陰影產生遮陽效果，其屋頂更採用高隔熱之陶瓷磚瓦複層構造，可獲較佳之節能效果。而案例二之建築物位於都市地區，熱島效應亦較為嚴重，但因建築間留有通行車道，故通風、採光與散熱效果均相當良好，且夜間採感應式照明節能設計也有較佳之節能效果。也因二個案屬於低樓層的住宿類建築，並非中央空調型建築也無高耗能設計，所以日常節能指標較易符合標準，運用公式計算如下：

案例一、二：建築外殼節能評估  $EEV = EV/EV_c$

$$= 0.06/0.16$$

$$= 0.375$$

所以  $EEV \leq 0.8$  本指標符合

案例一、二：空調系統節能評估  $EAC=0.8$ （因本案並非建築技術規則所規定之中央空調型建築物，所以令  $EAC$  為  $0.8$ ）

所以  $EAC \leq 0.8$  本指標符合

案例一、二：照明系統節能評估  $EL=0.8$ （因兩個案皆屬住宅類建築，故令指標  $EL$  為  $0.8$ ）

所以  $EL \leq 0.8$  本指標符合

#### （五）CO<sub>2</sub> 減量指標

案例一採取整體衛浴等合理化工法，達到二氧化碳減量、節約能源，及節省資源等目標，經查表計算得其形狀係數  $F=1$ 、結構系統係數  $S=0.9$ 、輕量化係數  $W=1$ 、非金屬再生建材使用係數  $R=0.1$ ；而案例二也採用乾式隔間、整體預鑄浴廁等營建自動化的工法，經查表計算得其形狀係數  $F=1.05$ 、結構系統係數  $S=0.9$ 、輕量化係數  $W=0.96$ 、非金屬再生建材使用係數  $R=0.1$ 。

案例一： $CCO_2 = 1 \times 0.9 \times 1 \times (1 - 0.1) = 0.81$

$CCO_2 < 0.88$  合格

案例二： $CCO_2 = 1.05 \times 0.9 \times 0.96 \times (1 - 0.1) = 0.82$

$CCO_2 < 0.88$  合格

#### （六）廢棄物減量指標

案例一因基地面積規模較小，經查表計算得工程平衡土方比例  $PIe=0.4$ 、施工廢棄物比例  $PIb=0.91$ 、拆除廢棄物比例  $PId=1$ 、施工空氣污染比例  $PIa=0.88$ 、公害防制加權係數  $\beta=0$ 。而案例二基地地下室土方開挖上採挖方填方平衡設計，挖填土方移做景觀綠化使用，對廢棄物減量有莫大的貢獻經查表計算得工程平衡土方比例  $PIe=1.145$ 、施工廢棄物比例  $PIb=0.74$ 、拆除廢棄物比例  $PId=1$ 、施工空氣污染比例  $PIa=0.4$ 、公害防制加權係數  $\beta=0$ 。

案例一： $PI = 0.4 + 0.91 + 1 + 0.88 - 0 = 3.19$

$PI < PIc = 3.3$  合格

案例二： $PI = 1.145 + 0.74 + 1 + 0.4 - 0 = 3.285$

$PI < PIc = 3.3$  合格

#### （七）室內環境指標

案例一之音環境 A=20、B=25、C=25，所以 X1=70 分；光環境 D=10、E=50、F=12，所以 X2=72 分；通風換氣環境 G=100，所以 X3=100 分；室內建材裝潢 H=15、I=5、J=20、K=5，所以 X4=45 分；而室內裝修建材之生態建材優惠得分方面，因本案完全沒採用其他的生態建材，所以 L、M、N、O、P 皆為 0，所以 X5=0。所以本項指標綜合得分為 14+14.4+20+18=66.4>60 分，所以本案例之室內環境指標合格。

案例二之音環境 A=20、B=25、C=25，所以 X1=70 分；光環境 D=10、E=50、F=12，所以 X2=72 分；通風換氣環境 G=80，所以 X3=80 分；室內建材裝潢 H=15、I=5、J=15、K=5，所以 X4=40 分；而室內裝修建材之生態建材優惠得分方面，因本案完全沒採用其他的生態建材，所以 L、M、N、O、P 皆為 0，所以 X5=0。所以本項指標綜合得分為 14+14.4+16+16=60.4>60 分，所以本案例之室內環境指標剛好勉強合格。

#### (八) 水資源指標

案例一與案例二皆全面採用省水標章認證之節水設備（如省水水龍頭、省水馬桶與淋浴蓮蓬頭等），所以其節水設計皆可達到要求。

而案例一雖有較多之人工草皮，但其澆灌設施皆抽取其景觀水池內之蓄水來澆灌植物，得以再次利用，而其屋頂雨水也直接落於植栽草坪上，並無接管排出，即省卻了大量的自來水澆灌，所以自來水替代率也高於 8%（註一），而案例二大量耗水之人工草皮面積小於 100m<sup>2</sup>，其水資源指標評估皆為合格。

（註一）：屋頂集水面積 160m<sup>2</sup>

$$W_r = 4.68 \times 160 \times 0.273 = 204.4 \text{ 公升/日}$$

$$\text{雨水利用設計量 } W_d = 250 \times 1 \times 4 = 1000 \text{ 公升/日}$$

$$\text{因為 } W_r < W_d, \text{ 所以 } W_s = W_r = 204.4 \text{ 公升/日} = 0.2 \text{ 噸 (m}^3\text{/日)}$$

$$\text{雨水貯集槽容積規劃 } V_s = N_s \times W_s = 10.97 \times 0.2 = 2.194 \text{ m}^3$$

$$\text{自來水替代率 } R_c = 204.4 \div 1000 = 0.2044 = 20.44\% > 8\%$$

#### (九) 污染垃圾改善指標

污水指標：案例一由於是獨棟建築，雨水系統直接就落在四周的草坪及透水磚之上，無需另外接管排出。而基地內污水均由後方排水管收集，經基地污水處理系統處理後，

再排至下水道系統。而案例二由於是市區集合建築，基地內所有污水均經基地污水處理系統處理後，再排至下水道系統，故二個案其污水指標均合格。

垃圾指標：因案例一是獨棟建築、案例二是一般非社區型透天住宅，並無公共垃圾集中場的衛生問題，應可取消本指標的評估。且二個案位於嘉義縣、市內，必需配合政府環保單位的垃圾不落地與資源回收等措施，由垃圾車與資源回收車按時清運，故均符合垃圾指標之要求。

### 三、結果與分析討論

針對兩個案例進行綠建築九項評估指標之實際評估運算後，其結果是：案例一完全符合九項評估指標之合格基準；而案例二除了在綠化量指標沒有達到合格標準外，剩餘的八項評估指標亦符合合格標準，仍然可以取得綠建築的標章（自民國 92 年 1 月 1 日起，除了由現行的七項指標增加為九項指標外，其綠建築指標之通過數亦由原定兩項門檻指標增訂為四項指標，惟「日常節能指標」及「水資源指標」兩項仍為必須通過之門檻指標）。所以在修訂過後所公佈的綠建築九項評估指標系統，看似門檻提高了，然而在我們實際演算過後，證明原先通過綠建築七項評估指標的兩個建築案例仍然可以達成新版綠建築評估指標系統的多數指標之合格基準，表 22、表 23 分別為二個個案之新舊版綠建築指標系統之評估結果比較與達成新版綠建築評估指標系統之難易度。由此結果可以說明不管是在鄉下或都市，其實綠建築標章的取得，並非難以達成或是遙不可及的。以下進一步針對幾個在分析過程中所發現的問題來討論：

#### （一）綠化量指標之符合：

案例二唯一沒有達到合格標準的綠化量，其計算結果為 520,832kg CO<sub>2</sub>，然而其合格標準必須要大於 602,400kg，因此其補救的方法可以透過在喬木與棕櫚植物等大型樹木下方的綠地密植灌木，以增加多層次綠化的功能。例如在案例二之大、小喬木與棕欖類共計 760 m<sup>2</sup> 的大型樹木下方，只需要再密植灌木增加多層次的綠化面積超過 376 m<sup>2</sup>，其整體之綠化量即可大於 602,400kg，如此案例二之綠化量便可順利達到合格標準。當然，也可利用多年生蔓藤植物攀爬建築立面以爭取綠化量，並儘量在屋頂、陽台設計人工花台以加強綠化，藉以達到綠化量的合格基準。

(二) 價格成本的議題：

根據黃亮達、胡憲倫（2002）的研究顯示，案例二之綠化成本為 168 萬元，每戶平均 8 萬元；而若要達到綠化量之合格標準，以上述為例，需要種植灌木叢超過 376 m<sup>2</sup>，其額外之綠化成本達 225,600 元，平均每戶僅需再花費 28,200 元即可符合綠化量指標。而在新增設的兩個指標方面，除了「生物多樣性指標」免受監督以外，另一「室內環境指標」也是屬於設計師先前就設計並不需要額外再支出成本即可符合標準，因此其總成本應不會高於傳統的建築物太多。此外，在維持成本方面，因為案例一有設置景觀水池，從建造使用到現在，僅更換過一座循環抽水馬達約 1500 元，此為消耗性的成本支出；而景觀水池之過濾系統皆為定期清洗即可，並無需花費其他的維護成本。

表 22 案例一之新舊版綠建築評估指標系統之結果比較

案例一							
評估指標	新版計算結果	新版合格標準	符合與否	指標達成難易度	舊版計算結果*	舊版合格標準*	符合與否
1.生物多樣性指標	免受監督	免受監督	符合	易	無	無	無
2.綠化量指標	242,538kg	>178,512kg	符合	易	238,536kg	>148,760kg	符合
3.基地保水指標	0.69	≥0.32	符合	易	0.69	≥0.32	符合
4.日常節能指標	EEV=0.375	≤0.8	符合	易	1.28	<1.71	符合
	EAC=0.8						
	EL=0.8						
5.CO <sub>2</sub> 減量指標	0.81	≤0.88	符合	中	0.76	<0.88	符合
6.廢棄物減量指標	3.19	≤3.3	符合	中	2.82	≤3.5	符合
7.室內環境指標	66.4	60	符合	中	無	無	無
8.水資源指標	全面採用節水器具		符合	中	0.79	≤0.8	符合
	Rc=20.44%>8%						
9.污水垃圾改善指標	污水與垃圾均有效管理		符合	易	污水與垃圾均有效管理		符合

資料來源：本研究整理

表 23 案例二之新舊版綠建築評估指標系統之結果比較

案例二							
評估指標	新版計算結果	新版合格標準	符合與否	指標達成 難易度	舊版計算結果*	舊版合格標準*	符合與否
1.生物多樣性指標	免受監督	免受監督	符合	易	無	無	無
2.綠化量指標	520,832kg	>602,400kg	否	稍難	518,100kg	>502,000kg	符合
3.基地保水指標	0.45	≥0.4	符合	中	0.45	≥0.4	符合
4.日常節能指標	EEV=0.375	≤0.8	符合	易	1.28	<1.71	符合
	EAC=0.8						
	EL=0.8						
5.CO <sub>2</sub> 減量指標	0.82	≤0.88	符合	中	0.76	<0.88	符合
6.廢棄物減量指標	3.285	≤3.3	符合	中	3.36	≤3.5	符合
7.室內環境指標	60.4	60	符合	中	無	無	無
8.水資源指標	全面採用節水器具		符合	中	0.78	≤0.8	符合
	大耗水項目小於管制規模						
9.污水垃圾改善指標	污水與垃圾均有效管理		符合	易	污水與垃圾均有效管理		符合

資料來源：本研究整理

\*有關於案例一與案例二之詳細資料及舊版的評估結果，請參考黃亮達、胡憲倫（2002）。

## 第五章 結論、建議與後續研究

### 第一節 結論

內政部建築研究所推動綠建築政策已經三年多了，除了改善原先七項評估指標的內容外，另外又增加了「生物多樣性指標」與「室內環境指標」，使得我國的綠建築評估系統更為週延。本研究目的旨在看似逐漸趨嚴的綠建築政策下，透過案例的實證操作來告知業界與社會大眾，建築物只要在先前的設計得當，再配合一些少量成本的花費，即可輕易的取得綠建築的標章。根據統計，截至民國 92 年 5 月底已有 8 件完工個案取得綠建築標章，另有 171 件取得綠建築候選證書，表 24 為各年度獲頒綠建築標章暨候選證書之建築物數量。可見此一制度已經逐漸受到建築及營造業者的重視。而本研究比較了美國、歐盟及其會員國（芬蘭和瑞典）、以及日本等國家推廣綠建築的政策作法，並檢討我國綠建築政策在執行上的缺失，同時也探討我國在綠建築推動上是否有值得向國外借鏡的地方；而本研究也分析比較了世界各國的綠建築相關應用工具，並進行了國內的兩個實際建築案例計算，再針對計算過程中所發生的問題來進行探討。本研究最後也針對世界各國良好的綠建築推廣作法與我國綠建築九項評估指標系統的缺失研擬出一套短、中、長期的策略與時程規劃，希望能成為政府相關部門於決策時參考之用。

表 24 各年度獲頒綠建築標章暨候選證書之建築物數量

年度	綠建築標章（件數）	候選綠建築證書（件數）
89	1	4
90	2	6
91	5	140
92/05/31	0	21
總計	8	171

資料來源：財團法人中華建築中心網站

### 第二節 建議

在回顧比較了國內外綠建築推動作法後，本研究研擬出一套改善我國綠建築作法之短、中、長期的策略與時程規劃以供政府相關部門決策參考之用（如表 25），希望能為我國的綠建築政策盡一份心力。其中，在短期策略方面，所提出的建議應可立即實行，並能收取立竿

見影之成效。而在中、長期策略上，則需要國家進行各方面的考量與評估後，再來決定是否採行。

表 25 我國綠建築作法之短、中、長期策略

目標	內容	時程
短期	<ul style="list-style-type: none"> <li>◎ 制定相關獎勵措施</li> <li>◎ 評估指標系統改善</li> <li>◎ 綠建築標章分級</li> <li>◎ 加強「一般社會大眾的綠建築知識」</li> </ul>	至 2005 年
中期	<ul style="list-style-type: none"> <li>◎ 建議加入世界綠建築協會</li> <li>◎ 發展本土化資料庫（並持續更新）</li> <li>◎ 增設環境衝擊評估指標</li> </ul>	2006-2010 年
長期	<ul style="list-style-type: none"> <li>◎ 建築物太陽能計畫</li> <li>◎ 營建相關產業之整合</li> </ul>	2011-2015 年

資料來源：本研究整理

一、短期策略：制定相關獎勵措施、評估指標系統改善建議、綠建築標章之分級、加強「一般社會大眾的綠建築知識」

(一) 制定相關獎勵措施

目前我國的綠建築政策主要是以「綠建築推動方案」作為主要的實施重點，並以內政部建築研究所公佈之綠建築九項評估指標系統作為其綠建築的評估主軸（內政部建築研究所，2002）。然而，除了相關條文規定「中央機關或受其補助達二分之一以上，且工程總造價在新台幣五仟萬元以上之公有新建建築物，自民國九十一年一月一日起，應先行取得候選綠建築證書，始得申請建造執照」外（內政部營建署，2001），並無任何的經濟誘因而鼓勵民間企業跟進推動綠建築。在「綠建築推動因素與指標評估系統應用之研究」中提及，有 87.5% 的受訪廠商，對於透過提高符合綠建築標章之獎勵誘因（如水、電費優惠等）以推行綠建築的做法，持「同意」與「非常同意」之看法（黃亮達，2002）。因此，除了現有建築師法等之獎勵外，額外再制定相關的獎勵措施讓營建業者多多採行綠建築原則來進行施工更能加速我國的綠建築推廣。

(二) 評估指標系統改善建議

在研究過程中，發現目前我國綠建築九項評估指標系統中有若干評估指標設計過於簡

化，並有待加強。因此本研究特別提出改善建議，除了使我國的綠建築評估系統更為健全周延，也真正落實了環境的永續發展。

#### 1. 污水垃圾改善指標：

在污水指標方面，指出住宅大樓要自備有小型污水處理設施以及排水管需連接至污水下水道才達到合格。生活污水先經處理後再排放原是一良好的做法，然而卻由此衍生出另一個更重要的問題，那就是台灣目前污水下水道的普及率偏低，根據行政院主計處的國情統計通報資料顯示，截至民國 92 年 3 月底止，全台灣公共污水下水道普及率僅有 10.4%（行政院主計處網站，2003），以一個先進國家來說是不及格的，因此，加速「興建污水下水道」才是真正治本的方法。

#### 2. 室內環境指標：

本指標主要以音環境、光環境、通風換氣與室內建材裝修等四部分為主要評估對象。在通風換氣方面，主要是評估建築物的自然通風與空調換氣。根據美國環保署所進行的研究指出室內空氣的污染物可能是室外空氣的 2-5 倍，有時更超過 100 倍，而人類大部分的時間皆待在室內(U.S. EPA, 1995)。因此，本研究建議室內環境指標可增設室內空氣品質（Indoor Air Quality, IAQ）的評估。而目前對室內空調與空氣品質的管理，廣為使用的規範乃是美國冷凍空調協會（ASHRAE）所訂之「Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality, ASHRAE Standard 62-89」。在此規範中是以二氧化碳作為室內空氣品質好壞的指標，二氧化碳為人體呼吸的代謝產物，需達極高濃度才具健康危害效應，一般由呼吸產生的二氧化碳濃度尚不至於此，但當濃度明顯升高時卻可顯示室內換氣量的不足，其他共存之污染物也將因此不易排放而積存室內，影響人體健康。目前許多國家均以 1000ppm 二氧化碳濃度值作為檢視室內空氣品質狀況之指標。美國國家職業安全衛生所（NIOSH）最近則考慮將二氧化碳濃度指標標準降至 800ppm（張靜文，1996）。

室內空氣品質的另一相關因子為室內換氣量，即單位時間單位個體之進氣量（CFM/person）。維持足夠的室內換氣量有助於污染物的稀釋與排放，並提供適當的氧氣濃度，實屬維護室內空氣品質之必要。然換氣量的提高將增加能源的消耗，也因此美國冷凍空

調協會數次調整室內換氣量的標準，以求在健康維護與能源耗損上得到平衡。目前根據 ASHRAE Standard 62-89 規定，不同室內場所如旅館、醫院、辦公室等分別訂定建議換氣量，大致在 15-30 CFM/person 範圍內，而美國國家職業安全衛生所 (NIOSH) 則建議以 20CFN/person 為最低換氣量值。此外，空氣清淨裝置亦納入室內空氣品質管理的考量中，也就是採清除定點污染源的方式使污染物不致擴散或累積。而節省能源消耗，並建議將室內空氣濾清 (Filtration) 後再循環使用 (Recirculation/Reuse)；如有生物性危害考量時，經過的空氣還須經消毒處理 (張靜文，1996)。

### 3. 廢棄物減量指標：

本指標主要是要減少建築物在施工中與拆除後之環境污染量，因此，在評估時即有考慮到非金屬再生建材使用率之優待。而目前國內營建法中的「營建事業廢棄物再利用種類及管理方式」雖提及了營建廢棄物的再利用種類與方法，卻沒有明文規定建築物的「建材回收率」。根據內政部建築研究所的資料顯示，所謂的「建材回收率」即指建築物必須使用再生玻璃、再生混凝土磚與再生木材等回收建材，而現在歐美先進國家通常指定其建材回收率達三至四成以上；而 1993 年在日本的混凝土塊之再利用率甚至高達七成，營建廢棄物的五成均經過回收再循環使用 (內政部建築研究所，2002)。所以制定我國建築物的「建材回收率」，才能真正有效地抑制營建廢棄物的產生，也可以避免盜採砂石所引起的環境危機。

#### (三) 綠建築標章之分級

根據美國綠建築協會的資料顯示，LEED 評分系統滿分為 69 分，經過檢驗評估之後合格者共分四個評估等級，分別是 LEED 認證 (26-32 分)、銀 (33-38 分)、金 (39-51 分) 與白金 (52-69 分) 四個等級 (U.S. Green Building Council, 2001)。而我國綠建築標章取得的門檻為達成四項合格標準，因此可以將綠建築標章採符合幾項合格標準來予以分級，如剛好取得四項合格標準之建築物授與最基本的徽章 (4 顆星)，依序為達成六項 (6 顆星)、八項 (8 顆星)，若建築物完全符合九項評估指標之合格標準，則授與最高等級之徽章 (9 顆星)。如此一來，以後民眾購買房屋時，即可明確地辨識所購買房屋之環保性與安全性。此外，根據美國綠建築協會的資料顯示，凡建築物獲得 LEED 認證後所伴隨而來的好處有：該建築物的品

質與其在環境上的管理獲得肯定、經由第三團體的合格檢查、可以增加州和地方政府的誘因、LEED 認證的徽章會擺在建築物上、建築物擁有官方的認證、以及經由美國綠建築協會的網站、個案研究與媒體的宣佈，讓建築物收到市場的曝露（美國綠建築協會網站，2003）。因此，只要取得我國內政部建築研究所的「綠建築標章」之建築物，除了擁有官方的認證外，中央與地方政府更應廣為宣傳，以提高建築物的市場曝光率，並藉此來增加地方政府的誘因。

#### （四）加強「一般社會大眾的綠建築知識」

政府除了定期的發放傳單宣導外，也可以定期舉辦講習會，讓一般民眾知道使用綠建築的優點及重要性，以消費者的力量來促使國內綠建築的蓬勃發展，藉以帶動台灣建築市場的另一新紀元。

### 二、中期策略：建議加入世界綠建築協會、發展本土化資料庫、增設環境衝擊評估指標

#### （一）建議加入世界綠建築協會（World Green Building Council）

世界綠建築協會的任務是提供一個平衡的與整合的全球平臺來進行協調、合作與促進全國的建築物組織支持高績效或綠建築原則、標準、評分及證明系統、績效測量、技術、產品、資源與計畫之發展與執行。自從 1999 年，世界綠建築協會已經幫助了 9 個國家發展非營利、應用一致的綠建築協會，其目的是藉由設計、發展與有關環境永續的執行、能源效率及資源保護建築物的實行、技術與製程去推動有關於綠建築設計、建造與操作的計畫、企畫與行動來減少溫室效應氣體的排放（世界綠建築協會網站，2003）。

世界綠建築協會目前致力於發展三個特定的工具/資源（世界綠建築協會網站，2003）：

1. 增加網站的資料，可以讓會員與非會員的國家使用來分享綠建築的資訊、案例研究、政府的行動、建造的計畫、評分系統與技術。
2. 世界綠建築協會的工具（GBC Toolkit）來提供綠建築協會組織的結構、內部章程、幹事與理事的責任、提供資金的機會、以及一些類似綠建築評分系統的產品之模式與實例。
3. 組織的會議有兩個目標：分享綠建築協會有用的模型與組織世界綠建築協會的會員代表。

此外，成為世界綠建築協會的會員可以分享最新的技術知識與提昇全國綠建築資訊的進展，並經由世界綠建築協會的創造，全球的需求可能會達到更節儉而且相關的環境效益也將

會提升與增加。因此建議我國可以加入世界綠建築協會。

## （二）發展一套屬於台灣的綠建築資料庫

本研究發現，目前世界各國皆有屬於自己國家的綠建築資料庫，因此可以快速地查詢與計算出建築物於原物料開採、建造與施工、以至於最後的廢棄處理階段分別對環境所造成的衝擊。而台灣目前並沒有屬於自己國家的綠建築資料庫，若引用他國的原物料、能源、環境等數據，可能會造成若干的誤差，而導致其結果不具代表性。由於資料庫的建立過程曠日廢時，而且資料的收集作業並不能於短時間內完成，因此將此建議訂於中期目標內達成。而國內已有相關研究單位與研究人員進行了資料收集與資料庫的建立，如工業技術研究院所執行的生命週期評估相關計畫等，以及成功大學建築研究所的西拉雅研究室完成了建材相關產品生產與運輸 CO<sub>2</sub> 排放量的資料建立。政府除了繼續支持相關研究計畫的執行外，並配合相關研究人員的努力，相信不久我國即可發展出一套真正屬於台灣本土化的綠建築資料庫，如此，對我國的綠建築政策推廣上也是一大福音。此外，資料庫的更新作業也需要持續不斷地進行，藉以保持資料庫於計算過程中的正確性，以確保計算結果具有代表性，更能讓我國的綠建築政策朝向更完善的境界。

## （三）增設環境衝擊評估指標

配合資料庫的建立，增設環境衝擊評估指標。目前世界各國於執行綠建築政策時皆有考慮到對環境的衝擊，如 ATHENA（加拿大）考慮了六個環境的考量面（集合生態加權的資源需求、具體化的能源輸入型式、全球暖化潛值、水中毒性影響的指標、空氣中毒性影響的指標和固體廢棄物）（ATHENA Sustainable Materials Institute, 2000）、SimaPro（荷蘭）的十一個環境考量面（化石燃料消耗、礦物的消耗、土地使用、酸雨、優養化、生態毒性、氣候變遷、臭氧層消耗、致癌物質、煙霧、幅射）（Product Ecology Consultants, 2001）、BEES（美國）的十二個環境考量面（全球暖化潛值、酸雨潛值、優養化潛值、化石燃料消耗、棲息地改變、標準空氣污染物、人體健康、煙霧、臭氧層消耗、生態毒性、水源吸收、室內空氣品質）（U.S. National Institute of Standards and Technology Building and Fire Research Laboratory, 2002）等等。由此可看出每個國家對於環境衝擊皆有不同的考量基準，至於我國需要將幾項環境考量

面列入環境衝擊評估指標中，可以參考 ICI 的環境負荷方法，ICI 科學檢閱小組已經鑑定了一套被全球認定的環境衝擊種類，分別是：酸雨、全球暖化、人體健康影響、臭氧層破壞、光化學煙霧的產生、水中的需氧量與生態毒性對水中生命的影響（ICI Scientific Review Panel, 1997）。如此一來，配合原先的綠建築九項評估指標系統，更能真正落實綠建築對環境的正面貢獻。

### 三、長期策略：建築物太陽能計畫、營建相關產業之整合

#### （一）建築物太陽能計畫

根據經濟部能源委員會的資料顯示，我國進口能源依存度到 2001 年為 96.9%（經濟部能源委員會，2002）。其中，又以營建業耗能所排放的二氧化碳情況最為嚴重，佔了全國總排放量的 28.82%（內政部建築研究所，2002）。我國為了要降低溫室氣體的排放與達到節約能源的效果，經濟部能源委員會自 2000 年起展開再生能源 5 年示範推廣計畫，包括太陽能熱水系統、太陽光電及風力發電等，其中「太陽能熱水系統推廣獎勵辦法」對於購置者補助購置費用 15-20%，「風力發電示範系統設置補助辦法」及「太陽光電發電示範系統設置補助要點」對設置者至多提供設置費用 50% 之高額補助。此外，「促進產業升級條例」對於購置再生能源設備者，亦有投資抵減營利事業所得稅 10-20%、加速折舊以及低利融資等相關獎勵優惠之規定（經濟部能源委員會，2002）。相對於美國的「百萬太陽能屋頂計畫」，主要是由建築產業、其他的聯邦官署（federal agencies）、地方與州政府、公共事業部門（utilities）、太陽能產業、財政機構與非政府組織共同設計來消除太陽能使用與發展的市場障礙，以及增加太陽能產品與應用的地方需求（U.S. EPA, 1999）。因此，本研究所提之建築物太陽能計畫也需要我國中央與地方政府、民間企業、非政府組織等來共同合作，以降低太陽能技術使用與發展的成本，進而增加我國建築市場中太陽能使用的需求，並非只是一昧地採取相關的獎勵措施，而忽略了營建業者可能因為太陽能技術的不成熟與設置成本過於昂貴的問題產生望之怯步之想法。另一方面，建築物太陽能計畫除了對節約能源、減少溫室氣體的排放有實質貢獻外，也夠藉此創造就業機會，並提昇太陽能產業在市場上的競爭優勢。

#### （二）營建相關產業之整合

以建築物生命週期的觀點來看，也就是包含了從原物料的獲得、產品製造、運輸、建物的施工建造、營運與維持、以及最終的回收與廢棄物管理（從搖籃到墳墓）所有的階段。而本研究即是建議將與建築物生命週期有關的營造建築產業整合成一封閉迴路，也就是立法規定建築物於建造時必須使用我國現有的綠色原料、綠色建材等綠色產品製造商所提供的產品，並以綠色設計的原則來進行施工，此外，建築物於廢棄後之建材回收與再利用也交由專門單位負責，在新建物建造時即可妥善利用。為了確保這項計畫能夠有效執行，政府可使用其綠色採購的權力來創造這些對環境擁有較少衝擊的產品與服務之需求，配合民眾的綠色消費知識，相信此一制度除了兼顧環保性與安全性，也讓我國的綠建築推廣更為成功。圖 10 為本計畫之示意圖。

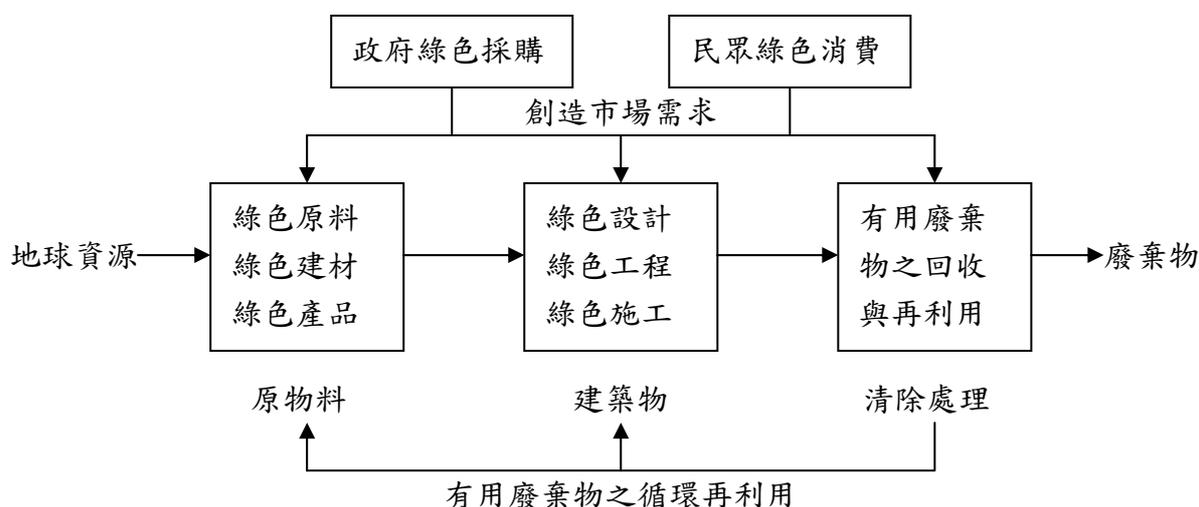


圖 10 營建相關產業之整合形成一封閉迴路  
資料來源：本研究整理

### 第三節 後續研究建議

本研究主要是藉由世界各國推廣綠建築的做法介紹來探討我國綠建築政策之機制，除了進行綠建築相關應用工具之比較外，也針對國內案例進行實證研究，並檢討我國綠建築標章制度的缺失，最後提出建議。由於時間的關係，本研究僅比較了美國、歐盟及其成員國（芬蘭和瑞典）與日本的相關綠建築政策。而良好的綠建築政策已成為世界各國達到永續發展過程中不可或缺之努力方向，隨著科技的日新月異，以及永續發展全球化的聲浪，惟有更重視人民健康與環境保護的綠建築政策才是永續發展的重要精髓。因此，建議後續的相關研究者

能將世界各國之綠建築政策更詳細地收集整理，並持續更新，以便相關的研究者能夠參考比較。此外，在世界各國綠建築相關應用工具之比較方面，也可以介紹更多更新的綠建築相關應用工具。除了讓後續的研究者有快速查詢資料的途徑外，也希望藉著本研究的拋磚引玉讓各界更深入的探討，使我國的綠建築政策更加完善，更能有效地推廣綠建築。

## 參考文獻

### 中文部分

1. 內政部建築研究所，2002，*綠建築解說與評估手冊*（2003年更新版）。
2. 內政部建築研究所，2001，*綠建築設計技術彙編*。
3. 曲筱帆、胡憲倫，2002，「綠建築生命週期管理工具之比較研究」，*第八屆海峽兩岸環境保護研討會論文集：永續環境技術與管理*，頁974-979，新竹交通大學，中華民國九十一年十月十四-十八日。
4. 黃亮達、胡憲倫，2002，「綠建築指標評估系統推廣和應用之研究」，*建築與規劃學報*，第三卷，第一期，頁55-73。
5. 黃亮達、胡憲倫，2001，「綠色建築永續發展理念與實務應用之探討」，*2001工業減廢暨環境管理研討會論文集*，頁365-377，台大學生第二活動中心，中華民國九十年十月二十九日。
6. 胡憲倫、黃亮達，2001，「綠建築指標評估系統應用推廣之探討」，*第五屆建築生產及管理技術研討會論文集*，頁11-20，台中逢甲大學，中華民國九十年十月十四-十八日。
7. 林憲德，1999，*城鄉生態*，詹氏書局。
8. 林憲德，1996，*熱濕氣候的綠色建築計畫*，詹氏書局。
9. 林憲德，1995，*建築節能設計規範的解說與實例*，立宇出版社。
10. 楊謙柔，2000，「綠建築設計評估工具之研究—以辦公建築為例」，中國文化大學建築及都市計畫研究所碩士論文。
11. 楊謙柔、張世典，2000，「綠辦公建築評估工具初探」，中華民國建築學會第十二屆建築研究成果發表會論文集。
12. 彭文正，2002，「以生命週期評估技術應用於建築耗能之研究」，朝陽科技大學環境工程與管理研究所碩士論文。
13. 詹博文，2001，「綠建築水資源節能之研究」，中華大學科技管理研究所碩士論文。
14. 王希智，2001，「綠建築中綠化及基地保水評估指標於國民中小學校園之應用—以新竹市

- 為例」，逢甲大學建築研究所碩士論文。
15. 葉仲超，2001，「綠建築觀念在圖書館之應用」，輔仁大學圖書資訊學研究所碩士論文。
  16. 陳姜貝，2001，「住宅社區生態基礎之研究－綠化、基地保水之解析」，成功大學建築研究所碩士論文。
  17. 林子平，2001，「都市水循環之研究－地表不透水率之調查及逕流量實測解析」，成功大學建築研究所博士論文。
  18. 王振如，2001，「大專院校生態環境基礎研究－用電耗能、綠化與保水」，成功大學建築研究所碩士論文。
  19. 張又升，2001，「建築物生命週期二氧化碳減量評估」，成功大學建築研究所博士論文。
  20. 張又升，1997，「RC 建築物生命週期環境負荷評估-以耗能量與溫室氣體排放量解析」，成功大學建築研究所碩士論文。
  21. 林達志，2001，「國民中小學生態環境基礎研究－綠化、基地保水、用水、用電之解析」，成功大學建築研究所碩士論文。
  22. 楊佩珩，2001，「住宅綠建築設計技術之研究－以都市地區集合住宅為例」，中國文化大學建築及都市計畫研究所碩士論文。
  23. 歐文生，1999，「建築物室內裝修環境負荷評估之研究－以耗能量與二氧化碳排放量解析」，成功大學建築研究所碩士論文。
  24. 黃亮達，2002，「綠建築推動因素與指標評估系統應用之研究」，南華大學環境管理研究所碩士論文。
  25. 洪得娟、顏家芝、李麗雪譯，Michael Hough 著，1998，*都市和自然作用*，田園城市。
  26. 賴明伸，1997，「生命週期評估之內容架構」，工業技術研究院。
  27. 呂穎彬、丁執宇，1997，「生命週期評估概論」，工業技術研究院。
  28. 呂穎彬，1997，「生命週期評估之模式介紹」，工業技術研究院。
  29. 楊致行，1998，「生命週期評估技術介紹」，工業技術研究院。
  30. 楊致行，1998，「生命週期評估標準及推廣介紹」，工業技術研究院。
  31. 楊致行，1997，「生命週期評估之國內發展架構及配合趨勢」，工業技術研究院。

32. 江玄政，2001，「環境管理系統落實維護的新思維－生命週期評估」，經濟部工業局，工安環保報導，第五期。
33. 朱雲鵬、林師模、李育明、葉欣誠，2001，*變遷中的福爾摩莎 2002*，社團法人中華民國企業永續發展協會。
34. 洪得娟，1994，*景觀建築*，地景企業股份有限公司。
35. 徐永芳，2002，「輕質人造石英砂漿修復補強材料之研發」，中華大學土木工程研究所碩士論文。
36. 劉玉純，2001，「輕型鋼隔間牆承載能力之研究－受軸向均佈應力」，朝陽科技大學建築及都市設計研究所碩士論文。
37. 洪亮辰，2001，「國內低層輕鋼構住宅外牆施工界面整合之研究」，成功大學建築研究所碩士論文。
38. 劉宇傑，2001，「輕型鋼構住宅構工法初步研究：以建築生產觀點探討之」，成功大學建築研究所碩士論文。
39. 蘇杰鳴，2001，「國內輕鋼構住宅樓版構法之研究」，成功大學建築研究所碩士論文。
40. 楊冠倫，2001，「國內低層輕鋼構住宅屋頂工程之調查研究」，成功大學建築研究所碩士論文。
41. 謝明哲，2001，「冷軋型鋼在國內建築構架與外殼上之應用與發展」，台北科技大學建築與都市設計研究所碩士論文。
42. 陳慶主，1999，「輕鋼構在低層住宅之應用研究」，成功大學建築研究所碩士論文。
43. 張靜文，1996，「室內空氣品質之管理」，勞工安全衛生簡訊，第十五期。
44. 內政部營建署，2001，「綠建築推動方案」。
45. 行政院經濟建設委員會，2002，「挑戰 2008：國家重點發展計畫（2002-2007）」。
46. 曲筱帆、黃亮達、胡憲倫，2003，「綠建築之推廣與應用研究－綠建築指標系統的比較」，*第四屆環境管理研討會論文集*，頁 154-172，嘉義南華大學，中華民國九十二年四月二十四日。

47. 經濟部能源委員會，2002，*能源政策白皮書（九十一年）*。
48. 曲筱帆、黃亮達、胡憲倫，2003，「綠建築評估指標系統之應用比較研究」，*運籌研究集刊*，第三期，頁 95-112。

#### 英文部分

49. Karlsson, J., Roos, A. and B. Karlsson, (2003), “Building and Climate Influence on the Balance Temperature of Building”, *Building and Environment*, Volume 38, Issue 1, January 2003, pp.75-81.
50. Wong, N. H. and W. L. S. Jan, (2003), “Total Building Performance Evaluation of Academic Institution in Singapore”, *Building and Environment*, Volume 38, Issue 1, January 2003, pp.161-176.
51. Kotani, H., Narasaki, M., Sato, R. and T. Yamanaka, (2003), “Environmental Assessment of Light Well in High-rise Apartment Building”, *Building and Environment*, Volume 38, Issue 2, February 2003, pp.283-289.
52. Wong, N. H., Tay, S. F., Wong, R., Ong, C. L. and A. Sia, (2003), “Life Cycle Cost Analysis of Rooftop Gardens in Singapore”, *Building and Environment*, Volume 38, Issue 3, March 2003, pp.499-509.
53. Chiang, C. M. and C. M. Lai, (2002), “A Study on the Comprehensive Indicator of Indoor Environment Assessment for Occupants’ Health in Taiwan”, *Building and Environment*, Volume 37, Issue 4, April 2002, pp.387-392.
54. Ball, J., (2002), “Can ISO14000 and Eco-labelling Turn the Construction Industry Green?”, *Building and Environment*, Volume 37, Issue 4, April 2002, pp.421-428.
55. Morel, J. C., Mesbah, A., Oggero, M. and P. Walker, (2001), “Building Houses with Local Materials: Means to Drastically Reduce the Environmental Impact of Construction”, *Building and Environment*, Volume 36, Issue 10, December 2001, pp.1119-1126.
56. Tiwari, P., (2001), “Energy Efficiency and Building Construction in India”, *Building and*

- Environment*, Volume 36, Issue 10, December 2001, pp.1127-1135.
57. Hoover, A. P. and M. A. Shannon, (1995), "Building Greenway Policies within a Participatory Democracy Framework", *Landscape and Urban Planning*, Volume 33, Issue1-3, October 1995, pp.433-459.
  58. Baschak, L. A. and R. D. Brown, (1995), "An Ecological Framework for the Planning, Design and Management of Urban River Greenways", *Landscape and Urban Planning*, Volume 33, Issue 1-3, October 1995, pp.211-225.
  59. Gratia, E. and A. D. Herde, (2003), "Design of Low Energy Office Buildings", *Energy and Buildings*, Volume 35, Issue 5, June 2003, pp.473-491.
  60. Cheng, C. L., (2002), "Study of Inter-relationship between Water Use and Energy Conservation for a Building", *Energy and Buildings*, Volume 34, Issue 3, March 2002, pp.261-266.
  61. McHarg, I.L., (1992), *Design with Nature*, John Wiley & Sons.
  62. Thompson G. F. and F. R. Steiner, (1997), *Ecological Design and Planning*, John Wiley & Sons.
  63. U.S. Green Building Council, (2001), "LEED Rating System".
  64. ATHENA Sustainable Materials Institute, (2000), "ATHENA Beta 1.2 Limited Release Installation Instructions and Users' Manual".
  65. U.S. PACIFIC Northwest National Laboratory, (1995), "Pollution Prevention Environmental Design Guide for Engineers".
  66. U.S. National Institute of Standards and Technology Building and Fire Research Laboratory, (2002), "BEES 3.0 Technical Manual and User Guide".
  67. Graedel, T.E., (1998), *Streamlined Life-Cycle Assessment*, Prentice Hall.
  68. U.S. Department of Housing and Urban Development, (2001), "Life Cycle Assessment Tools to Measure Environmental Impacts: Assessing Their Applicability to the Home Building Industry Final Report".
  69. Product Ecology Consultants, (2001), "SimaPro 5 User Manual".
  70. World Business Council for Sustainable Development, (2002), "What LCA Can Tell Us about

the Cement Industry”.

71. Murakami, S., Iwamura, K., Sato, M., Ikaga, T. and J. Endo, (2002), “Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency(CASBEE)”, Prepared for the 5<sup>th</sup> Int. Conf. on EcoBalance, Nov. 2002(Tokuba, Japan).
72. Lippiatt, B. C. and A. S. Boyles, (2001), “Using BEES to Select Cost-Effective Green Products”, Int. J. LCA 6 (2), pp.76-80.
73. U.S. Environmental Protection Agency, (1999), “Green Programs Information Packet”.
74. U.S. Environmental Protection Agency, (1998), “Final Guidance on Environmentally Preferable Purchasing”.
75. U.S. Environmental Protection Agency-1, (1997), “Consolidated Recovered Materials Advisory Notice(RMAN) for the Comprehensive Procurement Guideline(CPG)”.
76. U.S. Environmental Protection Agency and Department of Energy, (2003), “New Energy Star Identity Guidelines”.
77. U.S. Department of Energy, (1998), “1998 FEMP Accomplishments Report”.
78. U.S. Environmental Protection Agency-2, (1997), “A Source Book on Natural Landscaping for Public Officials”.
79. U.S. Environmental Protection Agency, (1995), “The Inside Story: A Guide to Indoor Air Quality”.
80. U.S. Environmental Protection Agency, (2000), “Energy Cost and IAQ Performance of Ventilation Systems and Controls”.
81. Swedish Environmental Protection Agency, (2000), “The Swedish Environmental Objectives – Interim Targets and Action Strategies”.
82. Japan Sustainable Building Consortium, (2002), “Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency(CASBEE)”.
83. ICI Scientific Review Panel, (1997), “Environmental Burden: The ICI Approach”.
84. Ministry of the Environment of Japan, (1993), “The National Action Plan for Agenda 21”.
85. Ministry of the Environment of Finland, (1998), “Programme for Ecologically Sustainable Construction”.

#### 網站部分

86. 經濟部礦物局，<http://www.mine.gov.tw/miner>（參考日期為 2002 年 7 月 30 日）
87. 內政部建築研究所，<http://www.abri.gov.tw/>（參考日期為 2002 年 7 月 30 日）
88. 財團法人中華建築中心，<http://www.cabc.org.tw/>（參考日期為 2003 年 6 月 23 日）

89. 中華民國清潔生產中心，<http://www.nccp.org.tw/>（參考日期為 2002 年 7 月 30 日）
90. 美國綠建築協會，<http://www.usgbc.org/>（參考日期為 2003 年 1 月 13 日）
91. 世界綠建築協會，<http://www.worldgbc.org/>（參考日期為 2003 年 1 月 13 日）
92. ATHENA Sustainable Materials Institute, <http://www.athenasmi.ca/index.html>（參考日期為 2002 年 7 月 30 日）
93. BEES 網站，<http://www.bfrl.nist.gov/oae/software/bees.html>（參考日期為 2002 年 7 月 30 日）
94. 歐盟永續設計與建造憲章，<http://www.cce.ufl.edu/affiliations/europe/charter.html>（參考日期為 2003 年 4 月 30 日）
95. 芬蘭環境部，<http://www.vyh.fi/eng/housbuil/develop/ecoconst/ei.htm>（參考日期為 2003 年 5 月 14 日）
96. 日本環境省，<http://www.env.go.jp/en/pol/agenda/agenda07.html>（參考日期為 2003 年 5 月 10 日）
97. 行政院主計處國情統計通報（第 069 號），  
<http://www.dgbas.gov.tw/dgbas03/bs3/report/N920414.htm>（參考日期為 2003 年 5 月 27 日）
98. 內政部營建署建築技術規則網站，<http://www.cpami.gov.tw/law/law/lawe-2/b-rule.htm>（參考日期為 2003 年 7 月 3 日）