

內政部建築研究所

創新循環綠建築環境科技計畫(三)協同研究計畫

遴用協同研究人員

第 2 案「綠建築與建材碳揭露之可行性研究」

內政部建築研究所協同研究資料蒐集分析報告

中華民國 110 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)

## 內政部建築研究所

### 創新循環綠建築環境科技計畫(三)協同研究計畫

#### 遴用協同研究人員

#### 第 2 案「綠建築與建材碳揭露之可行性研究」

計畫主持人：王榮進

協同主持人：楊詩弘

研究員：林憲德

研究助理：方昱揚、曾英

研究期程：中華民國 110 年 3 月至 110 年 12 月

研究經費：新台幣 85 萬 0,000 元整

#### 內政部建築研究所協同研究資料蒐集分析報告

中華民國 110 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)

## **綠建築與建材碳揭露之可行性研究**

出版機關：內政部建築研究所

電話：(02) 89127890

地址：新北市新店區北新路3段200號13樓

網址：<http://www.abri.gov.tw>

編者：王榮進、姚志廷、徐虎嘯、陳麒任、楊詩弘、

林憲德、曾英、方昱揚、陳逸潔

出版年月：110年12月

版次：第1版

ISBN：

# 目錄

## 研究摘要

## 第一章 緒論

|                  |     |
|------------------|-----|
| 第一節 研究源起與背景..... | 1-1 |
|------------------|-----|

|                  |     |
|------------------|-----|
| 第二節 研究目的與方法..... | 1-7 |
|------------------|-----|

## 第二章 國內外相關機制彙整

|                     |     |
|---------------------|-----|
| 第一節 台灣綠建築政策之發展..... | 2-1 |
|---------------------|-----|

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| 第二節 綠建築標章之二氧化碳減量指標..... | 2-3 |
|-------------------------|-----|

|                      |     |
|----------------------|-----|
| 第三節 綠建材標章與碳足跡揭露..... | 2-5 |
|----------------------|-----|

|                                |     |
|--------------------------------|-----|
| 第四節 日本 CASBEE 與生命週期碳足跡的關聯..... | 2-9 |
|--------------------------------|-----|

|                              |      |
|------------------------------|------|
| 第五節 美國 LEED 與生命週期碳足跡的關聯..... | 2-35 |
|------------------------------|------|

## 第三章 現有碳足跡相關平台彙整

|                        |     |
|------------------------|-----|
| 第一節 材料與產品碳足跡之計算原理..... | 3-1 |
|------------------------|-----|

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| 第二節 現有國內外碳足跡平台案例..... | 3-3 |
|-----------------------|-----|

## **第四章 專家會議彙整與對策建立**

|                   |     |
|-------------------|-----|
| 第一節 專家會議彙整成果..... | 4-1 |
|-------------------|-----|

|                     |     |
|---------------------|-----|
| 第二節 推動碳揭露之對策建立..... | 4-7 |
|---------------------|-----|

## **第五章 資料庫之新增項目建置**

|                        |     |
|------------------------|-----|
| 第一節 建築碳排資料庫現有內容盤點..... | 5-1 |
|------------------------|-----|

|                    |     |
|--------------------|-----|
| 第二節 新增項目之計算基礎..... | 5-7 |
|--------------------|-----|

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| 第三節 資材與施工的碳足跡計算法..... | 5-9 |
|-----------------------|-----|

|                          |      |
|--------------------------|------|
| 第四節 景觀工程碳足跡資料庫之內容擴充..... | 5-15 |
|--------------------------|------|

## **第六章 結論與建議**

|             |     |
|-------------|-----|
| 第一節 結論..... | 6-1 |
|-------------|-----|

|             |     |
|-------------|-----|
| 第二節 建議..... | 6-3 |
|-------------|-----|

## 附錄 表目錄

|                                         |      |
|-----------------------------------------|------|
| 表 2-1 二氧化碳減量指標之建材使用計畫原則·····            | 2-4  |
| 表 2-2 LEED 九大評分指標·····                  | 2-35 |
| 表 2-3 LEED ZERO 碳平衡表·····               | 2-54 |
| 表 2-4 LEED 計算碳排放表·····                  | 2-56 |
| 表 2-5 LEED ZERO 碳避免表·····               | 2-56 |
| 表 3-1 建築碳排四類資料庫與碳排計算範疇·····             | 3-10 |
| 表 3-2 景觀工程之碎石路基的碳排表·····                | 3-14 |
| 表 3-3 景觀工程乾砌石板鋪面表面+碎石路基地層的碳排表·····      | 3-15 |
| 表 3-4 室內裝修施工碳排密度標準表·····                | 3-16 |
| 表 5-1 建築碳排資料庫現有項目數量統計表·····             | 5-1  |
| 表 5-2 建築碳排資料庫室裝項目分類統計表·····             | 5-1  |
| 表 5-3 建築碳排資料庫建築項目分類統計表·····             | 5-2  |
| 表 5-4 建築碳排資料庫原料項目分類統計表·····             | 5-3  |
| 表 5-5 建築碳排資料庫景觀項目分類統計表·····             | 5-4  |
| 表 5-6 車道停車場基礎結構之資材與施工碳足跡密度表·····        | 5-15 |
| 表 5-7 車道停車場表層結構之資材與施工碳足跡密度表(碎石路基)·····  | 5-16 |
| 表 5-8 車道停車場表層結構之資材與施工碳足跡密度表(RC 路基)····· | 5-17 |

|                                         |      |
|-----------------------------------------|------|
| 表 5-9 步道廣場基礎結構之資材與施工碳足跡密度表·····         | 5-18 |
| 表 5-10 步道廣場表層結構之資材與施工碳足跡密度表(碎石路基)·····  | 5-19 |
| 表 5-11 步道廣場表層結構之資材與施工碳足跡密度表(RC 路基)····· | 5-20 |
| 表 5-12 階梯工程基礎結構之資材與施工碳足跡密度表·····        | 5-22 |
| 表 5-13 階梯工程基礎結構之資材與施工碳足跡密度表·····        | 5-23 |
| 表 5-14 階梯工程表層結構之資材與施工碳足跡密度表·····        | 5-25 |
| 表 5-15 土方排水工程之資材與施工碳足跡密度表·····          | 5-26 |
| 表 5-16 擋土牆工程之資材與施工碳足跡密度表·····           | 5-27 |

# 綠建築與綠建材碳揭露之可行性研究

## 關鍵詞

綠建築、綠建材、碳揭露、建築產業碳足跡服務平台

## 摘要

### 研究緣起與方法

本研究以「碳揭露」為主軸，以掌握生命週期環境負荷為目的，提供建築產業界作為專業碳揭露之重要依據。內政部建築研究所在碳排減量的相關研究上，近年建置相關資料庫並設計網路工具成立建築產業碳足跡服務平台，透過碳足跡的查詢服務，輔助公私部門在建築規劃設計與材料選擇過程之減碳策略參考。為進一步強化碳足跡服務平台的功能與突顯建築碳排資料公開之重要性，本研究在強化既有產業服務平台(含系統維護與材料工法的碳資料更新)之餘，計畫重點主要為針對本所歷年所完成的資料庫系統與內容，探討如何結合我國現有綠建築、綠建材等標章制度，將其作為建議之評估項目，以期與現今各國對建築產業「碳揭露」活動接軌。

### 研究發現

- 一、經由綠建築標章制度之彙整、國外相關建築碳揭露機制之分析，可發現就現有綠建築評估指標當中，唯有日本的 CASBEE 依據 AIJ-LCA 資料庫進行 LCCO<sub>2</sub> 的量化計算；而 LEED ZERO 則著眼於建築物竣工後，營運一年間的能源消耗或人員移動所造成的碳排可避免或抵消之程度；至於 EEW<sub>H</sub> 的二氧化碳減量指標則是界定在建築物軀體構造的建材，在生產過程中所使用的能源而換算出來的 CO<sub>2</sub> 排放，但屬於簡易型的計算方式。有鑑於業界已熟稔目前的綠建築標章九大指標，本研究建議短期內暫不宜對於二氧化碳減量指標進行大幅度地更動，而是可藉由完整計算建築物主要資材製造/運輸碳足跡者，可視同通過綠建築標章之二氧化碳減量指標。
- 二、透過專家會議結果，針對碳足跡評估融入綠教材標章的模式意見較為分歧。目前以綠建材標章之評定分類，「生態類」及「再生類」屬環境永續軸向，具低碳及減碳效益；而「高性能」(隔熱、透水)亦有間接低度減碳效益外，「健康類」則屬人本健康軸向，尚無實質減碳功能，但通過數量占比達 75% 以上。故綠建材與碳揭露建議採取分類別結合方式為宜。若將生態類及再生類合併為低碳類，則與碳揭露結合較為名符其實，且接受度較高。惟不建議納入「通則」當中辦理。
- 三、有鑑於目前現有資料庫當中景觀構件碳足跡之內容有必要增加，本研究收集我國常見之景觀工程，以繪製標準化的圖說與施工程序標準化設定，界定「搖籃到竣工」的計算境界條件範疇，完成 45 個景觀工程項目之碳足跡計算。從其結果得知一個設施工程所選用之材料，係為影響其資材與施工碳足跡密度的重要因素。多數選用鋼筋混凝土、水泥磚及紅磚為材料的設施項

目，其資材與施工單位碳排放量，明顯高於選用碎石、枕木等材料的設施。

## **研究建議**

依據本團隊之研究成果，後續發展建議如下：

### **建議一：**

#### **持續強化資料庫內容(立即可行建議)**

因應材料/產品發展之日新月異，未來可持續針對新工法新材料、以各種防火時效之隔間材料、分戶樓板衝擊音之地坪材料等進行碳足跡評估。其可委託學術界計算，或由相關廠商提供自評結果由所所方、學界或第三公正單位審查。

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：學術單位或第三公正單位

### **建議二：**

#### **碳揭露與 BIM 系統的結合(立即可行建議)**

建議未來於產業平台與的運用方面，可結合建築資訊呈現系統(BIM)在設計前期就給設計者回饋。惟此作業牽涉元件庫的設計製作等技術層面，建議未來可與建築師公會或相關推廣機構商討其可行性。

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：建築師公會

### **建議三：**

#### **碳足跡標示制度的明文化(立即可行建議)**

有鑑於目前日本 CASBEE 已有完整明確的建築碳足跡機制與計算方法。建議未來在中長程計畫的建議下，結合我國的建築能源標示制度，藉由資料庫與產業平台的應用，將建築「碳足跡標示」明文化。

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：台灣建築中心

# **Feasibility Study on Carbon disclosure of Green Buildings and Green Materials**

Keywords:

Green Building, Green Material, Carbon Disclosure, Building Industry Carbon Footprint Service Platform

## **ABSTRACT**

### **Research Background & Methodology:**

With the theme of "carbon disclosure", the purpose of this research is to grasp the environmental load of the whole life cycle and provide an important basis for professional carbon disclosure in the construction industry. In recent years, the Institute of Architecture of the Ministry of the Interior has established relevant databases, designed network tools, established a carbon footprint service platform for the construction industry, and conducted research on carbon emission reduction. Through the carbon footprint query service, assist the public and private sectors in building planning, design and material selection. Reference to the carbon reduction strategy process. In order to further strengthen the carbon footprint service platform function and highlight the importance of building carbon emission data disclosure, this research focuses on strengthening the existing industry service platform (including system maintenance of material engineering methods and carbon data update). The main focus of the project is to explore how to integrate my country's existing green building, green building materials and other marking systems based on the database system and content completed by our institute over the years, and to use "carbon disclosure" as a necessary assessment item to help the construction industry in the future.

### **Major Outcomes:**

1. Through the integration of relevant systems and documents, it can be found that among the existing green building evaluation indicators, only the Japanese CASBEE is based on the AIJ-LCA database for the quantitative calculation of LCCO<sub>2</sub>; while LEED ZERO focuses on the operation after the completion of the building. The extent to which carbon emissions caused by energy consumption or personnel movement during the year can be avoided or offset; EEWH's carbon dioxide emission reduction index is defined as the CO<sub>2</sub> emissions of building materials used in the construction process and energy used in the production process, which is a kind of Simpler calculation method. And we believe that it is not appropriate to make major changes to carbon dioxide emission reduction targets in the short term. Conversely, the ability to fully calculate the carbon footprint of the main building materials manufacturing/transportation can be regarded as a carbon dioxide emission reduction indicator through the green building mark.
2. According to the results of the expert meeting, there are currently two feasible options for incorporating carbon footprint assessment into the green material label. One is to set up a "low-carbon green material label" separately, and the other is to make the carbon disclosure calculation of materials as an obligation before applying for a green material label. The advantage of the former is the clarity of environmental performance; the advantage of the latter is that no matter what kind of green material label application, carbon disclosure is regarded as the "premise" of mandatory evaluation, with a wider range of objects, and it is also conducive to data The increase in storage capacity. But we need to pay attention to the impact on related industries, so we need to build a consensus in the industry.
3. In view of the need to increase the carbon footprint of landscape components in the existing database, this study collected common landscape projects in my country, drawn standardized diagrams and standardized construction procedures,

and completed the carbon footprint calculations of 45 landscape engineering projects. It can be seen from the results that the materials selected for the facility project are an important factor that affects the density of its materials and the carbon footprint of the building. Most of the facilities projects that use reinforced concrete, cement bricks and red bricks have significantly higher carbon emissions from materials and construction units than facilities that use materials such as crushed stone and wooden products.

### **Research Suggestions:**

#### **1. Continue to expand the carbon footprint of various materials into the database.**

(Highly Viable)

In response to the rapid development of materials and products, we will continue to conduct carbon footprint assessments in the future for new construction methods and new materials, wall panel materials with fire protection, and floor materials for household floor impact sound. It can be calculated by academia, or the self-assessment results provided by related manufacturers can be reviewed by the institute, academia or a third impartial unit.

Main Organizer: Institute of Architecture, Ministry of the Interior

Co-Organizer: Taiwan Architecture & Building Center

#### **2. Use BIM technology to assist carbon disclosure**

(Highly Viable)

It is suggested that in the future, the application of the industrial platform and the building information modeling system (BIM) can be combined with the feedback to the designer in the early stage of the design. However, this work involves the design and production of the component library and other technical aspects. It is recommended to discuss its feasibility with the Association of Architects or related promotion agencies in the future.

Main Organizer: Institute of Architecture, Ministry of the Interior

Co-Organizer: Association of Architects

#### **3. Establishment of building carbon footprint marking system**

(Highly Viable)

In view of the current Japanese CASBEE has a complete and clear building carbon footprint mechanism and calculation method. It is recommended that in the future, in conjunction with my country's building energy labeling system, through the application of database and industry platforms, a mandatory carbon labeling system should be established.

Main Organizer: Institute of Architecture, Ministry of the Interior

Co-Organizer: Taiwan Architecture & Building Center

# 第一章 緒論

## 第一節 研究源起與背景

全球氣候變遷與溫室效應的持續惡化及對生活環境造成莫大之衝擊，近年在國際間引起相當大之重視。聯合國「跨政府氣候變遷小組 (IPCC)」於 2013 年的《第五次氣候變遷報告》中預測指出：直至 2100 年，全球氣溫可能上升達  $4.8^{\circ}\text{C}$ ，海平面最嚴重將上升 98 公分，包含部分亞洲城市在內，將因海平面上升而變成沼澤，而海洋酸化和暖化嚴重影響珊瑚礁生態，全球乾旱、颱風等天災的強度都將增強，北極冰層則可能在夏天完全融解 (IPCC, 2013)。是故，如何有效地在災害影響人類存亡之前抑制地球的持續暖化，成為必須關注的議題。因此，在 2005 年正式生效的京都議定書當中，要求各個簽約國，必須在政策作為中控制人為排放之溫室氣體數量和大气中的溫室氣體含量，並對於如何緩解氣候變化及應對方式等做出規定，且提出具有法律效力的減量目標 (UNFCCC, 2008)。而根據聯合國於 2015 年所發表的「2030 永續發展目標」(Sustainable Development Goals, SDGs)，SDGs 包含 17 項核心目標，並涵蓋 169 項指標。其中，第 11 項目標「永續城市與社區」以減少建築產業的碳排放為核心，並以推動綠建築產業之節能效率為主要策略 (UN, 2015)。而在同一年，聯合國亦通過《巴黎氣候協議》(The Paris Agreement)，各國同意在 21 世紀結束前，控制地球溫度的上升低於攝氏  $2^{\circ}\text{C}$ ，並規定於往後以每五年為期間，檢討各國的「國家自訂減碳貢獻」(Nationally Determined Contributions, NDCs) (UNFCCC, 2015)。

身為全球一份子之台灣，2015 年公告的「溫室氣體減量及管理法」，企圖以國內 2050 年之溫室氣體排放量降為 2005 年之 50% 以下為長期減量目標。而人類對氣候系統的影響是明確的，人類活動對氣候干擾越大，面臨嚴重、普遍和不可逆轉的風險就越大，故吾人須有能力遏制氣候變化，建立一個更加繁榮、可持續的未來 (IPCC, 2017)。政府間氣候變化專門委員會於 2007 年關於氣候變遷的 AR4 評估報告中，預估 2030 年不同產業在各種碳交易價格下，對於全球溫室氣體減緩之經濟潛力中，建築產業是位居減碳投資效益最高的行業如圖 1-1 所示。

該報告認為 2011 年起只要每年投資一定範圍之金額，2050 年可以降低約三分之一之全世界建築物能耗，同時可將地球大氣 CO<sub>2</sub> 濃度控制在 450ppm 以內。綠建築產業在維持每噸二氧化碳當量減碳成本低於 100 美元之條件下，全球到 2030 年每年可減排 5.3~6.7 千兆噸。最重要的是其中 90% 的減排量可在小於每噸 20 美元的低成本情況下實現，其效益遠高出其他行業。AR5 報告建議減碳措施於能源使用層面，交通運輸、建築、工業佔了能源消耗相當大的比例，若能調整運作模式節省能源，對於二氧化碳減量也是很大的幫助。例如運輸業改用碳密集度低的燃料，建築物選用低碳的建材、設計考量採光、通風，工業大規模升級技術、促進材料使用效率、廢棄物減量等作法。為此，隨著全球暖化之威脅加劇，在國際間的減碳政策上產品被要求碳標籤、企業被要求碳揭露之勢日漸高漲。而根據聯合國環境規劃署 UNEP 的估計，建築產業是一種高度污染的產業，消耗地球能源的 40 % 左右。是故，政府與民間若能針對建築生產的分野，就生命週期的碳排方面進行有效的抑制會是在減量上最環保及具效益的工具。而為了解工程碳排放量的情形，因此開始由林憲德教授於 2014 年在低碳建築聯盟的成立下，提出建築碳足跡評估系統 (Building Carbon Footprint Evaluation System, BCF) 並運用於國內的建築業界。而 BCF 系統係藉由以生命週期為視點的數據分析，有效掌握建築 60 年生命週期的碳排放量，並指引減碳的方向與操作，而本研究所以採用的資料庫，係以前述林教授長年所建立的多項碳排數據為基礎。

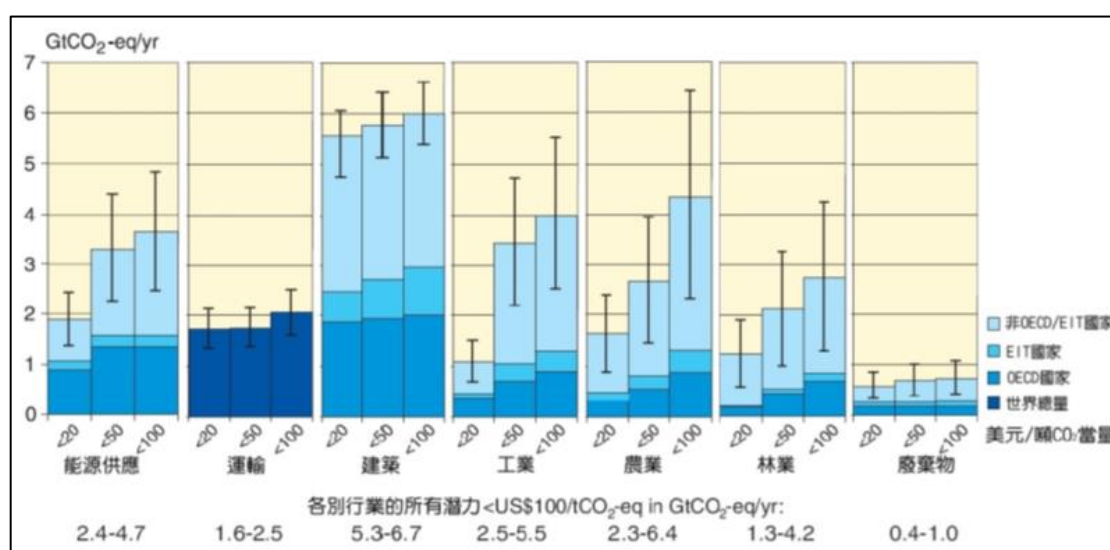


圖 1-1 IPCC 預測 2030 年建築產業減碳投資效益示意圖

(資料來源:IPCC, 2017)

而有關建築生產於地球環境議題之因應方面，起始於上個世紀二次大戰後的能源危機等事件所形成之反思。例如「節能建築」是 1970 年代因石油危機所爆發的建築環境思潮，其次的「綠建築」則是搭在 1992 年里約地球高峰會議熱潮之上的建築環保運動，現在以碳足跡為指標的「工程碳管理」則是在 1997 年京都議定書之後，在碳權、碳交易之壓力下所形成的最新環保戰略。於二十世紀末期的 1996 年，歐盟根據政府間氣候變化專門委員會第二次評估報告書中的影響評估內容中指出，假如能將全球表面平均氣溫維持在不超過工業革命前 2°C 或以下的水平，便能避免人類及自然生態系統，因氣候變化而遭到嚴重衝擊，進而提出「兩度目標」的概念。而後隨著世界各地環保意識的持續上漲，由全球 500 大企業首先率提出相關的減碳行動以因應趨勢。

是故，如同前述，地球生態因工業污染等人類活動持續惡化，讓世人對於環境破壞的危機感益趨加劇，特別是溫室氣體排放造成地球暖化的威脅日增，因此近年各國產業活動的碳揭露與減碳的行動，儼然已成為現代人類最關心的課題之一；而各國在年度減量目標與方法雖因歧見而有差異，但碳排放的掌握與抑制，仍是重要之國際共識。目前世界上對於產品或工業活動的碳足跡計算，多以其全生命週期為計算條件、可量化環境負荷的 LCA(Life Cycle Assessment)作為主要的評估方法。其工具運用之起源來自 1960 年代末期可口可樂公司評估各種飲料容器的耗能與環境衝擊，之後開始實施於各種產業。而 ISO 於 1997 年公告 ISO14040 系列標準，提供標準化之分析方法使其成為國際間共通之工具。

誠然，隨著溫室氣體對於環境影響的議題逐漸受到重視，現今世界各國所投入的減碳行動上，不僅所生產的工業製品有碳標示的義務，許多企業也大舉投入碳揭露工作。例如在民生消費品方面，世界知名的寶潔公司 Procter & Gamble、擁有多種跨國著名食品/飲料/清潔劑和個人護理產品的聯合利華公司 Unilever、全球最大的食品製造商雀巢公司 Nestle 等全球 500 大企業，從 2007 年開始聯合組成「供應鏈領導聯盟」，要求旗下供應商公布有關碳排放等資料。而這些入選

碳揭露領先指標 CDLI 的 500 大企業相較於 2005 年，投資報酬率成長了 83%，而未入圍的企業僅成長 50%，由此顯示，「減碳策略」已成為全球企業的主流，亦是提升企業競爭力的新策略。

而隨著前述之全球暖化之威脅加劇，在國際間的減碳政策上產品被要求碳標籤、企業被要求碳揭露之勢日漸高漲。據聯合國環境規劃署 UNEP 在 2006 年的估計，全球的建築產業約消耗地球能源的 40%、水資源的 20%、原材料的 30%、固體廢棄物的 38% 等。近年由於世間對於溫室氣體減量時程與成效的要求，各國建築產業未來勢必被強力要求實施減碳的策略降低其排放量。

而在建築產業方面，2007 年，IPCC(政府間氣候變化專門委員會)在有關氣候變遷的 AR4 評估報告中，預估 2030 年不同產業在各種碳交易價格下，對於全球溫室氣體減緩之經濟潛力中，建築產業是位居減碳投資效益最高的行業。該報告認為 2005~2030 年間投資至少 20 兆美元於減碳基礎設施，在每噸二氧化碳當量減碳成本低於 100 美元之條件下，全球到 2030 年每年可減碳 60 億噸二氧化碳當量，於 2050 年可將 CO<sub>2</sub> 當量控制在 450ppm~710 ppm 之間，全球平均總體經濟成本 GDP 增加 1%與減少 5.5%之間。另，AR5 報告建議減碳措施於能源使用層面，交通運輸、建築、工業佔了能源消耗相當大的比例，若能調整運作模式節省能源，對於二氧化碳減量也是很大的幫助。例如運輸業改用碳密集度低的燃料，建築物選用低碳的建材、設計考量採光、通風，工業大規模升級技術、促進材料使用效率、廢棄物減量等作法。

我國為因應全球性之碳減量共識，經濟部於 2006 年正式成立產業部門的溫室氣體減量專責機構「經濟部產業溫室氣體減量推動辦公室(TIGO)」，其主要功能在於整合經濟部溫室氣體減量策略，作為各局處間溝通協調平台以確保減量目標可逐年達成。而隨著 2015 年 7 月由總統公布施行「溫室氣體減量及管理法」，第四條即明定減量目標為 2050 年溫室氣體排放量降低為 2005 年排放量 50%以下；行政院亦於 2018 年 04 月發布「國家整體減量架構」，藉由明確的溫室氣體

階段管制目標作為施政與規範/輔導產業之重要依據。而在建築與營建工程等領域方面，行政院公共工程委員會在 2012 年「研訂公共工程計畫相關審議基準及綠色減碳指標計算規則」專案研究計畫中提出：針對公共工程於 2013~2014 年推動「碳足跡推估前置作業」，與 2015~2019 年執行「碳足跡推估作業」，於 2020~2024 年執行「碳足跡推動作業」，並預計於 2025 之後實施「碳中和推動作業」等。另一方面，在相關業界的努力下，近年環保署已陸續通過道路、橋梁、隧道、建築物、庭園景觀與室內裝修工項等的「碳足跡產品類別規則」(CFP-PCR)，建築產業的碳揭露規範亦日漸完備。而如同前節所述，2013 年在科技部「小產學聯盟計畫」下由成功大學林憲德教授設立的「低碳建築聯盟」，所發起的建築碳足跡評估 BICF 法與認證機制，有許多公家民間建築案件已經陸續接受此建築碳足跡標章之認證，同時有些地方政府也開始援用依此評估法執行工程碳足跡管理，截至目前為止已共計有 47 個建築案例通過低碳建築之認證。

綜上所述，在當今有關全球環境之議題上雖然所面對的課題多元，但由於日趨嚴重的地球暖化形成國際間必須共同面對之態勢，是故減碳議題係屬最為迫切。而我國也在前述背景與「溫室氣體減量及管理法」等之多重壓力下，建築產業於不久之將來，勢必被要求全面性地執行工程碳足跡之揭露、預測、操作、控制等碳管理作業，而非僅是採用現今的建築節能指標、綠建築指標，故以「碳揭露」為核心的評估法則日受重視。然而，為準確掌握建築工程所衍生之建築資材、設備、工法之碳足跡，建置完整的碳排放數係屬必要之前提條件。本研究依據前述低碳建築聯盟所建構之資料庫為基礎，取得聯盟之授權使用後，在內政部建築研究所的規劃下建置「建築產業碳足跡服務平台」，未來開放各界在規劃設計、工程計畫、建築行政管理等層面之碳足跡揭露運用。

## 第二節 研究目的與方法

### 一、研究目的

本研究以「碳揭露」為主軸，以掌握生命週期環境負荷為目的，提供建築產業界作為專業碳揭露之重要依據。何謂「碳揭露」？對於碳揭露之定義，就是個人、組織、活動或產品，以直接或者間接之方式所導致的溫室氣體排放總量 CO<sub>2</sub>e，用以衡量人類活動對環境的影響。碳揭露從原物料的開採、製造、使用，直至產品廢棄回收處理，所謂「搖籃到墳墓」的生命週期中，所產生的 CO<sub>2</sub> 排放量都算是碳揭露的計算範圍。建築產業碳揭露，我國目前可提供「建築、景觀、室內」裝修三領域應用探討。

本研究「綠建築與建材碳揭露之可行性研究」之階段目標，係檢討目前綠建築與綠建材標章制度，就其現有指標的「二氧化碳指標」與「創新及低碳作為」進行檢視，並提出在運用資料庫的前提下，前述標章制度新增與修正之具體建議。藉由可明確掌握建築物碳揭露，具體診斷可被控制的節能減碳熱點，指引政府與民間企業執行有效，且實質投資效益的減碳行動，係對地球環保最有感的建築碳標示制度。

碳足跡揭露的主因，比起綠建築與綠建材評估，碳足跡完整揭露建築與建材生命週期使用的能源、排碳量與耗能的熱點，並於設計階段加以改善，另可用於未來發展低碳建材碳足跡認證、建築減碳評估、建築產業碳足跡計算的國家標準，讓建築產業在作減碳設計或減碳評估時，有所依據及參考，讓其建築物或建材的減碳成效更具可視化。

依行政院 2020 年 2 月 14 日核定「國家環境保護計畫」，我國 2030 年溫室氣體排放量較基準年減量 20% 以下，又建築是 CO<sub>2</sub>e 排放大宗，建築產業的碳足跡標示制度勢必提前來到，台灣工程各界目前已對工程強制實施碳足跡揭露一事風聲鶴唳。隨著地球生態因工業污染等人類活動持續惡化，特別是地球暖化的威脅

日增，世人對於環境破壞的危機感益趨加劇。是故，「節能減碳」的行動，儼然已成為現代人類最關心的課題之一。

為呼應此全球性之課題，本團隊上個年度在內政部建築研究所的規劃與指導下，試圖建置公開、透明、可信之「建築產業碳足跡服務平台」，藉由此系統，政府之相關部門，與民間之建築設計、營建單位、材料商、工程顧問，及設備廠商等使用者，供產業查詢、下載及引用等，可明確檢視建材/工法的碳足跡之餘，也能進一步就建築規劃、設計等建築生命週期歷程，具體診斷可被控制的節能減碳熱點，以期指引執行有效，且具實質效益的減碳行動，意即可藉由量化的建築碳標示，作為建築生產的環境資訊公開、進而可驗證材料、工法改變的設計方案下，建築生命週期的減碳效益。另，藉由建構以我國數據為基礎的「建築產業碳足跡服務平台」，可改善各界目前任意使用海外或過時碳足跡資料之亂象，以符合本土之建築生產現況；同時，提供即時動態之建築碳足跡資訊與評估服務，以其推動對友善環境之建築產業；或可配合環評、都審、建照、使照等，以建管關卡提供政府有效的減碳管理工具；另，亦可用於未來發展綠建築認證、綠建材認證、建築節能/減碳之評估、建築產業碳足跡計算的國家標準。

綜合上述，為進一步強化碳足跡服務平台的功能，與突顯建築碳排資料公開之重要性。本計畫在強化既有產業服務平台(含系統維護與材料工法的碳資料更新)之餘，計畫重點主要為針對本所歷年所完成的資料庫系統與內容，探討如何結合我國現有綠建築、綠建材等標章制度，將「碳揭露」作為必要之評估項目，以期與現今各國對建築產業「碳揭露」活動接軌。本研究之預期目標如下所示：

1. 完成國內外建築及建材碳揭露相關文獻蒐集。
2. 完成建築產業碳足跡服務平台應用推廣策略研析。
3. 完成綠建築及建材納入低碳評估或碳足跡揭露之可行性評估。

## 二、研究方法

本計畫期望藉文獻回顧國內外建築及建材碳揭露之評估工具、方法與主要認證制度，並考量國情差異，提出在評估法則、境界條件設定、認證機制的參考建議。最後再經專家諮詢會議，廣徵相關領域的專家學者、公部門人士與產業界代表等多方專家學者意見，進行「綠建築與建材碳揭露之可行性研究」與現況的討論與分析，檢討目前綠建築與綠建材標章制度，就其現有指標的「二氧化碳指標」與「創新及低碳作為」進行檢視，並提出在運用資料庫的前提下，前述標章制度新增與修正之具體建議。研究採用之方法如下：

### (一)文獻蒐集與研究分析

蒐集國內外相關「綠建築與建材碳揭露」之相關文獻，藉由國內外「綠建築與建材碳揭露」的相關研究成果，從中進行分析，瞭解國內外建築領域的碳足跡評估工具、方法與主要認證制度，並釐清架構與範圍，對應到臺灣目前的狀態，提出在評估法則、境界條件設定、認證機制的參考建議。如此將有助於了解國際性與本土性差異的探討，亦能從文獻剖析中，了解到目前整個相關領域上研究執行的程度、過程中遇到的困難、相關研究的方法、後續研究的建議與目前研究的總體成果，對從事研究有前置作業整備的助益。

### (二)碳足跡案例收集與計算

本研究蒐集目前我國業界建築設計階段常用之建材/部位/工法共計二十種，針對其製作標準圖以界定使用材料、尺度與相對關係位置後，進行碳足跡之計算。其範疇包含室內裝修工程資料庫與景觀工程碳足跡資料庫（life cycle carbon database of Landscape, L-LCC），依施工碳排放量的解析理論建構出各類構件的標準施工碳排密度，並透過建築碳足跡資料庫 ABRI-LCC 計算出各材料由搖籃到工地的碳排放量，兩者再相加完成由搖籃到竣工範疇的蘊含碳排 LCC 資料庫之建置。是故，本研究將依照景觀碳足跡資料庫 L-LCC 之計算方式，再對照本研究所繪製之施工圖，計算出各設施由搖籃到竣工的蘊含碳排。

## (三)專家諮詢會議

依研究階段與範圍之問題發現，透過專家諮詢會議，邀請綠建築、綠建材、碳揭露…等各領域專家，提出如何將綠建築及建材納入低碳評估，或碳足跡揭露之可行性評估架構內容草案。

出建議。

研究流程如下所示：

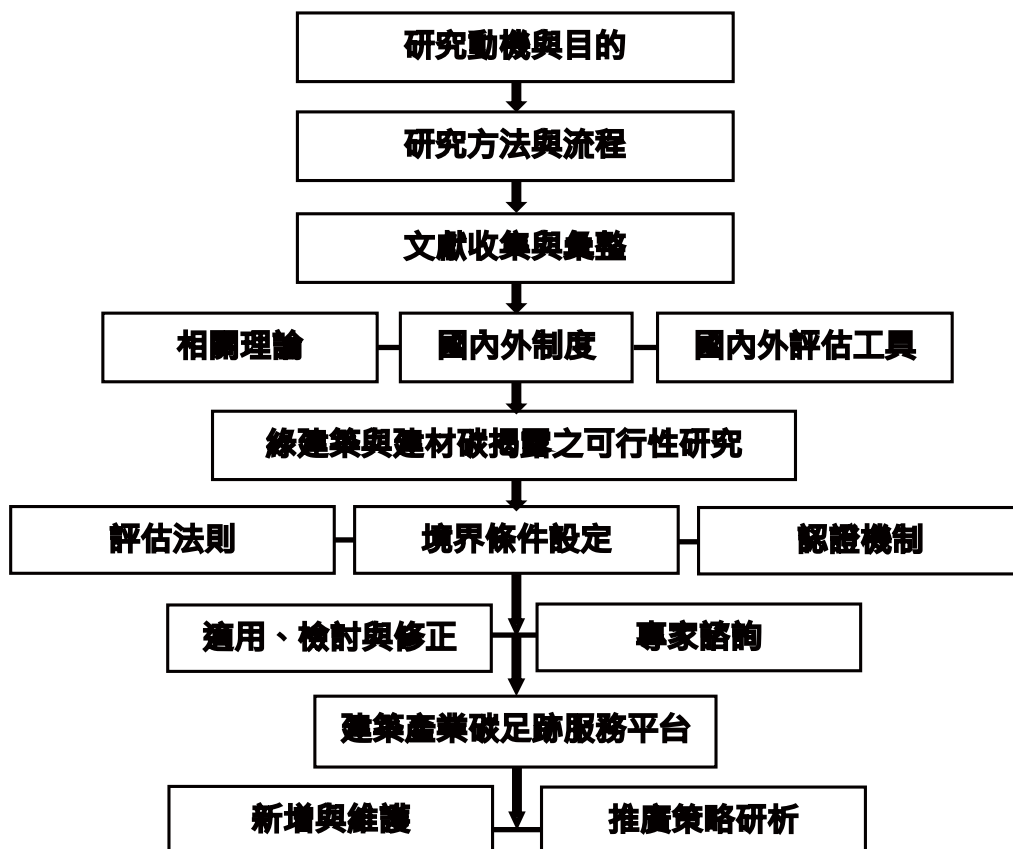


圖 1-2 研究流程

## 第二章 國內外相關機制彙整

### 第一節 台灣綠建築政策之發展

在台灣建築產業的碳排放占比約為全國總碳排的三成左右，比例非常的高，而且建築物與其他工業產品相比其生命週期長、影響時間也更長，因此有必要針對建築產業造成的環境負荷提出相應的對策。

1996 年行政院成立「永續發展委員會」，此後綠建築成為我國針對國際環境議題的參與及發展目標，並在同年公布「營建白皮書」，宣示台灣將積極推動綠建築政策。1999 年內政部建築研究所為鼓勵生產低環境負荷、高使用品質之建築，特委請財團法人台灣建築中心受理「綠建築標章」的申請，在標章中有綠建築七大指標，包括綠化量指標、基地保水指標、水資源指標、日常節能指標、二氧化碳減量指標、廢棄物減量指標、污水垃圾改善指標，經由綠建築標章審查委員會審查通過始得核發。並制訂出「綠建築解說與評估手冊」，以作為綠建築的評估依據，其簡明扼要的評估方法受到許多學者的認同，也為設計端建立出可依據的指導方針。

而為了更積極推動綠建築在國內的應用，2002 年更強制公共建築進行綠建築設計，此舉使台灣綠建築的發展在國內及國際間都愈加受到重視及矚目，隨著「綠建築解說與評估手冊」的檢討改善，決議於 2003 年新增生物多樣性指標與室內環境指標成為九大指標，使綠建築定義從「消耗最少地球資源，製造最少廢棄物的建築物」擴大為「生態、節能、減廢、健康的建築物」，更積極且完備。2004 年內政部營建署於建築技術規則設計施工編第 17 章—綠建築中設立綠建築專章，使綠綠建築在建築產業與建築學界已是發展多時且熱門的研究項目，從人類面臨到環境問題到產生環境意識，進而在許多產業中找出高能源使用的源頭，

建築產業也在這樣的背景下，開始對建築物的生產過程進行分析與檢討，因此建築的地球環保也成為國內及國際間重要討論的對象與課題。

綠建築在這波潮流中，已然是各個先進國家在設計生產建築時最主流的指導原則，依據資源使用與廢棄物產生的概念，綠建築就是一種：「消耗最少資源、製造最少廢棄物的建築物。」；亦是一種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永續發展的建築設計原則。為達成永續發展的目標，綠建築理論統整出兩項很重要的特色，一是地球環境負荷減量，另一個是生命週期評估概念，就是從建築物生產到死亡的全生命週期各階段進行環境衝擊評估，這樣的觀念可較完整且有系統的取得建築對環境影響的資訊。

## 第二節 綠建築標章之二氧化碳減量指標

在綠建築標章之九大指標中，二氧化碳減量指標係以減少建築物使用材料在生產與運輸兩階段的二氧化碳排放量為目標，其與日常節能指標以減少使用階段二氧化碳排放量具有相同之意義，屬於減少建築物「整體生命週期」二氧化碳排放的最重要一環。對於建物的生產而言，其使用的材料均屬能源的產物，伴隨大量二氧化碳之排放，倘若在設計階段的意匠手法與材料選擇，可考量碳排量之評估，其對於生命週期的碳排控制具有正面之效益。而最理想的建材二氧化碳排放量的掌握手法，係以建材的實際使用量與二氧化碳排放原單位其逐步累計，但在指標制定當時考量實務上的數量難以查證、計算過於繁複等因素，是故以較為簡易的規劃設計檢核項目作為評估原則，其中包含「結構合理化」、「建築輕量化」、「耐久化」、「再生建材」等四大範疇，分述如下：

- 一、 在結構合理化方面，主要以「形狀係數」作為評估項目，從平面形狀(平面規則性、長寬比、樓板挑空率)、立面形狀(立面退縮、立面出挑、層高均等性、高寬比)控制建築物的結構系統與形狀。
- 二、 在建築輕量化方面，從載重方式所衍生的「輕量化因子」換算使用率評估之。在主結構方面鼓勵採用輕量鋼骨結構或木結構、採用高性能混凝土設計以減少混凝土使用量；而在非結構材方面，則是鼓勵採用輕量乾式隔間、輕量化金屬帷幕外牆。預鑄整體衛浴系統等。
- 三、 在耐久化方面，則是從結構體的「耐久性」與設備系統與介面「維修性」評估之。前者藉由耐震力強化、結構體耐久設計(主要檢視柱樑、樓板等 RC 結構的保護層厚度)等項目評價；後者則是強調「設備與建築本體的分離」、「明管設計」。
- 四、 在再生建材方面，則是鼓勵使用以下材料並評價其使用率，例如以高爐水泥作為混凝土材料、高性能混凝土設計以減少水泥使用量、再生面磚作為

建築室內外建築表面材、再生磚塊或再生水泥磚作為戶外圍牆造景、以及採用再生級配骨才做為混凝土骨材等。

綜合以上說明，綠建築標章中的二氧化碳減量指標，係以類似設計階段的檢核表(CHECKLIST)逐項計分的方式，從評估法中的簡易公式以「準定量化」的模式計算減碳效果。其雖非屬於完整的建築資材碳足跡量化評估，但由於其計算容易，截至今年五月為止，累計統計通過綠建築標章(不含候選證書)3532 案中，有評估二氧化碳減量指標為 1222 案，約 35%，由此結果可得知二氧化碳減量指標普遍受到重視。然而不可否認的是，我國現時綠建築標章的二氧化碳減量指標中，利用檢核表評估的方法確實較為抽象，無法全盤掌握各個材料、工法選用之減碳對策的實際效益，亦與目前國際上通用之生命週期碳足跡盤查、評估之趨勢相悖。特別是當今世界各國包含台灣在內對於溫室氣體減量目標有一定之責任與壓力下，包含建築產業在內，如何有效地達到碳減量，首重在於精確的碳揭露與後續之行動。是故，如何補足目前二氧化碳減量指標，係為必須思考之課題。

本研究初步建議在目前綠建築標章九大指標以被全國業界習慣採用的現況下，暫不宜對於二氧化碳減量指標進行大幅度地更動，而是可藉由非官方之「低碳建築聯盟」於 2014 年起所推動的「建築碳足跡制度」加以結合，當通過此認證取得「碳足跡標章」至一定以上等級者，可視同通過綠建築標章之二氧化碳減量指標，並推廣、鼓勵業界以非強制性之方式申請。

表 2-1 二氧化碳減量指標之建材使用計畫原則

| 結構合理化(形狀)                                                                                                                                                                                                | 建築輕量化                                                                                                                                                                   |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• 建築平面規則、格局方正對稱。</li> <li>• 建築平面內部除大廳挑高之外，盡量減少其他樓層挑高設計。</li> <li>• 建築立面均勻單純、沒有激烈退縮出挑變化。</li> <li>• 建築樓層高均勻，中間沒有不同高度變化之樓層。</li> <li>• 建築物底層不要大量挑高、大量挑空。</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 鼓勵採用輕量鋼骨結構或木結構。</li> <li>• 採用輕量乾式隔間。</li> <li>• 採用輕量化金屬帷幕外牆。</li> <li>• 採用預鑄整體衛浴系統。</li> <li>• 採用高性能混凝土設計以減少混凝土使用量。</li> </ul> |

| • 建築物不要太扁長、不要太瘦高。                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 耐久化                                                                                                                                                                                                                                                      | 再生建材使用                                                                                                                                                                                          |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• 結構體設計耐震度提高 20~50%。</li> <li>• 柱樑鋼筋之混凝土保護層增加 1~2cm 厚度。</li> <li>• 樓板鋼筋之混凝土保護層增加 1~2cm 厚度。</li> <li>• 屋頂層所有設備已懸空結構支撐，與屋頂防水層分離設計。</li> <li>• 空調設備管路明管設計。</li> <li>• 給排水衛生管路明管設計。</li> <li>• 電氣通信線路開放式設計</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 採用高爐水泥作為混凝土材料。</li> <li>• 採用高性能混凝土設計以減少水泥使用量。</li> <li>• 採用再生面磚作為建築室內外建築表面材。</li> <li>• 採用再生磚塊或再生水泥磚作為是外圍牆造景之用。</li> <li>• 採用再生級配骨材做為混凝土骨材。</li> </ul> |

### 第三節 綠建材標章與碳足跡揭露

#### 一、我國綠建材標章之發展

有關內政部建築研究所對於「綠建材標章制度」的推動，於 1999 年起即進行相關建材逸散分析研究及相關建材檢測試驗設備建置，歷經龐大的研究成果與機制的研擬，開始在 2003 年籌備我國的綠建材標章制度，並於 2004 年 7 月正式上路，率先針對「健康」綠建材、「再生」綠建材兩類進行審查與標章核發；到了 2005 年，增加了「生態」與「高性能」的分類；2011 年時，健康綠建材中加入了分級制度，且大幅擴充再生綠建材受理項目至 18 類，並在高性能綠建材中加入節能玻璃；2015 年，則是將健康綠建材的 TVOC 列管化學物質與我國空氣品質管理法接軌，由 6 項增加至 12 項；最新版本的 2020 年，則是在評定基準的通則篇修正建材放射線基準、生態綠建材評定項目增加直交集成板(CLT)等木質建材、再生綠建材增訂瀝青鋪面粒料、隔熱混凝土用輕質粒料、建築用隔熱材料、屋頂隔熱磚，以及控制性低強度材料等 5 項建材、高性能綠建材則是將將高性能節能玻璃改為高性能節能綠建材，以廣納各項可促進建築節能之建材，並增訂 5 個建材受理項目，包含「建築用隔熱材料」、「建築門窗用玻璃貼膜材料」、「節能

塗料」、「外牆系統或構造」、「屋頂系統或構造」；高性能防音綠建材增訂 2 個評定項目，包含「昇降機道與居室相鄰之分間牆」以及「橡膠緩衝材」等。

## 二、綠建材之四項標章的意義

在目前的綠建材四個標章當中，「生態綠建材」的定義係採用生生不息、無匱乏危機之天然材料，具易於天然分解、符合地方產業生態特性，且以低加工、低耗能等低人工處理方式製成之建材，目前針對此分類標章以「無匱乏危機」及「低人工處理」為評定要項；「健康綠建材」則是指該建材之特性為低逸散量、低健康風險之建築材料，目前針對此分類標章以「低甲醛」及「低總揮發性有機化合物」逸散為評定要項；「再生綠建材」係利用回收材料，經過再製程序，所製造之建材產品，並符合廢棄物減量(Reduce)、再利用(Reuse)及再循環(Recycle)等 3R 原則製成之建材。目前針對此分類標章以「回收材料來源」、「回收材料摻配比率」及「產品個別要求」為評定要項；「高性能綠建材」：是指性能有高度表現之建材、材料構件，能克服傳統建材、建材構件性能缺陷，以提升品質效能。含高性能防音綠建材、高性能透水綠建材，以及高性能節能綠建材。

## 三、綠建材的通則內容

除了上述的四分類之個別評定基準以外，綠建材標章另制定共同遵守之「通則」，以作為申請綠建材標章之門檻。當建材產品進行生態、健康、再生、高性能四大分類評定前，須先符合綠建材通則之規定，並提出相關證明文件。須符合包含環境保護、性能標準及安全規範等內容之「一般要求」，意即建材須達到功能性與安全性的要求水準，以及不得含有有害性之「限制物質」，並提出試驗報告佐證或聲明。建構通則的目的主要是確保綠建材對環境無害、對人體無害、品質符合相關規格標準等。詳細說明如下：

### (一)一般要求

1. 綠建材應於原料取得、生產製造、成品運輸及使用等階段皆不造成環境污染；申請人應依「綠建材標章申請審核認可及使用作業要點」第四點之規定出具一年內未受環保機關處分之證明文件。
2. 綠建材之產品功能應符合既定之國家標準；若國內尚無可符合之國家標準時，得另提出適合之國際標準進行評定；若所沿用之標準或規範中的性能試驗項目中有部份不適用的情形，得提出其它相關之標準或規範進行評定。
3. 綠建材之安全性應符合相關法規規定。

## (二)限制物質

綠建材之限制性物質評定，係對於有害物質含量之限制。將可能危及環境及人體之物質(指標污染物)，依材料之種類擬定相關評定基準，並於建材之定量評定中加以分析、管制禁用，確保居住空間之安全健康及維護生態環境。限制物質評定項目包括：

1. 非金屬材料任一部份之重金屬成份，須依據「事業廢棄物毒性特性溶出程序(TCLP)」進行檢驗並符合規定值。
2. 不得含有石棉成份。
3. 所含天然放射性物質不得有影響公眾安全之虞，建材表面 0.1 公尺處之輻射劑量率每小時超過 0.2 微西弗者(不含背景值)，應實施活度濃度分析；其活度濃度指數及使用範圍，依「天然放射性物質管理辦法」規定。
4. 不得含有行政院環境保護署公告之毒性化學物質，但本手冊另有規定者依其規定。
5. 不得含有蒙特婁議定書列管之化學物質。
6. 水泥相關製品總氯離子含量基準 $\leq 0.1\%$ (依據 CNS 14164 7.13 節總氯離子含量測試法)，惟國家標準已有前開試驗者，逕依該國家標準試驗之。
7. 含氯高分子材料不得申請健康與生態綠建材標章，申請再生或高性能綠建材標章時，均依照本手冊之各分項規定辦理。

8. 使用於室內之裝修建材應進行甲醛及 TVOC 逸散之檢測，其逸散速率須符合  
     $\text{甲醛} \leq 0.05 \text{ mg} / \text{m}^2 \cdot \text{hr}$ ， $\text{TVOC} \leq 0.19 \text{ mg} / \text{m}^2 \cdot \text{hr}$ 。但產品明顯不產生  
    逸散時，經評定專業機構之分類評定小組審查且同意者，不在此限。

#### 四、綠建材標章與綠建築各指標之關聯

在兩個標章的關聯性與連結方面，目前綠建材標章產品可運用於多項綠建築的指標當中。以「室內環境指標」為例，對於室內建材裝修的計算主要分為兩方面，一是減少整體室內裝修量以節約地球資源；二為獎勵使用綠建材標章之建材，以減少甲醛及揮發性有機物質等污染室內空氣，藉以維護居住者的健康。其中在「表面裝修建材」的評估項目係為鼓勵採用「綠建材」，並以室內裝修材料及樓地板面材料總面積百分比來評估，旨在運用生態綠建材、健康綠建材、再生綠建材、高性能防音綠建材等材料，達成室內環境品質，尤其更以優惠得分來獎勵生態綠建材之使用。另外，尚有基地保水指標可選用獲得高性能透水綠建材之材料，增加土地涵養水分及貯集滲透雨水的能力，緩和都市熱島效應、降低公共排水設施負荷量及減少都市洪患發生；而再生綠建材則符合二氧化碳減量及廢棄物減量指標的訴求，降低廢棄物造成的環境負荷與新資源開採製造的耗費；而日常節能指標則與高性能節能綠建材共同為減少地球能源耗用盡一分心力，由此可見，「綠建材標章制度」與「綠建築政策」兩者屬於相輔相成。

## 第四節 日本 CASBEE 與生命週期碳足跡的關聯

CASBEE 全名為 Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency 建築環境績效綜合評估系統，是一種評估建築物環境績效的方法。該系統可以綜合評估建築物的環境質量，包括室內舒適度和風景以及日常使用節能，並且使用環境負荷較小的材料和設備等環境考量。其起源於 2001 年，在日本政府土地、基礎設施、運輸及住房行政部門的支持努力下，成立了建築物環境綜合評估研究委員會，此為一個跨產業、政府、學術部門的聯合項目，至今不斷的持續開發及維護。CASBEE 的特色是使用新開發的評估指標 BEE(建築環境效率)進行評估，這個評估指標會分別從建築物的環境質量(Q)和建築物的環境負荷(LR)兩方面進行評估，最後計算出客觀的環境效率。而且在尺度上，以都市管理、城市到建築與住宅分層建立出分析結構；在時間性上，分為企劃、新築、既存、改修，可從建築物不同階段做出檢討，計劃階段可評估其環境影響與選址是否合適，新建階段可在設計時進行修正與自我檢測，既存則是用於對建物資產的評估，改修與既存類似，但特別可用在古蹟或歷史建物上。

在計算方法中，環境性能部分包含 Q1 室內環境、Q2 設備品質、Q3 基地上的室外環境，環境負荷則是 LR1 能源、LR2 資源與材料、LR3 基地外的環境，其中清楚定義出所要評估的空間邊界，這些項目分別以表格形式列出評估標準及分數，最後會得出環境質量與環境負荷兩個分數(SQ、SLR)，再以公式  $BEE = \frac{Q}{L} = \frac{25 \times (SQ - 1)}{25 \times (5 - SLR)}$  計算出環境效率。

本研究所關注的生命週期碳排放計算為 LR3 中的全球暖化評估項目，透過計算建築物材料的碳排放後再轉換成 CASBEE 分數表中的數值，此處計算方式可由評估者自行選定現有的資料庫數據計算，得到每年每平方公尺的平均碳排放量即可與基準建築進行比較得到相應的分數。地球暖化對策、積極節能節電、環境保護等議題情況下，自然能源活用是抑止環境破壞要素，是現今世界共通環境問題，即刻從建築領域著手執行相對重要，故建立「建築產業碳足跡服務平台」，應符合本土化的標準，有其政策與機制制定之必要性。本研究針對平台系統之建置，採用以下方法以驗證產業平台工具之操作性、準確性與實用性。

以下為 CASBEE 評估系統的介紹：

## 一、基本概念

建築環境效率綜合評估系統（CASBEE）是一種評估和評級建築物與建築環境的環境績效的方法。它是對建築物質量的綜合評估，評估室內舒適度和景觀美感等特徵，也考慮環境實際面，含使用節省能源或產生較小環境負荷的材料和設備。CASBEE 評估分為五等級：優秀(S)、非常好(A)、好(B+)、稍差(B-)和差(C)。

CASBEE 由 2001 年成立的研究委員會開發，作為工業、政府、學術聯合項目的一部分。遵循三個原則：

- 建築全生命週期綜合評估
- 建築環境質量和建築環境負荷評估
- 基於新開發的建築環境效率（BEE）指標的評估

## 二、空間尺度分類與時間過程分類

CASBEE 由針對不同規模量身訂制的評估工具組成：建築（住宅和建築）、城市（城鎮發展）和都市管理。這些工具統稱為 CASBEE 系列。如圖 2-1 所示，CASBEE-Housing 和 CASBEE-Building 適用於單個房屋和建築物以評估其環境績效。CASBEE-Urban Development 用於評估城市街區和城鎮發展的環境績效。CASBEE-City 在地方政府的範圍內評估環境績效，這些是根據 CASBEE 的建築環境效率（BEE）指標進行評估的。

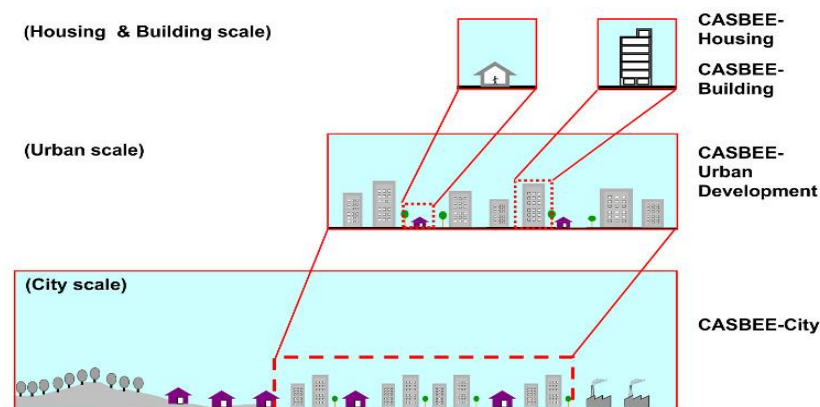


圖 2-1 用於 CASBEE 評估的尺度定義分層結構

(資料來源：CASBEE 網站)

CASBEE 是依據整套建築設計流程開發的，從設計前階段開始，一直到設計和設計後階段，與建築生命週期相對應。CASBEE 由四種評估工具組成：設計前(CASBEE for Pre-design)、新建(CASBEE for New Construction)、既存(CASBEE for Existing Buildings)和翻新(CASBEE for Renovation)，並服務於設計過程的每個階段。

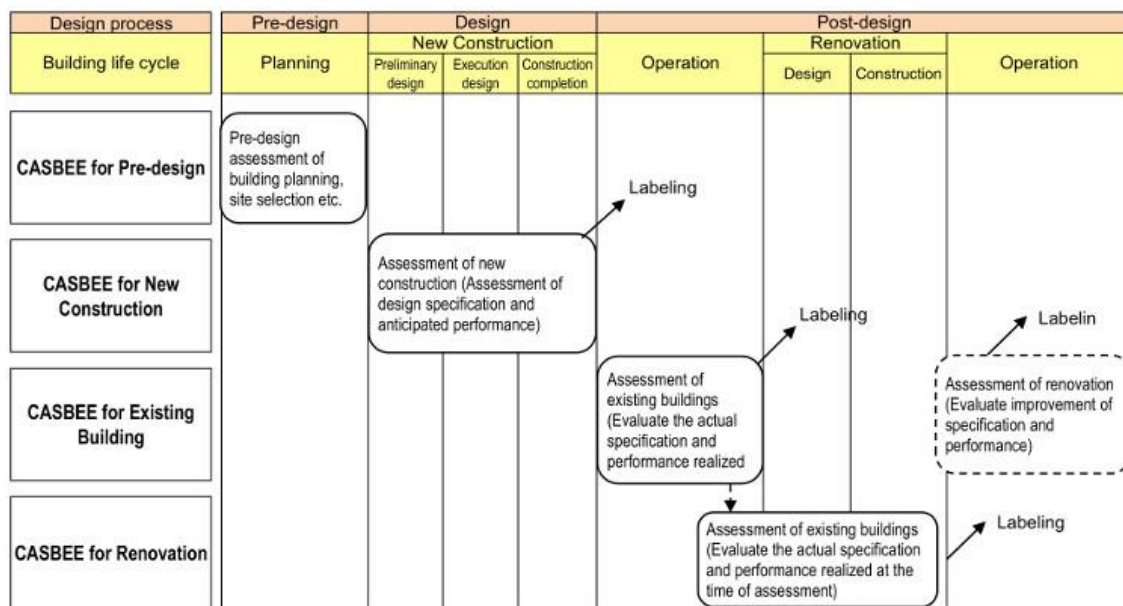


圖 2-2 CASBEE 的四種規模對應建築生命週期的工具

(資料來源：CASBEE 網站)

### 三、建築環境效率(BEE)

CASBEE 引入了環境效率的概念，以實現對兩個因素的綜合評估：建築基地內部和外部。環境效率通常被定義為「每單位環境負荷的產品和服務價值」。效率通常是根據投入和產出數量來定義的，因此可以提出一種新模型來擴展環境效率的定義，即（有效益的產出）/（投入成本 + 無效益產出）。如圖 2-3 所示，這種新的環境效率模型可以擴展到定義建築環境效率（BEE），CASBEE 將其用作其評估指標。

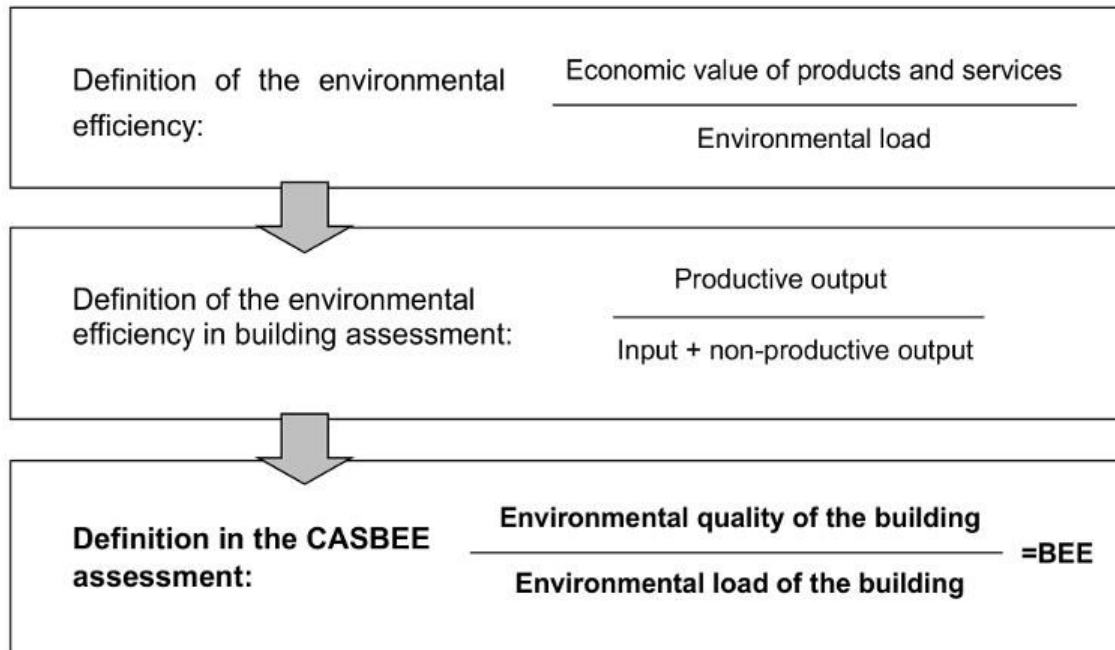


圖 2-3 從環境效率概念到 BEE 的發展

(資料來源：CASBEE 網站)

在 CASBEE 下，有兩個空間：內部和外部，由封閉空間邊界劃分，並且被基地邊界和其他元素定義，在 CASBEE 下，這兩個因素定義為 Q 和 L，作為主要評估類別並分別評估。

Q (品質)：建築環境品質：評估在封閉空間（私人財產）內部為建築使用者改善的生活舒適度。

L (負荷)：建築環境負荷：評估超出封閉空間到外部（公共財產）的負面環境之影響。

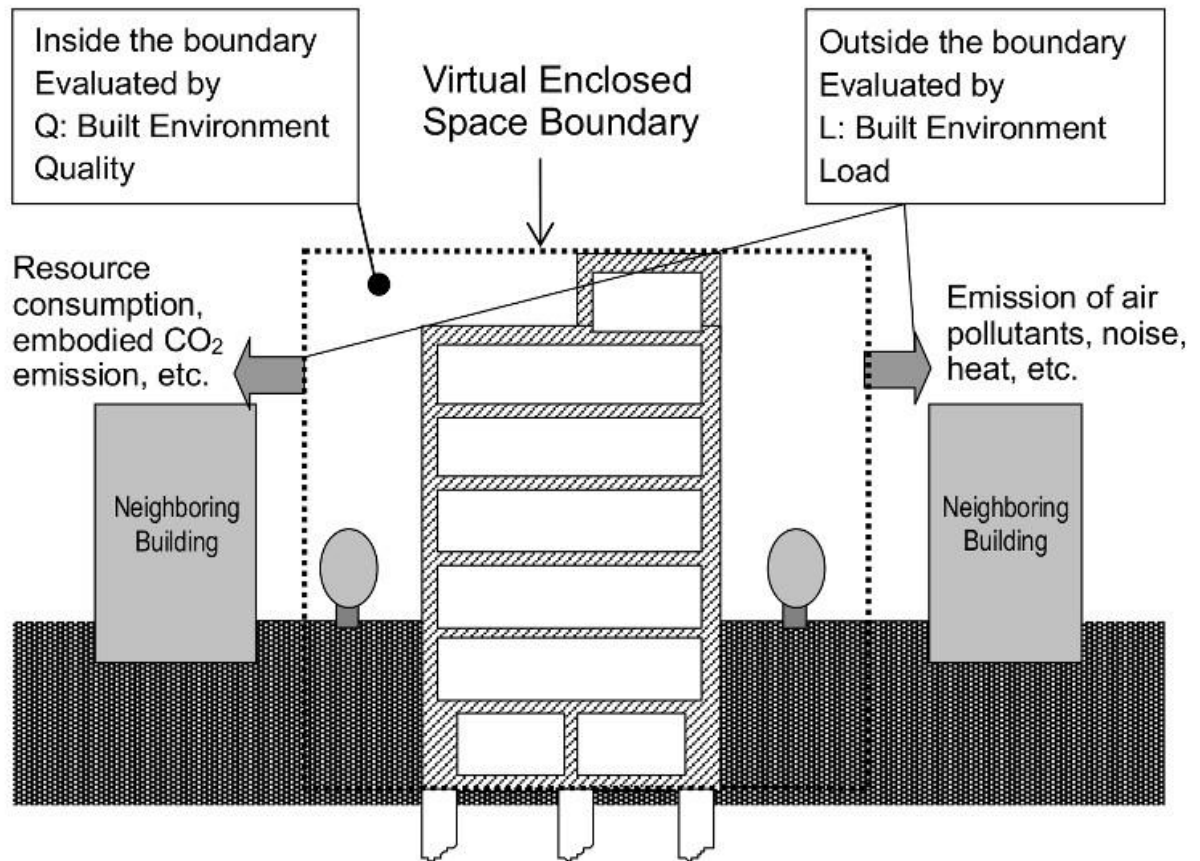


圖 2-4 根據封閉空間邊界劃分 Q 建築環境質量和 L 建築環境負荷的評估類別

(資料來源：CASBEE 網站)

CASBEE 涵蓋以下四個評估領域：能源效率、資源效率、當地環境、室內環境。這四個領域與上述國內外現有評估工具的目標領域大體相同，但不一定代表相同的概念，因此很難在相同的基礎上處理。因此，評估必須審查和重新組織這四個領域中包含的類別。因此，評估類別如圖 2-5 所示分為 BEE 分子 Q (建築環境質量) 和 BEE 分母 L (建築環境負荷)。Q 進一步分為三個項目進行評估：Q1 室內環境、Q2 服務質量和 Q3 室外環境。同理，L 分為 L1 能量，L2 資源與材料，L3 場外環境。

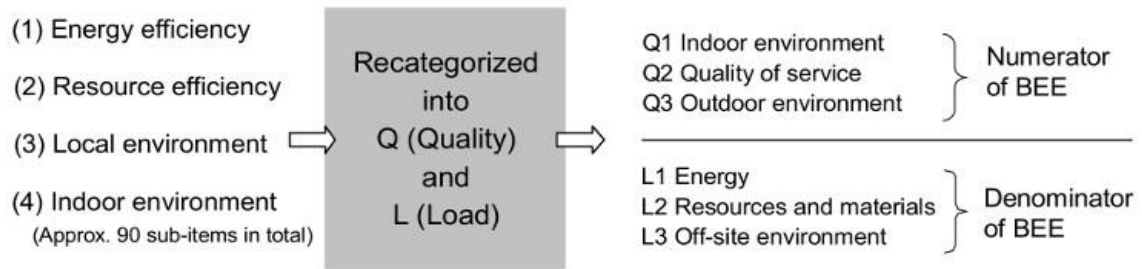


圖 2-5 評估項目的分類和重新排列為 Q 建築環境質量與 L 建築環境負荷

(資料來源：CASBEE 網站)

如上所述，BEE (Built Environment Efficiency)，使用 Q (建築環境質量) 和 L (建築環境負荷) 作為兩個評估類別，是 CASBEE 的核心概念。此處使用的 BEE 是從 Q (建築環境質量) 作為分子和 L (建築環境負荷) 作為分母計算得出的指標。

使用 BEE 可以更簡單、更清晰地呈現建築環境性能評估結果。BEE 值通過在 x 軸上繪製 L 和在 y 軸上繪製 Q 來表示在圖表上。BEE 值評估結果表示為通過原點 (0,0) 的直線的斜度。Q 值越高，L 值越低，斜度越高，建築越具永續性。使用這種方法，可以將這些以斜度為界的區域以圖形方式呈現建築環境評估的結果。圖 2-6 顯示如何在圖表上將建築物的評估結果按等級 C (差)、等級 B-、等級 B+、等級 A 和等級 S (優秀) 排序。

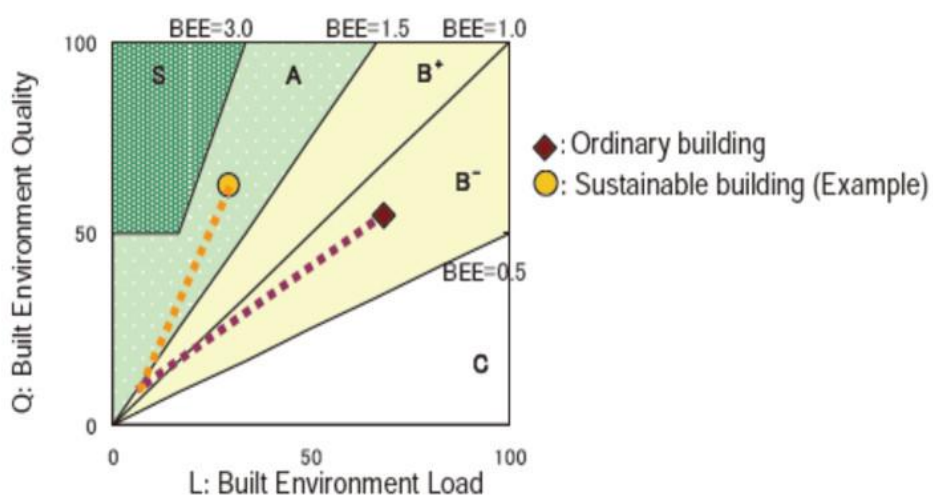


圖 2-6 以建築環境效率 BEE 為基礎的環境標籤

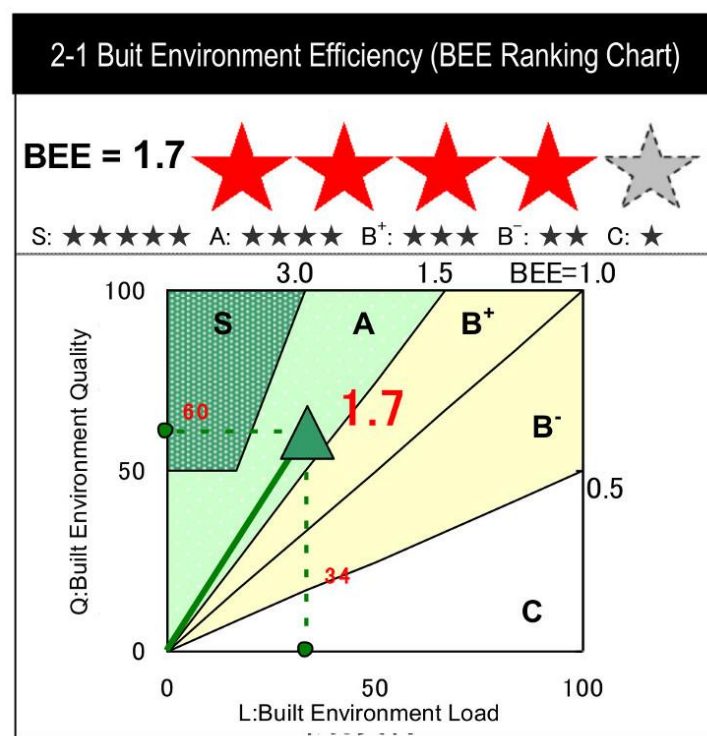
(資料來源：CASBEE 網站)

#### 四、評級結果圖形指示系統

##### (一)BEE 圖表

此處顯示了根據 Q (建築環境質量)、L(建築環境負荷)和 LR (減少的建築環境負荷) 的評估結果計算得出的建築環境效率 (BEE)。Q 和 L 的值來自 SQ (Q 類別的總分) 和 SLR (LR 類別的總分)。首先，將分子 Q 定義為  $Q = 25(SQ - 1)$ ，將建築環境質量的 SQ (從 1 到 5) 轉換為 0 到 100 的 Q 標度，然後定義分母 L 為  $L = 25(5 - SLR)$  將 SLR (從 1 到 5) 轉換為 0 到 100 的 L 標度。

CASBEE 標記建築物的整體環境績效評估等級從 C 到 B-、B+、A 和 S，對應於根據線斜度劃分的區域。等級對應於圖中所示的評估表達式，為清楚起見使用了多個星號。



| Ranks          | Valuation   | BEE value, etc.                                          | Indication |
|----------------|-------------|----------------------------------------------------------|------------|
| S              | Excellent   | BEE = 3.0 or more and Q = 50 or more                     | ★★★★★      |
| A              | Very Good   | BEE = 1.5-3.0<br>BEE = 3.0 or more and Q is less than 50 | ★★★★       |
| B <sup>+</sup> | Good        | BEE = 1.0-1.5                                            | ★★★        |
| B <sup>-</sup> | Fairly Poor | BEE = 0.5-1.0                                            | ★★         |
| C              | Poor        | BEE = less than 0.5                                      | ★          |

圖 2-7 BEE 圖表和根據 CASBEE 中的 BEE 值分級

(資料來源：CASBEE 網站)

**(二)LCCO2 排放條狀圖(適用於住宅和建築規模)**

生命週期二氧化碳排放在 CASBEE 中以對全球暖化影響程度圖表的形式呈現給住宅和建築。自 2008 年以來，CASBEE 已納入 LCCO2 評估，該評估計算從建造、使用到拆除和處理廢棄物的整個建築生命週期中的二氧化碳排放量。針對二氧化碳排放，在 CASBEE 中有兩種計算方式可以選擇，一種是在 CASBEE 軟體中內建的“標準計算”方法，可根據已輸入到 CASBEE 電子表格中的數據，包含建築基本資料（建築類型、建築面積等），軟體會自動對 LCCO2 的進行簡化估算。該功能對不熟悉 LCCO2 評估的評估員尤其有益，另外若選擇個別計算，則需提供建築物全生命週期的二氧化碳排放量(kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>/年)。被評估的建築碳排必須與 CASBEE 中的基準建築做比較，而此基準建築的碳排數據是來自那些滿足日本節能法規定的業主評估標準的建築，將符合建築節能法規定的建築物作為基準再與要評估的建築物進行比較，以百分比的方式呈現評估目標與基準之間的差異以得到分數結果。

以下對用來比較的基準建築作解釋，日本為因應建築物能源消耗量顯著增加，提高建築物能耗性能，於 2015 年 7 月 8 日訂定了「建築節能法」，將建築節能相關法規管制強度逐步增加，目前包含建築外殼性能要求及住宅初級能耗基準(BEI)要求，並設立節能績效認證制度，初級能耗基準 BEI=設計一次能源消耗量/一次能源消耗量基準，一次能源消耗是通過“空調設備”、“機械通風設備”、“照明設備”、“熱水供應設備”、“電梯機器”、“辦公自動化設備等”在建築面積中的能耗總和來計算的，此外，可再生能源的節能效果可以作為能源消耗量的抵銷。在建築外殼性能要求方面，住宅類建築之規定兼顧隔熱值及遮陽值的

雙重規定，以及氣密性、全年冷暖房負荷等陸續新增的規定。非住宅用的是 Pal 外殼全年熱負荷係數，在這基準中，規定 2000m<sup>2</sup> 以上的建築物外周圍部份 (Perimeter Zone)，每年每平方公尺的熱負荷量不能超過某一空調熱負荷的標準，目前包含百貨商場、旅館、醫院、學校、餐廳共六類建築物的 PAL 設計基準。

如果選擇標準計算，軟體會根據主表中以輸入過的建築基本資料自動進行計算，而軟體中的碳排數據是來自日本建築學會產業關聯表的分析結果，其中在新建階段的淺藍色表格中要填入結構體中高爐水泥的利用率和建築物既有主體的再利用率，營運階段需提供用水量。個別計算表格中所有淺藍色表格內容必須手動填入，可自行選定所參考的碳排數據資料庫，但是要提供來源。

| ■ LCCO <sub>2</sub> 算定条件シート(標準計算) |                            | ■ 建物名称                         |                               | 〇〇ビル                                |
|-----------------------------------|----------------------------|--------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|
|                                   |                            | CASBEE-BD_NC_2018(v1.0)        |                               |                                     |
| 項目                                | 参照値(参照建物)                  | 評価対象                           | 備考                            |                                     |
| 建物概要                              | 建物用途                       | 事務所                            | 事務所                           |                                     |
|                                   | 建物規模                       | 15,000m <sup>2</sup>           | 15,000m <sup>2</sup>          |                                     |
|                                   | 構造種別                       | 0                              | 0                             |                                     |
| ライフサイクル設定                         | 想定耐用年数                     | 事務所部分60年                       | 事務所部分60年                      |                                     |
| 建設段階                              | CO <sub>2</sub> 排出量        | 14.00                          | 14.00                         | kg-CO <sub>2</sub> /年m <sup>2</sup> |
|                                   | エンボディCO <sub>2</sub> の算定方法 | 日本建築学会による2005年産業連関表分析による日本の平均値 | 左記からの、リサイクル建材の採用による削減量を推定して算定 |                                     |
|                                   | CO <sub>2</sub> 排出量原単位の出典  | 日本建築学会による2005年産業連関表分析による分析結果   | 同左                            |                                     |
|                                   | バウンダリー                     | 国内消費支出分                        | 同左                            |                                     |
|                                   | 代表的な資材量                    |                                |                               |                                     |
|                                   | 普通コンクリート                   | 0.70                           | 0.70                          | m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>      |
|                                   | 高炉セメントコンクリート               | 0.00                           | 0.00                          | m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>      |
|                                   | 鉄骨                         | 0.10                           | 0.10                          | t/m <sup>2</sup>                    |
|                                   | 鉄骨(電炉)                     | 0.00                           | 0.00                          | t/m <sup>2</sup>                    |
|                                   | 鉄筋                         | 0.08                           | 0.08                          | t/m <sup>2</sup>                    |
|                                   | 木材                         | 0.01                           | 0.01                          | t/m <sup>2</sup>                    |
|                                   | □ □                        | 〇〇                             | 〃                             | kg/m <sup>2</sup>                   |
|                                   | 代表的な資材の環境負荷                |                                |                               |                                     |
|                                   | 普通コンクリート                   | 266.71                         | 〃                             | kg-CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>  |
|                                   | 高炉セメントコンクリート               | 216.57                         | 〃                             | kg-CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>  |
|                                   | 鉄骨                         | 1.28                           | 〃                             | kg-CO <sub>2</sub> /kg              |
|                                   | 鉄骨(電炉)                     | 〃                              | 〃                             | kg-CO <sub>2</sub> /t               |
|                                   | 鉄筋                         | 0.51                           | 〃                             | kg-CO <sub>2</sub> /kg              |
|                                   | 断 材                        | 4.75                           | 〃                             | kg-CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>  |
|                                   | □ □                        | 〇〇                             | 〃                             | kg-CO <sub>2</sub> /kg              |
|                                   | 主要なリサイクル建材と利用率             |                                |                               |                                     |
|                                   | 高炉セメント(躯体での利用率)            | 0%                             | 0%                            |                                     |
|                                   | 既存躯体の再利用(躯体での利用率)          | 0%                             | 0%                            |                                     |
|                                   | 電炉鋼材(鉄筋)                   | 0%                             | 0%                            |                                     |
|                                   | 電炉鋼材(鋼材)                   | 0%                             | 0%                            |                                     |

|                |                                   |                                           |                           |                         |
|----------------|-----------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------|-------------------------|
| 修繕・更新・<br>解体段階 | CO <sub>2</sub> 排出量               | 16.21                                     | 16.21                     | kg-CO <sub>2</sub> /年㎡  |
|                | 更新周期(年)                           |                                           |                           |                         |
|                | 外装                                | 25年                                       | 25年                       |                         |
|                | 内装                                | 18年                                       | 18年                       |                         |
|                | 設備                                | 15年                                       | 15年                       |                         |
|                | 平均修繕率(%/年)                        |                                           |                           |                         |
|                | 外装                                | 1%                                        | 1%                        |                         |
|                | 内装                                | 1%                                        | 1%                        |                         |
|                | 設備                                | 2%                                        | 2%                        |                         |
|                | 解体段階のCO <sub>2</sub> 排出量の<br>算定方法 | 解体廃棄物量として、2000kg/㎡を仮定<br>して、30kmの道路運送分を評価 | 同左                        |                         |
| 運用<br>段階       | CO <sub>2</sub> 排出量               |                                           |                           |                         |
|                | ①参照値／<br>②建築物の取組み                 | 98.65                                     | 89.31                     | kg-CO <sub>2</sub> /年㎡  |
|                | ③上記+②以外の<br>オンサイト手法               | —                                         | 78.92                     | kg-CO <sub>2</sub> /年㎡  |
|                | ④上記+<br>オフサイト手法                   | —                                         | 78.92                     | kg-CO <sub>2</sub> /年㎡  |
|                | 参考                                | (a) グリーン電力証書によるカーボンオフ<br>セット              | —                         |                         |
|                |                                   | (b) グリーン熱証書によるカーボンオフセット                   | —                         |                         |
|                |                                   | (c) その他カーボンクレジット                          | —                         |                         |
|                |                                   | (d) 調整後排出量(調整後排出係数によ<br>る)と実排出量の差         | —                         |                         |
|                | エネルギー<br>消費量の算定方法                 | 統計値より、一次エネルギー消費量の平<br>均値を引用               | LR1の取り組みによる省エネルギー量を推<br>定 |                         |
|                | 一次エネルギー消費量                        | 28,500                                    | 22,800                    | GJ/年                    |
|                | エネルギーのCO <sub>2</sub> 排出係数        |                                           |                           |                         |
|                | 一次エネルギーあたり 非住宅                    | 0.0519                                    | 同左                        | kg-CO <sub>2</sub> /MJ  |
|                | 同上 住宅(専有部)                        | 0.0544                                    | 同左                        | kg-CO <sub>2</sub> /MJ  |
|                | 電力                                | 0.505                                     | 同左                        | kg-CO <sub>2</sub> /kWh |
|                | ガス                                | 0.0498                                    | 同左                        | kg-CO <sub>2</sub> /MJ  |
|                | その他の燃料<br>(イ・ロ・ハ)                 | 〇〇                                        | 同左                        | kg-CO <sub>2</sub> /MJ  |
| その他            | 上水使用                              |                                           |                           |                         |
|                |                                   |                                           |                           |                         |

圖 2-8 CASBEE 的 LCCO2 標準計算表格

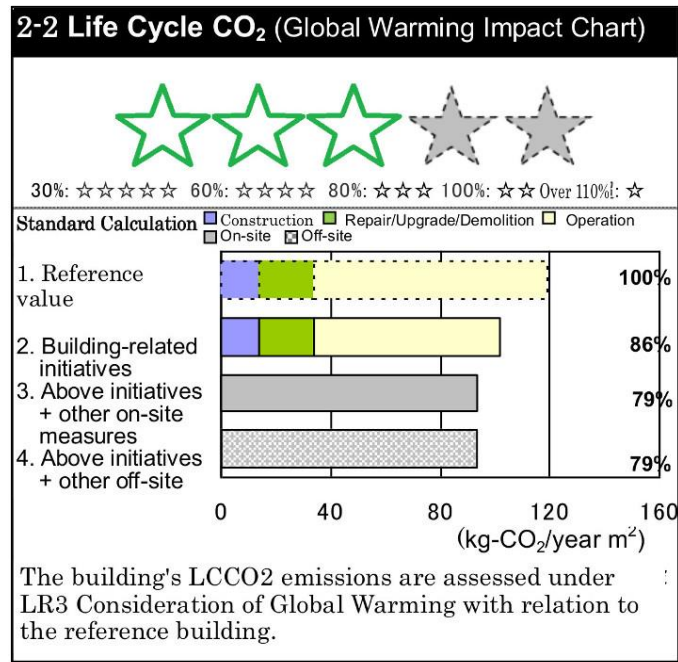
(資料來源：CASBEE 建築評估使用方法)

| ■LCCO <sub>2</sub> 算定条件シート(個別計算) |                                 | ■建物名称     |         | 〇〇ビル                               |
|----------------------------------|---------------------------------|-----------|---------|------------------------------------|
|                                  |                                 |           |         | CASBEE-BD, NC 2018(v1.0)           |
| 建物<br>概要                         | 項目                              | 参照値(参照建物) | 評価対象    | 備考                                 |
|                                  | 建物用途                            | 事務所       | 事務所     |                                    |
|                                  | 建物規模                            | 15,000㎡   | 15,000㎡ |                                    |
| ライフサイ<br>クル設定                    | 構造種別                            | 0         | 0       |                                    |
|                                  | 想定耐用年数                          |           |         |                                    |
| 建設<br>段階                         | CO <sub>2</sub> 排出量             | 35.00     | 30.00   | kg-CO <sub>2</sub> /年㎡             |
|                                  | エンボディドCO <sub>2</sub> の<br>算定方法 |           |         |                                    |
|                                  | CO <sub>2</sub> 排出量原単位の<br>出典   |           |         |                                    |
|                                  | バウンダリー                          |           |         |                                    |
|                                  | 代表的な資材量                         |           |         |                                    |
|                                  | 普通コンクリート                        | 〇〇        | 〃       | m <sup>3</sup> /㎡                  |
|                                  | 高炉セメントコンクリート                    | 〇〇        | 〃       | m <sup>3</sup> /㎡                  |
|                                  | 鉄 骨                             | 〇〇        | 〃       | t/㎡                                |
|                                  | 鉄骨(電炉)                          | 〇〇        | 〃       | t/㎡                                |
|                                  | 鉄 筋                             | 〇〇        | 〃       | t/㎡                                |
|                                  | □ □                             | 〇〇        | 〃       | t/㎡                                |
|                                  | □ □                             | 〇〇        | 〃       | kg/㎡                               |
|                                  | 代表的な資材の環境負荷                     |           |         |                                    |
|                                  | 普通コンクリート                        | 〇〇        | 〃       | kg-CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> |
|                                  | 高炉セメントコンクリート                    | 〇〇        | 〃       | kg-CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> |
|                                  | 鉄 骨                             | 〇〇        | 〃       | kg-CO <sub>2</sub> /t              |
|                                  | 鉄骨(電炉)                          | 〇〇        | 〃       | kg-CO <sub>2</sub> /t              |
|                                  | 鉄 筋                             | 〇〇        | 〃       | kg-CO <sub>2</sub> /t              |
|                                  | 木 材                             | 〇〇        | 〃       | kg-CO <sub>2</sub> /t              |
|                                  | □ □                             | 〇〇        | 〃       | kg-CO <sub>2</sub> /t              |
|                                  | 主要なリサイクル建材と利用率                  |           |         |                                    |
|                                  | 高炉セメント<br>(躯体での利用率)             | 〇〇        | 〇〇      |                                    |
|                                  | 既存躯体の再利用<br>(躯体での利用率)           | 〇〇        | 〇〇      |                                    |
|                                  | 電炉鋼材(鉄筋)                        | 〇〇        | 〇〇      |                                    |
|                                  | 電炉鋼材(鋼材)                        | 〇〇        | 〇〇      |                                    |

|               |                                   |                                   |        |                         |
|---------------|-----------------------------------|-----------------------------------|--------|-------------------------|
| 修繕・更新<br>解体段階 | CO <sub>2</sub> 排出量               | 10.00                             | 8.00   | kg-CO <sub>2</sub> /年㎡  |
|               | 更新周期(年)                           |                                   |        |                         |
|               | 外装                                |                                   |        |                         |
|               | 内装                                |                                   |        |                         |
|               | 設備                                |                                   |        |                         |
|               | 平均修繕率(%/年)                        |                                   |        |                         |
|               | 外装                                |                                   |        |                         |
|               | 内装                                |                                   |        |                         |
|               | 設備                                |                                   |        |                         |
|               | 解体段階のCO <sub>2</sub> 排出量の<br>算定方法 |                                   |        |                         |
| 運用<br>段階      | CO <sub>2</sub> 排出量               |                                   |        |                         |
|               | ①参照値/<br>②建築物の取組み                 | 30.00                             | 20.00  | kg-CO <sub>2</sub> /年㎡  |
|               | ③上記+②以外の<br>オンサイト手法               | —                                 | -15.00 | kg-CO <sub>2</sub> /年㎡  |
|               | 参考                                | 太陽光発電による削減分                       |        |                         |
|               |                                   | (内訳)自家消費分                         |        |                         |
|               |                                   | 余剰売電分                             |        |                         |
|               |                                   | その他再生可能エネルギー                      |        |                         |
|               | ④上記+<br>オフサイト手法                   | —                                 | -25.00 | kg-CO <sub>2</sub> /年㎡  |
|               | 参考                                | (a) グリーン電力証書によるカーボンオフ<br>セット      |        |                         |
|               |                                   | (b) グリーン熱証書によるカーボンオフセット           |        |                         |
|               |                                   | (c) その他カーボンクレジット                  |        |                         |
|               |                                   | (d) 調整後排出量(調整後排出係数による)<br>と実排出量の差 |        |                         |
|               | エネルギー<br>消費量の算定方法                 | 〇〇による                             | 〇〇による  |                         |
|               | 一次エネルギー消費量                        | 〇〇                                | 〇〇     | MJ/年㎡                   |
|               | エネルギーのCO <sub>2</sub> 排出係数        |                                   |        |                         |
|               | 一次エネルギーあたり 非住宅                    | 〇〇                                | 同左     | kg-CO <sub>2</sub> /MJ  |
|               | 同上 住宅(専有部)                        | 〇〇                                | 同左     | kg-CO <sub>2</sub> /MJ  |
|               | 電力                                | 〇〇                                | 同左     | kg-CO <sub>2</sub> /kWh |
|               | ガス                                | 〇〇                                | 同左     | kg-CO <sub>2</sub> /MJ  |
|               | その他の燃料<br>( )                     | 〇〇                                | 同左     | kg-CO <sub>2</sub> /MJ  |
|               | 上水使用                              |                                   |        |                         |
| その他           |                                   |                                   |        |                         |

圖 2-9 CASBEE 的 LCCO2 個別計算表格

(資料來源：CASBEE 建築評估使用方法)

圖 2-10 LCCO<sub>2</sub> 排放條狀圖

(資料來源：CASBEE 網站)

## (三)評估分數條狀圖

Q (環境質量) 的評估結果在每個主要類別的上列中以條形圖的形式呈現，LR (減少的環境負荷) 的評估結果也同樣呈現。圖 2-11 顯示了 CASBEE-Building 的評估結果，上列是 Q1 室內環境、Q2 服務質量和 Q3 室外環境的評估結果，下列是 LR1 能源、LR2 資源和材料和 LR3 場外環境。

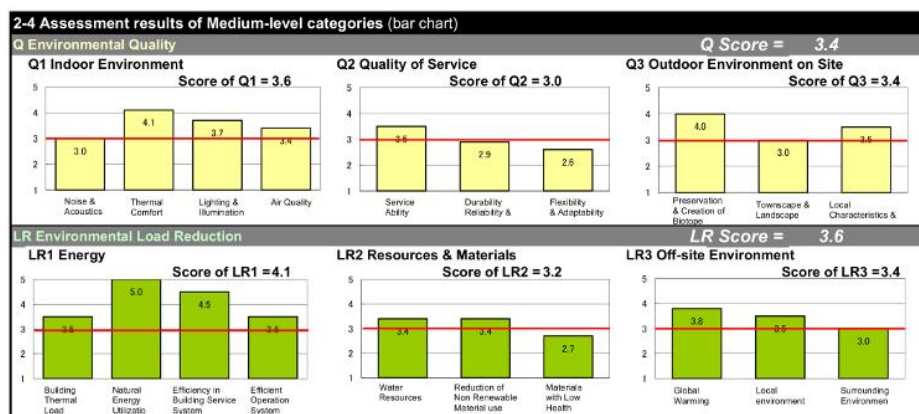


圖 2-11 評估分數條狀圖

(資料來源：CASBEE 網站)

## 五、評估軟體的組成

CASBEE 的開發允許從通用的電子表格軟體中簡單地輸入數據，以用於評估結果的各種用途。本節以 CASBEE for New Construction 的 CASBEE 評估軟體為例，介紹 CASBEE 在實例中的基本評估流程。包含用於數據輸入的主表和分數輸入表以及用於輸出的分數表和評估結果表。評估所需的建築基本資料(建築類型、建築面積等)被輸入到主表中。被評估建築的評分標準列於評分表上，並參考標準輸入每個評估項目的評分結果。LR1 能源評估數據輸入的能源計算表、具有詳細描述的審核記錄表和 LCCO2 評估的排放係數表也可用。

### (一)輸入過程

#### 1. 主表

下圖顯示了主工作表。主表是評估員進行第一個輸入的表。輸入評估所需的資料，例如主體建築的基本資料（名稱、類型、大小等）。對於住宅型建築的評估，要輸入公共設施和私人住宅之間的容積率。

**CASBEE® for New Construction**  
Assessment Software

Version: CASBEE-NCe\_2010(v.1.0)  
CASBEE for New Construction (2010 Edition)

1) Summary input

1) Building outline

|                                    |                          |                 |
|------------------------------------|--------------------------|-----------------|
| Building Name                      | XX building              | Area Category V |
| Location / Climate                 | XX city, XX pref.        | General area    |
| Area / Zone                        | Commercial Area          | Scheduled       |
| Completion/ Scheduled / Completion | Dec-14                   |                 |
| Site Area                          | XXX m <sup>2</sup>       |                 |
| Construction Area                  | XXX m <sup>2</sup>       |                 |
| Gross Floor Area                   | 15,000.00 m <sup>2</sup> |                 |
| Building Type                      | XXX                      |                 |
| ( Building Application Name )      | Offices,                 |                 |
| Number of Floors                   | +XX F                    |                 |
| Structure                          | RC                       |                 |
| Occupancy                          | XX Occupants(assumed)    |                 |
| Annual Occupancy                   | XXX hrs /yr(assumed)     |                 |

2) Assessment Implementation

|                      |                      |                                                                    |
|----------------------|----------------------|--------------------------------------------------------------------|
| Assessment date      | 8-Jul-13             | Execution design stage                                             |
| Assessor             | XXXX                 |                                                                    |
| Date of confirmation | 10-Jul-13            |                                                                    |
| Confirmed by         | XXXX                 |                                                                    |
| LCCO2 calculation    | Standard calculation | -> Input LCCO2 Calculation Conditions Sheet (standard calculation) |

2) Entry for individual building type

1) Building Type

|             |                         |
|-------------|-------------------------|
| Offices     | 15000.00 m <sup>2</sup> |
| Schools     | m <sup>2</sup>          |
| Retailers   | m <sup>2</sup>          |
| Restaurants | m <sup>2</sup>          |
| Halls       | m <sup>2</sup>          |
| Factory     | m <sup>2</sup>          |
| Hospital    | m <sup>2</sup>          |
| Hotel       | m <sup>2</sup>          |
| Apartments  | m <sup>2</sup>          |

Note: If computer rooms account for more than 20% of the building's total floor space available as a factory

2) Ratio of Residential and Accommodation Sections

|                                                                     |  |
|---------------------------------------------------------------------|--|
| Hospital: ratio of total floor area designated as in-patient rooms. |  |
| Hotel: ratio of total floor area designated as guest rooms.         |  |
| Apartment: ratio of total floor area designate as dwelling units.   |  |

3) Ratio of Total Floor Area per Use (Optional)

|        |                                    |   |      |
|--------|------------------------------------|---|------|
| School | Elementary/Junior High/High School | 1 | 0.00 |
|--------|------------------------------------|---|------|

3) Display of each sheet

|                                    |                        |
|------------------------------------|------------------------|
| Score Sheet                        | Score                  |
| Assessment Result Sheet            | Result                 |
| LCCO2 Calculation Conditions Sheet | Standard calculati     |
|                                    | Individual calculation |

圖 2-12 主表工作畫面（日期輸入示例）

(資料來源：CASBEE 網站)

| Entry item        | Example                       | Entry item                       | Example                   |
|-------------------|-------------------------------|----------------------------------|---------------------------|
| Building Name     | XX building                   | Total floor area <sup>*2</sup>   | (square meter)            |
| Location/Climate  | XX city, XX pref.             | Building type                    | Office, school, apartment |
| Area/Zone         | Commercial area               | (Building type) <sup>*3</sup>    | City hall, college        |
| Regional Category | Area category V <sup>*1</sup> | Number of floor                  | +XXF                      |
| Completion        | 2011.12                       | Structure                        | S                         |
| Site area         | (square meter)                | Average                          | (number of people)        |
| Construction area | (square meter)                | Annual occupancy time (in hours) | (hours)                   |

\*1 Select the regional category from among six regions (I to VI) in the Appendix Table I Evaluation Standards for Clients and Owners of Specified Buildings Concerning Rational Use of Energy in Housing (Ministry of Economy, Trade and Industry/Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, 2009 Directive No.1). This is only applicable to apartments.

\*2 Total floor area is automatically entered as the sum of the previously entered floor space in all usage areas.

\*3 Building type is automatically entered from the types selected in the column for the usage-specific floor area, based on the CASBEE building-type categories. More specific information on the building type can be entered in the additional Building Type column above (optional).

圖 2-13 新建建築 CASBEE 主表條目

(資料來源：CASBEE 網站)

## 2. 分數輸入表

分數輸入表是評估員根據規定的評估標準記錄實際分數的地方，評估表上每個評估項目的 1-5 級等級。每個評估類別中，Q 項目和 LR 項目都有單獨的分數條目表。如圖 2-11 所示，分數條目表顯示了每種建築類型的評分標準列表，評估員應相應地對照分數。公共設施的評分標準應針對所有類型進行評分。但是，對於住宅建築，私人住宅部分的評分標準也應進行評分。

評分標準分為 1-5 級，級別的數字（例如，“3”代表 3 級）應從評估欄的下拉菜單中選擇。如果不能按目前的評分標準應用，針對目標建築的個別情況，可以對一些評估項目選擇“排除”（可以排除的項目會在手冊的註釋中列出）。如果選擇“排除”，則被排除的評分項除非另有說明，其權重為“0”，並按照其他評分項的權重進行分配。

在評估建築群時，輸入所有適用建築類型的等級（點）的平均值，並為每個建築類型的相對樓層面積加權。獲取每個評估項目的面積加權平均值，並從分數

輸入表的下拉列表中選擇相應的值。平均結果四捨五入到最接近的整數。如需更詳細的評估，可以在相應的列中手動輸入十進制形式的加權平均值。

### 1. Sonic Environment

#### 1.1 Noise

##### 1.1.1 Background noise level

| Entire building and common properties |                                       |                                         |                                   |                                   |                                           | dB(A)                                                                           |                                   |
|---------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| Weighting coefficients(default)= 0.50 |                                       |                                         |                                   |                                   |                                           | Residential and Accommodation Sections<br>Weighting coefficients(default)= 0.00 |                                   |
| Level 3.0                             | Off, Hsp(Waiting Room), Htl, Apt, Fct | Sch(Universities, etc.), Hsp(Examining) | Rtl, Rst                          | Hal                               | Sch(Elementary/Juni or High/High Schools) | Level 3.0                                                                       | Hsp, Htl, Apt                     |
| Level 1                               | 50< [Background noise level]          | 45< [Background noise level]            | 55< [Background noise level]      | 40< [Background noise level]      | 60< [Background noise level]              | Level 1                                                                         | 45< [Background noise level]      |
| Level 2                               | (No corresponding level)              | (No corresponding level)                | (No corresponding level)          | (No corresponding level)          | 50< [Background noise level] =<60         | Level 2                                                                         | (No corresponding level)          |
| Level 3                               | 45< [Background noise level] =<50     | 40< [Background noise level] =<45       | 50< [Background noise level] =<55 | 35< [Background noise level] =<40 | 45< [Background noise level] =<50         | Level 3                                                                         | 40< [Background noise level] =<45 |
| Level 4                               | 40< [Background noise level] =<45     | 35< [Background noise level] =<40       | 45< [Background noise level] =<50 | 30< [Background noise level] =<35 | 35< [Background noise level] =<45         | Level 4                                                                         | 35< [Background noise level] =<40 |
| Level 5                               | [Background noise level] =<40         | [Background noise level] =<35           | [Background noise level] =<45     | [Background noise level] =<30     | [Background noise level] =<35             | Level 5                                                                         | [Background noise level] =<35     |

圖 2-14 分數輸入表（示例）

（資料來源：CASBEE 網站）

| Element                          | Description                                                                                                                              |
|----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Scoring                          | Choose level 1-5 from pull-down menu.                                                                                                    |
| Scoring Criteria                 | Display assessment criteria for each item.                                                                                               |
| Efforts to be evaluated          | A scoring method used for some items. Points which should be considered for the environment are listed, and can be selected for scoring. |
| Weighting coefficients (default) | Displays weighting coefficients stipulated for the application (cannot be altered)                                                       |

圖 2-15 CASBEE 新建工程評分表條目

（資料來源：CASBEE 網站）

### 3. 排放係數表

為評估目標的特定電力使用選擇合適的 CO<sub>2</sub> 排放係數。評估軟體允許使用最新的實際排放係數和替代值。這些值基於《特定排放者商業活動溫室氣體排放計算條例》。評估者還可以選擇和應用其他適當的排放係數。下圖顯示了電力使用的係數。

| Emissions Coefficient                                                                                                                                  |                                            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| Emissions coefficient for electricity use (standard calculation)                                                                                       |                                            |
| Name of PPS                                                                                                                                            | Coefficient                                |
|                                                                                                                                                        | t-CO <sub>2</sub> /kWh                     |
| (1) Using a designated emissions coefficient:                                                                                                          |                                            |
| PPS/Reasons, etc.                                                                                                                                      | Coefficient                                |
| <input type="radio"/>                                                                                                                                  | (t-CO <sub>2</sub> /kWh)                   |
| (2) Using a coefficient based on the calculation method for greenhouse gas emissions as referred to in the Basic Law for Prevention of Global Warming: |                                            |
| A: Electricity supplied by general and specified power producers/suppliers (PPS)                                                                       |                                            |
| Name of PPS                                                                                                                                            | Coefficient                                |
| <input type="radio"/>                                                                                                                                  | (t-CO <sub>2</sub> /kWh)                   |
| B: Other:                                                                                                                                              |                                            |
| PPS/Reasons, etc.                                                                                                                                      | Coefficient                                |
| <input type="radio"/>                                                                                                                                  | (t-CO <sub>2</sub> /kWh)                   |
| C: Alternative coefficient value                                                                                                                       |                                            |
| Reasons, etc.                                                                                                                                          | Coefficient                                |
| <input type="radio"/>                                                                                                                                  | Alternative value (t-CO <sub>2</sub> /kWh) |
| (3) Other:                                                                                                                                             |                                            |
| PPS/Reasons, etc.                                                                                                                                      | Coefficient                                |
| <input type="radio"/>                                                                                                                                  | (t-CO <sub>2</sub> /kWh)                   |

| CO <sub>2</sub> Emission Coefficient per PPS published in 2008                                           |                                   |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| Coefficient per PPS and alternative value based on Ordinance on Calculations of Greenhouse Gas Emissions |                                   |
| [1] Actual emissions coefficient                                                                         |                                   |
| Hokkaido Electric Power Co., Inc.                                                                        | 0.000588                          |
| Tohoku Electric Power Co., Inc.                                                                          | 0.000469                          |
| Tokyo Electric Power Co., Inc.                                                                           | 0.000418                          |
| Chubu Electric Power Co., Inc.                                                                           | 0.000455                          |
| Hokuriku Electric Power Co., Inc.                                                                        | 0.000550                          |
| Kansai Electric Power Co., Inc.                                                                          | 0.000355                          |
| Chugoku Electric Power Co., Inc.                                                                         | 0.000674                          |
| Shikoku Electric Power Co., Inc.                                                                         | 0.000378                          |
| Kyushu Electric Power Co., Inc.                                                                          | 0.000374                          |
| Okinawa Electric Power Co., Inc.                                                                         | 0.000946                          |
| eREX Co., Ltd.                                                                                           | 0.000462                          |
| Enserve Corp.                                                                                            | 0.000422                          |
| Ennet Corp.                                                                                              | 0.000436                          |
| F-Power Co., Ltd.                                                                                        | 0.000352                          |
| Oji Paper Co., Ltd.                                                                                      | 0.000444                          |
| Summit Energy Corp.                                                                                      | 0.000505                          |
| GTF Green Power Co., Ltd.                                                                                | 0.000767                          |
| Showa Shell Sekiyu K.K.                                                                                  | 0.000809                          |
| Nippon Steel Engineering Co., Ltd.                                                                       | 0.000759                          |
| Nippon Oil Corporation                                                                                   | 0.000433                          |
| Diamond Power Corp.                                                                                      | 0.000482                          |
| Japan Wind Development Co., Ltd.                                                                         | 0.000900                          |
| Panasonic Corp.                                                                                          | 0.000679                          |
| Marubeni Corp.                                                                                           | 0.000501                          |
| [2] Alternative value                                                                                    |                                   |
| Alternative value                                                                                        | 0.000561 (t-CO <sub>2</sub> /kWh) |

圖 2-16 排放係數表

(資料來源：CASBEE 網站)

## (二)輸出結果

### 1. 生命週期 CO<sub>2</sub> 計算表

圖 2-17 顯示了生命週期二氧化碳排放 (LCCO<sub>2</sub>) 計算表。該表顯示基於在分數輸入表和能源計算表中輸入的數據的 LCCO<sub>2</sub> (標準計算) 的自動計算過程。在建築物生命週期階段的每個類別下 (例如, 建造、維護/升級/拆除和營運), 參考值與主體建築的 CO<sub>2</sub> 排放量以 kg-CO<sub>2</sub>/年-m<sup>2</sup> 顯示。

CASBEE for New Construction (2010 Edition)

xx Building

Manual: CASBEE for New Construction (2010 Edition)

Software: CASBEE-nc\_2010(v.1.5)

Life Cycle CO<sub>2</sub> Calculation Sheet (Standard Calculation)

1. CO<sub>2</sub> Emissions Related to Construction

1-1. Conversion of Assessment Results to CO<sub>2</sub> Emissions

Q2 2.2.1 Service Life of Structural Materials

Office

School

Retailer

Restaurant

Hall

Factory

Hospital

Hotel

Apartment

1.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

13.57

10.21

16.07

16.07

10.93

18.12

10.36

10.88

15.88

13.57

10.21

16.07

16.07

10.93

18.12

10.36

10.88

8.04

13.57

10.21

16.07

16.07

10.93

18.12

10.36

10.88

5.45

3.0

3.0

3.0

3.0

3.0

3.0

3.0

3.0

3.0

13.57

10.21

16.07

16.07

10.93

18.12

10.36

10.88

15.88

3.0

3.0

3.0

3.0

3.0

3.0

3.0

3.0

3.0

13.61

10.24

16.13

16.13

10.96

18.18

10.39

10.92

15.93

Structure

LR2 2.2 Use of Existing Structural Frame

LR2 2.3 Recycled Materials for Structural Components (Blast Furnace Cement)

S

0%

5%

0%

0%

1-2. Total

13.57

13.61

2. CO<sub>2</sub> Emissions Related to Maintenance & Demolition

2-1. Conversion of Assessment Results to CO<sub>2</sub> Emissions

Q2 2.2.1 Service Life of Structural Materials

Office

School

Retailer

Restaurant

Hall

Factory

Hospital

Hotel

Apartment

1.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

0.00

20.23

16.68

12.20

12.20

17.39

13.62

20.24

18.11

13.58

20.23

16.68

12.20

12.20

17.39

13.62

20.24

18.11

14.94

20.23

16.68

12.20

12.20

17.39

13.62

20.24

18.11

16.22

3.0

3.0

3.0

3.0

3.0

3.0

3.0

3.0

3.0

20.23

16.68

12.20

12.20

17.39

13.62

20.24

18.11

13.58

3.0

3.0

3.0

3.0

3.0

3.0

3.0

3.0

3.0

20.23

16.68

12.20

12.20

17.39

13.62

20.24

18.11

13.58

2-2 Total

20.23

20.23

3. CO<sub>2</sub> Emissions Related to Operation Energy

3-1 Building-related Initiatives (2)

3-2 Above initiatives + other on-site measures (3)

Solar Power Generation

KWh/year

Emission Coefficient

Reduction

110,000

0.418

45,980.00

68.21

59.70

8.51

68.21

59.70

8.51

Reference Value (1)

85.09

4. LCCO<sub>2</sub> Calculation (Standard Calculation)

Construction

Maintenance & Demolition

Operation

Total

13.57

20.23

59.70

93.49

13.61

20.23

85.09

118.93

圖 2-17 LCCO<sub>2</sub> 計算表（輸出示例）

（資料來源：CASBEE 網站）

## 2. 評分表

在評分表中輸入的結果製成表格，將相應的加權係數應用於每個項目的分數，並計算出加權值。所有分數，Q1-Q3（SQ1-SQ3）和 LR1-LR3（SLR1-SLR3）各類別總和，Q 下所有類別總和（SQ）和 LR 下所有類別總和（SLR）會自動顯示。如果被評估建築是住宅型建築，評分表將同時顯示公共設施和私人住宅的評分結果。根據每個部分的樓地板面積比例計算結果作為加權平均值，以產生建築物整體的分數。

| CASBEE for New Construction (2010 Edition) |           | CASBEE for Existing Buildings (2010 Edition) |           |
|--------------------------------------------|-----------|----------------------------------------------|-----------|
| Execution design stage                     |           | Design stage                                 |           |
| Score                                      |           | Score                                        |           |
| 1. Basic Environment                       |           | 1. Basic Environment                         |           |
| 1.1.1.1                                    | 1.1.1.1   | 1.1.1.1                                      | 1.1.1.1   |
| 1.1.1.2                                    | 1.1.1.2   | 1.1.1.2                                      | 1.1.1.2   |
| 1.1.1.3                                    | 1.1.1.3   | 1.1.1.3                                      | 1.1.1.3   |
| 1.1.1.4                                    | 1.1.1.4   | 1.1.1.4                                      | 1.1.1.4   |
| 1.1.1.5                                    | 1.1.1.5   | 1.1.1.5                                      | 1.1.1.5   |
| 1.1.1.6                                    | 1.1.1.6   | 1.1.1.6                                      | 1.1.1.6   |
| 1.1.1.7                                    | 1.1.1.7   | 1.1.1.7                                      | 1.1.1.7   |
| 1.1.1.8                                    | 1.1.1.8   | 1.1.1.8                                      | 1.1.1.8   |
| 1.1.1.9                                    | 1.1.1.9   | 1.1.1.9                                      | 1.1.1.9   |
| 1.1.1.10                                   | 1.1.1.10  | 1.1.1.10                                     | 1.1.1.10  |
| 1.1.1.11                                   | 1.1.1.11  | 1.1.1.11                                     | 1.1.1.11  |
| 1.1.1.12                                   | 1.1.1.12  | 1.1.1.12                                     | 1.1.1.12  |
| 1.1.1.13                                   | 1.1.1.13  | 1.1.1.13                                     | 1.1.1.13  |
| 1.1.1.14                                   | 1.1.1.14  | 1.1.1.14                                     | 1.1.1.14  |
| 1.1.1.15                                   | 1.1.1.15  | 1.1.1.15                                     | 1.1.1.15  |
| 1.1.1.16                                   | 1.1.1.16  | 1.1.1.16                                     | 1.1.1.16  |
| 1.1.1.17                                   | 1.1.1.17  | 1.1.1.17                                     | 1.1.1.17  |
| 1.1.1.18                                   | 1.1.1.18  | 1.1.1.18                                     | 1.1.1.18  |
| 1.1.1.19                                   | 1.1.1.19  | 1.1.1.19                                     | 1.1.1.19  |
| 1.1.1.20                                   | 1.1.1.20  | 1.1.1.20                                     | 1.1.1.20  |
| 1.1.1.21                                   | 1.1.1.21  | 1.1.1.21                                     | 1.1.1.21  |
| 1.1.1.22                                   | 1.1.1.22  | 1.1.1.22                                     | 1.1.1.22  |
| 1.1.1.23                                   | 1.1.1.23  | 1.1.1.23                                     | 1.1.1.23  |
| 1.1.1.24                                   | 1.1.1.24  | 1.1.1.24                                     | 1.1.1.24  |
| 1.1.1.25                                   | 1.1.1.25  | 1.1.1.25                                     | 1.1.1.25  |
| 1.1.1.26                                   | 1.1.1.26  | 1.1.1.26                                     | 1.1.1.26  |
| 1.1.1.27                                   | 1.1.1.27  | 1.1.1.27                                     | 1.1.1.27  |
| 1.1.1.28                                   | 1.1.1.28  | 1.1.1.28                                     | 1.1.1.28  |
| 1.1.1.29                                   | 1.1.1.29  | 1.1.1.29                                     | 1.1.1.29  |
| 1.1.1.30                                   | 1.1.1.30  | 1.1.1.30                                     | 1.1.1.30  |
| 1.1.1.31                                   | 1.1.1.31  | 1.1.1.31                                     | 1.1.1.31  |
| 1.1.1.32                                   | 1.1.1.32  | 1.1.1.32                                     | 1.1.1.32  |
| 1.1.1.33                                   | 1.1.1.33  | 1.1.1.33                                     | 1.1.1.33  |
| 1.1.1.34                                   | 1.1.1.34  | 1.1.1.34                                     | 1.1.1.34  |
| 1.1.1.35                                   | 1.1.1.35  | 1.1.1.35                                     | 1.1.1.35  |
| 1.1.1.36                                   | 1.1.1.36  | 1.1.1.36                                     | 1.1.1.36  |
| 1.1.1.37                                   | 1.1.1.37  | 1.1.1.37                                     | 1.1.1.37  |
| 1.1.1.38                                   | 1.1.1.38  | 1.1.1.38                                     | 1.1.1.38  |
| 1.1.1.39                                   | 1.1.1.39  | 1.1.1.39                                     | 1.1.1.39  |
| 1.1.1.40                                   | 1.1.1.40  | 1.1.1.40                                     | 1.1.1.40  |
| 1.1.1.41                                   | 1.1.1.41  | 1.1.1.41                                     | 1.1.1.41  |
| 1.1.1.42                                   | 1.1.1.42  | 1.1.1.42                                     | 1.1.1.42  |
| 1.1.1.43                                   | 1.1.1.43  | 1.1.1.43                                     | 1.1.1.43  |
| 1.1.1.44                                   | 1.1.1.44  | 1.1.1.44                                     | 1.1.1.44  |
| 1.1.1.45                                   | 1.1.1.45  | 1.1.1.45                                     | 1.1.1.45  |
| 1.1.1.46                                   | 1.1.1.46  | 1.1.1.46                                     | 1.1.1.46  |
| 1.1.1.47                                   | 1.1.1.47  | 1.1.1.47                                     | 1.1.1.47  |
| 1.1.1.48                                   | 1.1.1.48  | 1.1.1.48                                     | 1.1.1.48  |
| 1.1.1.49                                   | 1.1.1.49  | 1.1.1.49                                     | 1.1.1.49  |
| 1.1.1.50                                   | 1.1.1.50  | 1.1.1.50                                     | 1.1.1.50  |
| 1.1.1.51                                   | 1.1.1.51  | 1.1.1.51                                     | 1.1.1.51  |
| 1.1.1.52                                   | 1.1.1.52  | 1.1.1.52                                     | 1.1.1.52  |
| 1.1.1.53                                   | 1.1.1.53  | 1.1.1.53                                     | 1.1.1.53  |
| 1.1.1.54                                   | 1.1.1.54  | 1.1.1.54                                     | 1.1.1.54  |
| 1.1.1.55                                   | 1.1.1.55  | 1.1.1.55                                     | 1.1.1.55  |
| 1.1.1.56                                   | 1.1.1.56  | 1.1.1.56                                     | 1.1.1.56  |
| 1.1.1.57                                   | 1.1.1.57  | 1.1.1.57                                     | 1.1.1.57  |
| 1.1.1.58                                   | 1.1.1.58  | 1.1.1.58                                     | 1.1.1.58  |
| 1.1.1.59                                   | 1.1.1.59  | 1.1.1.59                                     | 1.1.1.59  |
| 1.1.1.60                                   | 1.1.1.60  | 1.1.1.60                                     | 1.1.1.60  |
| 1.1.1.61                                   | 1.1.1.61  | 1.1.1.61                                     | 1.1.1.61  |
| 1.1.1.62                                   | 1.1.1.62  | 1.1.1.62                                     | 1.1.1.62  |
| 1.1.1.63                                   | 1.1.1.63  | 1.1.1.63                                     | 1.1.1.63  |
| 1.1.1.64                                   | 1.1.1.64  | 1.1.1.64                                     | 1.1.1.64  |
| 1.1.1.65                                   | 1.1.1.65  | 1.1.1.65                                     | 1.1.1.65  |
| 1.1.1.66                                   | 1.1.1.66  | 1.1.1.66                                     | 1.1.1.66  |
| 1.1.1.67                                   | 1.1.1.67  | 1.1.1.67                                     | 1.1.1.67  |
| 1.1.1.68                                   | 1.1.1.68  | 1.1.1.68                                     | 1.1.1.68  |
| 1.1.1.69                                   | 1.1.1.69  | 1.1.1.69                                     | 1.1.1.69  |
| 1.1.1.70                                   | 1.1.1.70  | 1.1.1.70                                     | 1.1.1.70  |
| 1.1.1.71                                   | 1.1.1.71  | 1.1.1.71                                     | 1.1.1.71  |
| 1.1.1.72                                   | 1.1.1.72  | 1.1.1.72                                     | 1.1.1.72  |
| 1.1.1.73                                   | 1.1.1.73  | 1.1.1.73                                     | 1.1.1.73  |
| 1.1.1.74                                   | 1.1.1.74  | 1.1.1.74                                     | 1.1.1.74  |
| 1.1.1.75                                   | 1.1.1.75  | 1.1.1.75                                     | 1.1.1.75  |
| 1.1.1.76                                   | 1.1.1.76  | 1.1.1.76                                     | 1.1.1.76  |
| 1.1.1.77                                   | 1.1.1.77  | 1.1.1.77                                     | 1.1.1.77  |
| 1.1.1.78                                   | 1.1.1.78  | 1.1.1.78                                     | 1.1.1.78  |
| 1.1.1.79                                   | 1.1.1.79  | 1.1.1.79                                     | 1.1.1.79  |
| 1.1.1.80                                   | 1.1.1.80  | 1.1.1.80                                     | 1.1.1.80  |
| 1.1.1.81                                   | 1.1.1.81  | 1.1.1.81                                     | 1.1.1.81  |
| 1.1.1.82                                   | 1.1.1.82  | 1.1.1.82                                     | 1.1.1.82  |
| 1.1.1.83                                   | 1.1.1.83  | 1.1.1.83                                     | 1.1.1.83  |
| 1.1.1.84                                   | 1.1.1.84  | 1.1.1.84                                     | 1.1.1.84  |
| 1.1.1.85                                   | 1.1.1.85  | 1.1.1.85                                     | 1.1.1.85  |
| 1.1.1.86                                   | 1.1.1.86  | 1.1.1.86                                     | 1.1.1.86  |
| 1.1.1.87                                   | 1.1.1.87  | 1.1.1.87                                     | 1.1.1.87  |
| 1.1.1.88                                   | 1.1.1.88  | 1.1.1.88                                     | 1.1.1.88  |
| 1.1.1.89                                   | 1.1.1.89  | 1.1.1.89                                     | 1.1.1.89  |
| 1.1.1.90                                   | 1.1.1.90  | 1.1.1.90                                     | 1.1.1.90  |
| 1.1.1.91                                   | 1.1.1.91  | 1.1.1.91                                     | 1.1.1.91  |
| 1.1.1.92                                   | 1.1.1.92  | 1.1.1.92                                     | 1.1.1.92  |
| 1.1.1.93                                   | 1.1.1.93  | 1.1.1.93                                     | 1.1.1.93  |
| 1.1.1.94                                   | 1.1.1.94  | 1.1.1.94                                     | 1.1.1.94  |
| 1.1.1.95                                   | 1.1.1.95  | 1.1.1.95                                     | 1.1.1.95  |
| 1.1.1.96                                   | 1.1.1.96  | 1.1.1.96                                     | 1.1.1.96  |
| 1.1.1.97                                   | 1.1.1.97  | 1.1.1.97                                     | 1.1.1.97  |
| 1.1.1.98                                   | 1.1.1.98  | 1.1.1.98                                     | 1.1.1.98  |
| 1.1.1.99                                   | 1.1.1.99  | 1.1.1.99                                     | 1.1.1.99  |
| 1.1.1.100                                  | 1.1.1.100 | 1.1.1.100                                    | 1.1.1.100 |

圖 2-18 評分表

(資料來源：CASBEE 網站)

## 3. 評估結果表

評估結果表以圖表和數字格式顯示 Q（建築物的環境質量）、LR（建築物減少的环境負荷）、BEE（建築環境效率）和 LCCO2 排放率的評估結果。

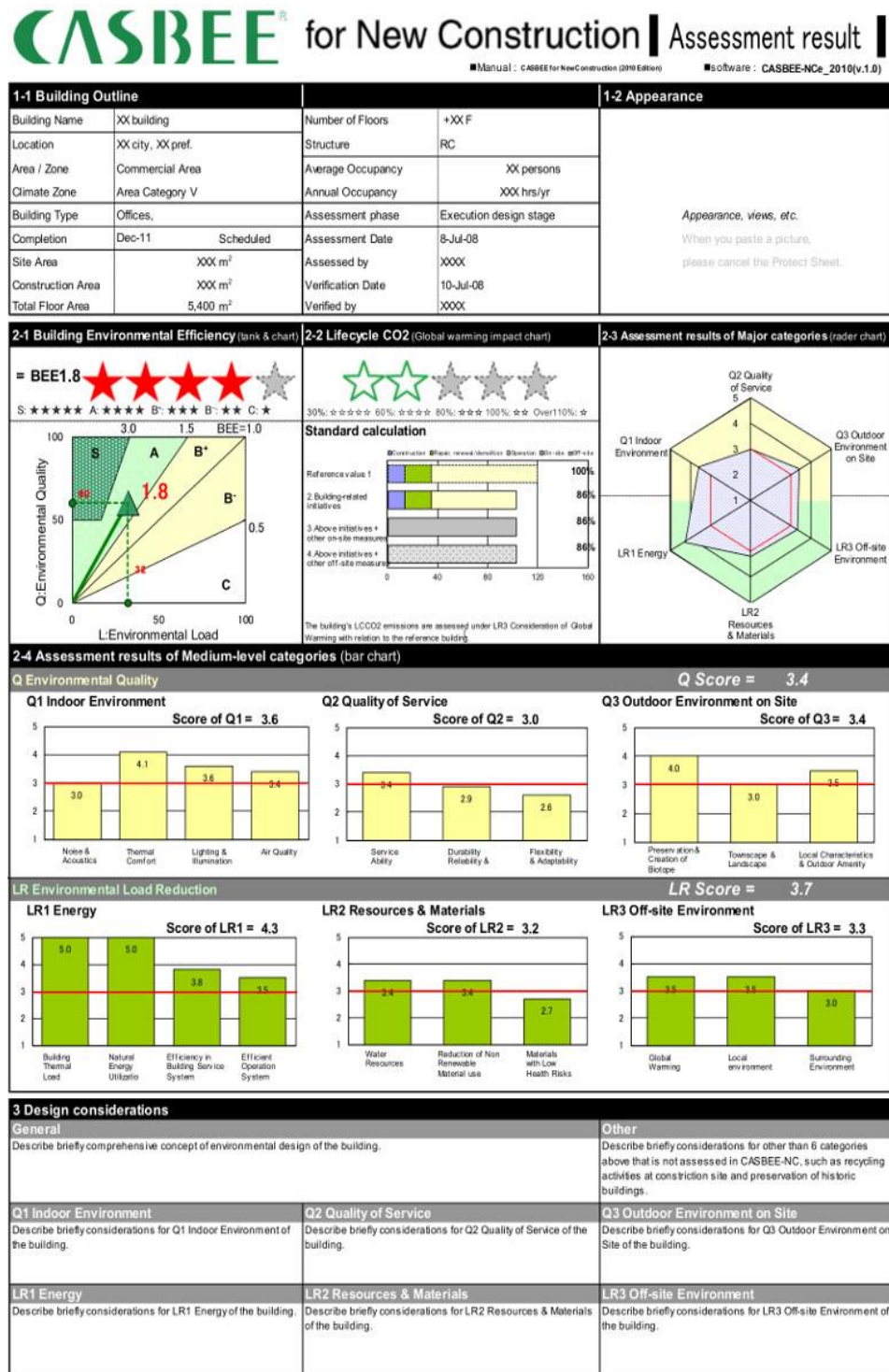


圖 2-19 評估結果表(輸出示例)

(資料來源：CASBEE 網站)

## 六、CASBEE 系列和工具

### (一)住宅的工具

CASBEE 由針對不同規模量身訂制的評估工具組成：建築（住宅和建築）、城市（城鎮發展）和都市管理。這些工具統稱為 CASBEE 系列。

#### 1. CASBEE 新建住宅(CASBEE for New Detached Houses)

該工具用於評估住宅的環境績效。評分標準被簡化以供居民或中小型建築承包商使用。CASBEE 新建住宅開發於 2007 年。住宅建築行業有各種利益相關者，如客戶、建築師、承包商和建築商。因此特別注重其架構易於用戶理解。在 CASBEE 工具中，除了 BEE 圖表之外，CASBEE 新建住宅是第一個引入了使用相應星級的五個 BEE 等級的新指標。它包括從日本其他標準修改而來的 54 個子標準。這些綜合評估項目不僅包括住宅本身，還包括住宅的室外空間、家用電器、房屋供應商提供給居住者的資訊以及材料生產和施工階段的環境策略。

#### 2. CASBEE 既有住宅(CASBEE for Existing Detached Houses)

這是評估現有住宅的工具。它的開發是為了讓居民、建築師等能夠檢查居民所居住房屋的環境性能，並進行有效的翻新。

#### 3. CASBEE 住宅單元(CASBEE for Housing Units)

該評估工具適用於公寓樓中的一個單元。它被開發為一種工具，可在交易或租賃單元時使用，並通過該工具可以評估公寓每個單元的環境績效。

#### 4. CASBEE 住宅改修(CASBEE for Housing Renovation Checklist)

在日本，房屋老化、性能惡化是一個問題。該清單是一種工具，旨在通過進行簡單的評估並顯示翻新對抗震性、能源效率和設計通用性等性能的預期積極影響，來鼓勵此類住房的翻新。使用此工具進行翻新，可以明確改善住宅環境績效需要處理的問題，從而使翻新更有效和更有意義。

#### 5. CASBEE 住宅健康檢核表(CASBEE Housing Health Checklist)

CASBEE 住宅健康檢核表是一種用於評估居住健康狀況的軟體。回答 50 個

問題可以讓居民知道他們的家在哪些方面如何影響健康。健康排名也可用於將結果與日本其他 6,000 所房屋進行比較。

## **(二)建築規模的工具**

### **1. CASBEE 新建建築(CASBEE for New Construction)**

CASBEE 新建建築主要被建築師和工程師用於在設計過程中增加建築物的 BEE 值。這可以用作設計支持工具以及自我檢查表。重建項目也由 CASBEE-NC 評估。在初步設計、執行設計或施工完成的任何階段，都可以評估建築物的環境質量和性能及其減少環境負荷的性能。由於環境績效和評分標準隨著時間的推移而變化，評估結果僅在建設完成後的三年內有效。

### **2. CASBEE 既有建築(CASBEE for Existing Buildings)**

CASBEE 既有建築的目標是一些在完工後至少有一年使用記錄的現有建築。該工具還被開發為適用於資產價值評估。使用此工具，評估在當下所表現的性能。結果有效期為五年，應使用最新版本的評估工具進行更新，因為建築物的狀況可能會隨著時間而改變。它可以作為一種標籤工具來聲明建築物的環境性能。CASBEE 既有建築還用於支持建築物維護，房地產仲介、大型企業等建築業主，可將其作為中長期管理規劃的自我評價工具。

### **3. CASBEE 建築改修(CASBEE for Renovation)**

CASBEE 建築改修旨在根據翻新規範和預測性能評估現有建築物的性能。它可用於改造現有建築或針對 ESCO 能源服務公司項目提出建築營運監控、試運行和升級設計建議。有效期為裝修工程完成後三年，需使用最新版本的 CASBEE 建築改修重新評估。該工具可用於評估環境績效相對於改造前的改善程度。CASBEE 建築改修還可以評估與翻新特定性能的改進。例如，還可以評估節能的 BEE，像是能源(LR1)、室內環境(Q1)。

### **4. 地方轄區自訂版本(Locally Customized Edition for Municipalities)**

靈活應對地域特色是 CASBEE 系列所有工具的共同特點。地方轄區自訂版本可由地方政府用於施工管理。使用此工具的地方政府可以根據當地條件進行調整，例如氣候和優先的政策。通常透過修改加權係數來進行更改。建築業主必須用與

節能計劃、建築批准的申請方式相同的方式向地方政府報告 CASBEE 評估結果。該系統被引入地方政府，作為提高各地區建築物環境效率的一種方式。

#### 5. CASBEE 室內環境 (CASBEE for Interior Space)

CASBEE 對室內空間的評估僅涵蓋租戶（例如公司）在辦公大樓中佔據的區域，因為該工具的主要目的是評估租戶本身採取的環境措施或對環境負責的舉措。評估還包括室內舒適度、建築物的能源效率和節水、抗震性和智力生產力。目前，只有辦公大樓是可評估的。

#### 6. CASBEE 臨時建築 (CASBEE for Temporary Construction)

CASBEE 臨時建築是作為 CASBEE 新建建築的擴展而開發的，用於評估專門為短期使用而建造的臨時建築，例如世博會館。此類建築物的生命週期較短，因此應主要考慮建造和拆除階段的材料使用和回收。評分標準和權重體現了臨時建築的特點。

#### 7. CASBEE 熱島效應 (CASBEE for Heat Island Relaxation)

由於熱島效應的評估在東京和大阪等主要城市地區至關重要。CASBEE 熱島效應是一種工具，旨在對建築設計中的熱島效應減少措施進行更詳細的定量評估。在 CASBEE 熱島效應 中，標準處理更詳細的室外熱環境條件和周圍環境的熱島負荷。

#### 8. CASBEE 學校 (CASBEE for Schools)

CASBEE 學校旨在評估小學和初中或高中。在日本，有大量建於 1960 年代或更早的舊學校設施等待翻新，CASBEE 學校專門設計用於建築物的規劃和營運階段。主要目標用戶是負責規劃教育設施的行政人員。為推廣環保學校，CASBEE 學校由 CASBEE 刪節版修改而來，便於對學校進行評估。該工具由文部科學省正式開發。

#### 9. CASBEE 房地產 (CASBEE for Real Estate)

最初，CASBEE 工具主要用於設計支持用途，並未廣泛用於在房地產市場推廣綠色建築。最近 UNEP-SBCI (United Nations Environment Programme - Sustainable Buildings and Climate Initiative) 提出了全球通用指標，稱為

“永續建築指數”(the Sustainable Building Index)。一個簡單、可比較和兼容的系統對於綠色建築投資的決策至關重要，對於投資者來說，還需要涵蓋 UNEP-SBCI 提出的通用指標。因此，我們決定將 CASBEE 工具與資產評估相關聯。考慮到這一點，該工具有兩個方面的評估，環境績效評價和環境績效指數的披露。房地產市場需要清楚地表明環境績效價值，傳播這種想法很重要。

### (三)城市規模的工具

#### 1. CASBEE 城市開發(CASBEE for Urban Development)

CASBEE 城市開發考慮了所涉及的人類和建築群的影響，以改善整個城市地區的環境績效。基於建築規模 CASBEE 的概念，是 CASBEE 擴展工具之一，參考 CASBEE 新建建築的 Q3 (室外環境) 和 LR3 (場外環境) 評估項目而開發。CASBEE 城市開發是為部分或整個建築群開發的，它側重於因建築聚集而可能發生的現象。它也是一個獨立的系統，獨立於建築規模的 CASBEE。CASBEE 城市開發將建築物內部排除在評估之外，這種配置使得可以對整個開發區域進行評估，而建築規模的 CASBEE 則可以評估指定區域內單個建築物的環境性能。

#### 2. CASBEE 社區健康檢核表(CASBEE Community Health Checklist)

CASBEE 社區健康檢核表是一種用於評估社區健康狀況的軟體。該清單符合基於世界衛生組織的國際功能、殘疾和健康分類 (ICF, the International Classification of Functioning, Disability and Health) 的評估體系。從消除功能障礙因素和活動參與鼓勵因素的充分性這兩個角度對社區進行評估。

### (四)都市政策規模工具

#### 1. CASBEE 都市(CASBEE for Cities)

進行都市評估並向公眾披露這些結果對於幫助公民了解其都市的實際情況非常重要。這種評估和披露可以引入一種市場機制，該機制有望為政府提供強而有力的激勵措施以改善其都市狀況，並認識到地方政策和策略可能是解決特定都市和環境問題的最合適方式。

CASBEE 都市是一個綜合評估都市環境績效的系統，衡量相關都市當前的環境效率 BEE，並預估政策實施後的未來環境效率 BEE。通過比較這兩個值，CASBEE

for Cities 定量評估都市政策的有效性，並以易於理解的格式呈現結果。我們希望這個新工具能夠幫助行政官員和其他利益相關者就都市現狀達成共識，並合作制訂和追求目標，以創建低碳社會。

## 2. CASBEE 都市-全球試用版(CASBEE for Cities -Pilot version for worldwide use)

CASBEE 都市-全球試用版是專門為都市規模評估而開發的工具，適用於全球發展中國家和發達國家的各類都市。因此，該工具的評估項目和指標是通過參考聯合國永續發展目標（SDGs）指標和 ISO 37120（Sustainable development of communities - Indicators for city services and quality of life）等國際組織之前發布的研究和文件精心挑選的。由於 CASBEE 實施的大部分指標都是基於 SDGs 指標和 ISO 37120 指標，地方政府官員、公民和其他利益相關者等工具用戶可以了解他們都市的實際情況以及在實現全球 SDGs 方面的進展情況。

### 七、CASBEE 評估專家

CASBEE 奠基於盡可能定量的評估，但也包括本質上是定性的評估項目。因此，它需要在建築物的綜合環境性能評估方面具有專業知識的人或專業工程師。這就是 CASBEE 認證專業（CASBEE-AP）註冊系統成立的原因。那些旨在成為認證專業人士的人必須參加培訓課程，通過考試並完成註冊。目前，評估員培訓課程和考試僅在日本舉行。

成功註冊為認可評估師的優勢如下：

- 展示根據 CASBEE 進行準確評估的能力
- 在申請認證時，需要由合格的評估員進行評估。
- 當受第三方委託進行 CASBEE 評估作為發包工作的一部分時，應按照評估員制度的規定，由經認可的專業人員參與評估。
- 在向地方政府提交評估結果方面，由認可的專業人士強制評估的趨勢一直在增長。
- 在競圖提案和設計工作時，越來越多的案例要求獲得 CASBEE 評估結果，

這反映了對獲得認可的專業人士日益增長的需求。

根據評估員能夠使用的評估工具，CASBEE 認證專業評估人員具有三種資格。各個評估員系統的詳細資料如下所述。

### (一)CASBEE 認可的住宅專業評估人士

CASBEE 住宅認證專業評估人士涵蓋新建住宅的 CASBEE 和既有住宅的 CASBEE。取得認證資格者必須為下列人員之一：一級建築師、二級建築師或木結構建築註冊建築師。

### (二)CASBEE 認可的建築專業評估人士

建築專業評估人士涵蓋了 CASBEE 新建建築、CASBEE 既有建築和 CASBEE 建築改修中提供的工具，包括它們的刪節版。評估住宅以外的建築物時需要此資格，取得認證資格者應為一級建築師。

### (三)CASBEE 認可的房地產評估專業人士

CASBEE 房地產認證專家是根據 CASBEE 房地產進行評估時所需的資格。從事房地產管理營運或評估的人員應該使用 CASBEE 房地產。因此，與住宅和建築物的評估員不同，CASBEE 房地產評估專業評估人士沒有考試資格要求。

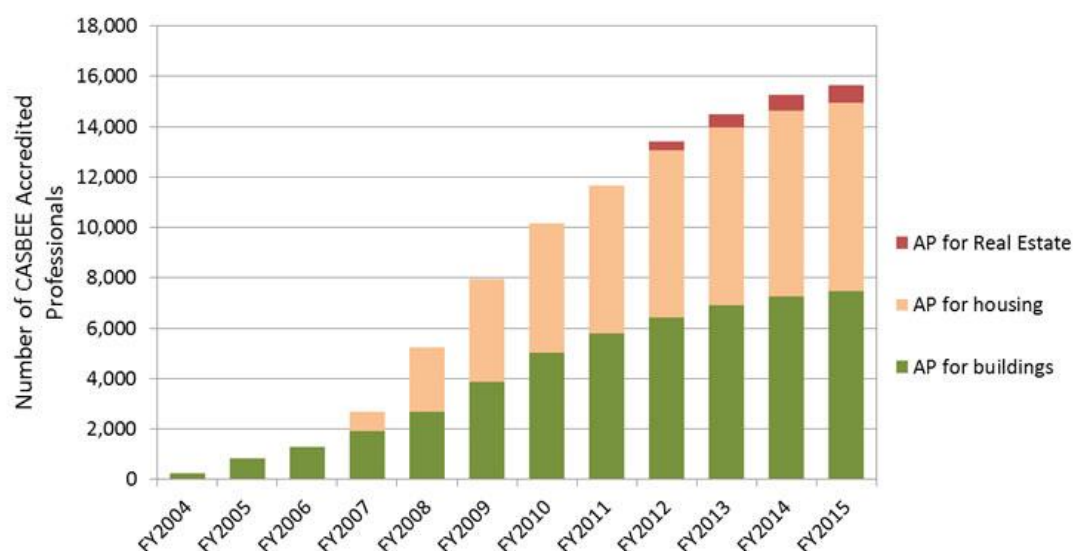


圖 2-20 CASBEE 認證專業人員的累計數量（截至 2016 年 3 月）

（資料來源：CASBEE 網站）

## 八、CASBEE 認證體系

對於評估結果的認可，我們有兩個授權系統。一是認證制度，二是地方政府報告制度。後者是地方政府通過 CASBEE 工具對評估結果進行審核的制度，比認證的時間短，因此通常被認為是半認證制度。

### (一) 認證體系

#### 1. 建築認證

CASBEE 建築認證是由第三方對 CASBEE 提供的新建建築、既有建築和改修評估結果進行審查和認證的體系。認證申請必須附有由 CASBEE 認可的建築專業評估人士提供的評估結果。該系統自 2004 年啟動以來，迄今已在日本全國超過 300 座建築物獲得認證。

#### 2. 住宅認證

CASBEE 住宅認證是第三方對按照 CASBEE 住宅評估結果進行審查和認證的制度。認證申請必須附有由 CASBEE 認可的住宅專業評估人士提供的評估結果。

#### 3. 房地產認證

第三方根據 CASBEE 房地產準備的評估結果進行審查和認證的制度。認證申請必須附有由 CASBEE 認可的房地產專業評估人士提供的評估結果。該證書

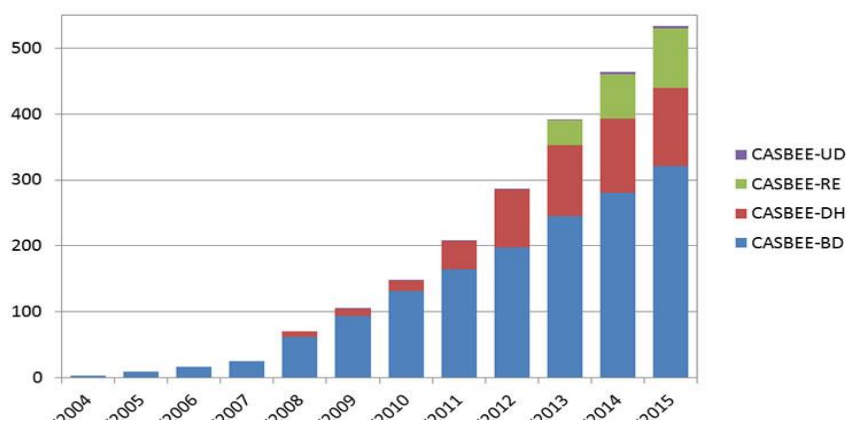


圖 2-21 累計認證建築數量（截至 2016 年 3 月）

有望在未來買賣房地產時用作證明建築物環境性能的證據。

(資料來源：CASBEE 網站)

#### 4. 地方政府報告制度

目前，日本有 24 個地方政府採用了針對商業部門和住房部門的永續建築報告系統 (SBRS) 法規。對於建築物而言，規劃很重要，因為它們一旦建成就會存在很長時間。該系統結合了建築施工前的環境績效評估。通過該系統對一些建築物的環境績效進行評估；因此，該評估系統有望推動市場進一步走向永續發展。

該系統要求大型建築業主提交建築環境計劃，政府在網站上公佈該計劃。目的是鼓勵業主自願減少環境負荷，創造一個高度重視環保和高質量建築的市場。SBRS 的概要如下：

1. 建築物業主自己根據政府提供的指導方針，以他們為考慮環境而採取的措施來評估建築物
2. 政府在其網站上公佈業主應採取的環保措施及其評估

### 3. 政府可能會提供一些獎勵措施，幫助業主採取自願措施

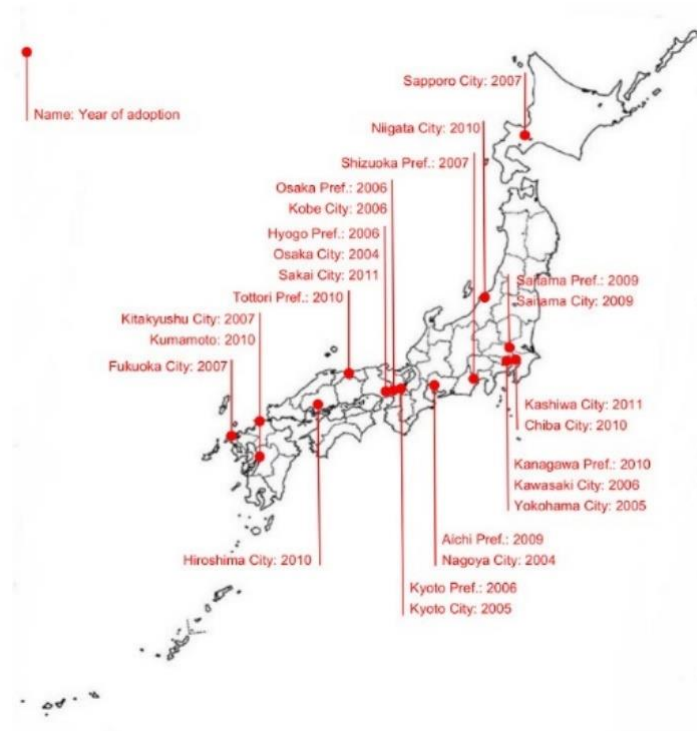


圖 2-22 引入 SBRS 的地方政府

## 第五節 美國 LEED 與生命週期碳足跡的關聯

### 一、LEED 簡述

LEED 全名為 Leadership in Energy and Environmental Design 領先能源與環境設計，用以評估建築績效是否能符合永續性，是美國綠色建築委員會在 2000 年設立的一項綠建築評分認證系統，也是世界上使用最廣泛的系統。LEED 幾乎適用於所有建築類型，為健康、高效能和節約成本的綠建築提供了一個架構。

LEED 認證系統同時節省了能源、水源、廢棄物、維護成本，自 2015-2018 年 LEED 認證建築的統計估算的成本效益包含：

1. 節能 12 億美元
2. 節水 1.495 億美元
3. 維護成本節省 7.153 億美元

## 4. 廢棄物節省 5420 萬美元

由此可知通過 LEED 認證可以減少大量資源的支出。LEED 共有九大評分指標，評分後結果由第三方認證機構 GBCI 獨立認證分為四個等級。九大評分指標如下：

表 2-2 九大評分指標

|                     |                             |                   |                  |                       |
|---------------------|-----------------------------|-------------------|------------------|-----------------------|
| Integrative Process | Location and Transportation | Sustainable Sites | Water Efficiency | Energy and Atmosphere |
| 整合程序                | 地點與交通運輸                     | 永續性基地             | 用水效率             | 能源與大氣                 |

|                         |                              |            |                   |
|-------------------------|------------------------------|------------|-------------------|
| Materials and Resources | Indoor Environmental Quality | Innovation | Regional Priority |
| 材料與資源                   | 室內環境品質                       | 創新設計       | 區域優先              |

（資料來源：USBGC 網站）

評定等級如下：

|                                                                                     |                                                                                     |                                                                                      |                                                                                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 合格級<br>40-49 points earned                                                          | 銀級<br>50-59 points earned                                                           | 金級<br>60-79 points earned                                                            | 白金級<br>80+ points earned                                                              |
|  |  |  |  |

圖 2-22 評定階級分類

（資料來源：USBGC 網站）

## 二、LEED 各項目介紹

### (一)舊有項目介紹

Building Design and Construction (BD+C) (新建大樓和重大整修) v4.1

1. 適用於「新建大樓和重大整修」專案
2. 包含：學校、零售門市、酒店、數據中心、倉庫，物流中心，與保健中心

Interior Design and Construction (ID+C) (室內整修) v4.1

1. 適用於「室內整修」專案
2. 包含：零售門市、酒店

Building Operations and Maintenance (O+M) (營運與維護) v4.1

1. 適用於「既有建築的整治或小範圍整修」專案
2. 包含：學校、零售門市、酒店、數據中心、倉庫與物流中心

Neighborhood Development (ND) (社區發展的住宅與非住宅開發) v4

1. 適用於「社區發展的住宅與非住宅開發」專案
2. 包含：興建安、既有建築

Homes (住宅) v4

1. 適用於「低於八層樓（含）的住宅建築」專案
2. 包含：一般住宅、多戶低層、多戶中層住宅

Campus (校園) v4

1. 適用於「為某單一組織所擁有或管理之共享場址」的專案
2. 包含：軍事基地、企業園區、學院或大學

註：v4 為 version 4 舊版本 v4.1 為現存最新版本

### (二)LEED v4.1 版本改進項目介紹

1. 確保所有建築利益相關者——開發商、物業經理、居住者和社區都能從可持續設計、施工、運營和性能中受益。

2. 實踐可持續和健康的建築，以在未來幾十年中實現環境、經濟、社會和社區等效益。
3. 強調一體化設計，以確保更好的設計，將設計轉化為高質量的施工，優化運營和建築的高性能。
4. 透過結合創新的設計、技術、施工和材料選擇策略，幫助建築提供超越市場實踐的更高質量。
5. 專注於以績效為導向的可持續策略和成果。
6. 幫助建築物消耗更少的資源、降低運營成本、增加價值並為其居住者創造更安全、更健康的環境。
7. 幫助建築物減少溫室氣體/碳排放。
8. 幫助建築物使用無毒材料提供更清潔的室內空氣，以提高工作效率、集中注意力並減少居住者的呼吸系統疾病。
9. 優先考慮可持續材料，幫助製造商設計、生產和交付可減少建築物對環境影響的建築材料。LEED v4.1 還幫助製造商減少能源、水、製造過程中的浪費、分銷和運輸過程中的碳足跡以及整個生產生命週期中的總體碳排放。

LEED 促使建築專注於效率和領導力，以實現人員、環境和利潤上的回饋。LEED v4.1 提高了建築標準，以解決能源效率、節水、選址、材料選擇、日光照明和減少廢物的問題。LEED 是世界領先的綠色建築項目和績效管理體系，為綠色建築設計、施工、運營和績效提供了一個典範：對社會公平性的特別與確保建築物不會被孤立於其社區之外，優先考慮所有人的訪問和包容性。為確保建築物能夠抵禦自然和非自然干擾，LEED v4.1 中建立了一套全面的設計和施工策略。

### (三)LEED v4.1 更新版本各項目說明

#### 1.LEED v4.1 建築設計+施工 Building Design +Construction

LEED v4.1 的完整建築設計和建造改變側重於可訪問性、最新標準和實際項

目體驗。該評級系統適用於新建或重大翻新的建築物。項目總建築面積的至少 60% 必須在認證時完成 (LEED BD+C：核心和外殼除外)。必須在項目中包括整個建築物的總建築面積。

- 新建和重大改建：主要服務於住宅、K-12 教育、零售、數據中心、倉庫和配送中心、酒店或醫療保健用途的建築物的新建或重大改建。
- 核心和外殼開發：對外殼和核心機械、電氣和管道單元進行新建或重大改造的建築物，而非內部裝修。LEED BD+C：如果在認證時超過 40% 的總建築面積不完整，則核心和外殼是較合適的評級系統。
- 學校：由 K-12 校園內的核心和輔助學習空間組成的建築物。LEED BD+C：學校可用於校園內的高等教育和非學術建築。
- 零售：用於零售消費品的建築物。包括直接客戶服務區（陳列室）和支持客戶服務的準備或存儲區。
- 數據中心：為滿足高密度計算設備（例如用於數據存儲和處理的服務器機架）的需求而專門設計和配備的建築物。LEED BD+C：數據中心僅針對整個建築的數據中心（超過 60%）。
- 倉庫和配送中心：用於存儲貨物、製成品、商品、原材料或個人物品的建築物，例如自助存儲。
- 服務：專為酒店、汽車旅館、旅館或其他服務業企業提供過渡或短期住宿的建築物。
- 醫療保健：每週 7 天、每天 24 小時營業並提供住院治療（包括急症和長期護理）的醫院。

## 2. LEED v4.1 室內設計+施工 Interior Design + Construction

LEED v4.1 室內設計和施工包括許多在 LEED v4.1 BD+C 中進行的更新，以及一些專注於室內空間現實的更新。該評級系統適用於完全內部裝修的內部空間。此外，項目總建築面積的至少 60% 必須在認證時完成。

1. 商業室內設計：專用於零售或酒店以外功能的室內空間。

2. 零售：用於進行消費品零售的室內空間。包括直接客戶服務區（陳列室）和支持客戶服務的準備或存儲區。
3. 服務：專供酒店、汽車旅館、旅館或其他服務行業企業使用的內部空間，提供過渡或短期住宿。

### 3. LEED v4.1 運營 + 維護 Operations + Maintenance

啟動 LEED v4.1 的第一步包括現有建築的 LEED 評級系統版本。該評級系統適用於完全投入使用並至少使用一年的建築物。該項目可能正在進行改修工作或沒有持續建設。項目中必須包括整個建築物的總建築面積。

1. 現有建築物：現有整棟樓。
2. 現有的室內設計：包含在現有建築物的一部分內的現有室內空間。室內空間可用於商業、零售或招待目的。

### 4. LEED v4.1 住宅 Residential

LEED v4.1 提出了住宅項目的新方法，從 BD+C 和所有以住宅為重點的評級系統中提取最相關的措施，並將其與住宅市場的優先事項合併。隨著 LEED v4.1 中新的多戶型選項的發布，住宅 BD+C 成為所有單戶和多戶項目所需的評級系統。使用 LEED v4.1 的住宅項目不得使用 LEED BD+C。

- 住宅 BD+C 解決新建或重大改造的住宅建築。項目總建築面積的至少 60% 必須在認證時完成（LEED 住宅 BD+C：多戶型核心和外殼住宅除外）。項目中必須包括整個建築物的總建築面積。
- 單戶住宅：新的獨立或獨立的單戶住宅，以及最多四個單元的多戶住宅。
- 多戶住宅：適用於任何擁有兩個或更多單元和任意層數的多戶型建築。
- 多戶住宅的核心和外殼：對外殼和核心機械、電氣和管道單元進行新建或重大改造的多戶型建築（但並非完整的內部裝修）如果在認證時超過 40% 的總建築面積不完整，則使用合適的評級系統。

LEED v4.1 住宅 BD+C 多戶住宅和多戶住宅核心和外殼現在可用於除美國和加拿大以外的所有國家/地區的 LEED Online 註冊。美國和加拿大的項目可

以繼續使用適用於住宅項目的 LEED v4 評級系統，並使用 LEED v4.1 住宅的替代評分。

## 5. LEED v4.1 城市和社區 Cities and Communities

LEED for Cities 和 LEED for Communities 是建設韌性、綠色、包容和智慧城市的新途徑，為城市和社區提供了一種全球一致的衡量和交流績效的方式。LEED v4.1 擴展了 LEED for Cities 和 LEED for Communities 的解決方案，包括兩種新的項目類型，即處於規劃和設計階段的项目類型以及現有的城市。

城市是由其市政公共部門治理（例如，市長或鎮管理者）定義的政治管轄區或地方，但在文化上將“城市”一詞理解為包含一些私營部門治理的地區（尤其是亞洲）以外的地方。社區被定義為不是“城市”的每個城市化位置，包括子城市位置（例如區）和元城市區域（例如縣）。此外，私人開發或擁有的城市地區（例如松島區或洛克菲勒中心）通常符合“社區”的定義，除非它們被識別（根據上述“城市”的定義）為城市。

有關城市和社區有兩種選擇：

- 計劃和設計：處於規劃/設計階段的新城市和社區。
- 現有：建成率超過 75% 的城市和社區。

## 6. LEED 重新認證 recertification

LEED 重新認證是保護建築資產的重要一步。重新認證可維護和改進建築，同時保持可持續投資。重新認證適用於之前獲得 LEED 認證的所有在用和在用項目，包括 BD+C 和 ID+C，無論其初始評級系統或版本如何。

一旦成功通過重新認證，項目將根據最新版本的評級系統獲得 LEED 運營和維護（LEED O+M）認證。目前是 LEED v4.1。

### 三、LEED 各項目重點

#### (一) LEED v4.1 BD+C 之重點

1. BD+C 評級有四個關鍵目標：

- 確保領導力

- 提高可實現性
- 衡量績效
- 拓展市場

2. 綜合過程：

- 該積分為項目團隊提供了一種更加平衡的方法，可以通過項目團隊信函的新文檔方法來理解、改進和記錄集成設計的過程和結果。
- 項目團隊可以更靈活地講述其整合過程，並在綠色建築分析的新領域（包括社會公平和公共衛生）的表現中獲得更多積分。項目還可以展示優良的選址決定。

3. 位置和運輸：

- 減少停車足跡識別消費者行為的變化；取消了首要的停車要求，並添加了三個新的評分選項，獎勵有無路邊停車、提供汽車共享停車或分別停車的項目。
- 綠色汽車更名為電動汽車；該評分現在僅適用於電動汽車，並提供了一種新的選擇來獎勵電動汽車基礎設施的安裝。
- 自行車設施要求更好地適應不同的項目類型；停駐要求更能表示較常見的現場條件。

4. 永續基地：

- 保護或恢復棲息地評分項目對於降低恢復門檻、新土壤和植被以及降低財務要求的項目來說更容易獲得。
- 現場評估與國際項目團隊更相關；不再需要美國特定的 TR-55 標準。

5. 用水效率：

- 減少室內用水量的更新並且涵括全球標準供應壓力和歐洲產品標籤計劃的更新。
- 對於優化工藝用水的使用要求進行了調整，使其與項目更加相關和增加了可實現性；兩個新的評分選項結合了先前的試驗評分，並獎勵使用替代再生水來滿足工藝用水需求。
- 僅核心和殼外殼：分數從減少室內用水量重新分配到減少室外用水量和優化工藝用水使用，以更好地與核心和外殼的工作範圍保持一致。

#### 6. 能源與大氣：

- 能源性能參考標準更新為 ASHRAE 90.1-2016；現在要求項目根據兩個指標展示績效：成本和溫室氣體排放。
- 優化能源性能包括用於 BD+C 中單個系統優化的新規定選項。
- 可再生能源生產與綠色電力和碳抵消被合併為一個新的評分項目，以更好地解決可再生能源採購和發展全球可再生能源市場的不同方法。
- 需求響應更新為電網協調，以識別建築物在電網規模脫碳方面支援的作用；新的評分選項獎勵用於構建負載靈活性和管理的技術和策略。

#### 7. 材料和資源：

- 為鼓勵更多地使用材料和資源分數，引入了額外的分數途徑和更新的分數成就閾值，包括建築生命週期影響減少和建築產品披露和優化分數。
- 評分類別透過修訂的信用成就閾值對要求進行微調，以確認不同項目類型和工作範圍的變化。這些更新包括針對更小和/或材料密集度較低的項目和項目類型（例如倉庫和核心與殼牌）的 BPD0 信用中產品數量、成本和製造商的修訂閾值，以使信用更容易實現。
- 針對具有挑戰性的項目場地修訂了建築和拆除廢物信用額度，並更新了總廢物減少閾值。
- 更重視和重視通過建築再利用、回收、整棟建築 LCA 和 EPD 來減少碳。

- 低排放材料學分中的計算方法經過重組，更加直接且圍繞產品類別進行組織。合規閾值也進行了調整。
- 室內空氣質量評估的空氣質量測試選項已修改為兩個測試途徑和一小部分所需污染物。
- 降低日光和聲學性能得分的入口點，以鼓勵更多項目在設計過程中考慮日光和聲學性能。這兩個分還為設計師提供了更大的靈活性，以適當解決重要的設計考慮因素：包括過多的陽光（用於日光）和空間之間的聲音傳輸。

#### 四、各項目計分說明

##### (一)LEED v4.1 BD+C 計分標準

LEED v4.1 BD+C 含有核心的九大指標針對各項性能需求逐項評分

## LEED v4.1 BD+C Scorecard

|                                    |                                              | New<br>Construction | Core<br>and<br>Shell | Schools | Retail | Data<br>Centers | Warehouses<br>and<br>Distribution<br>Centers | Hospitality | Healthcare |
|------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------|----------------------|---------|--------|-----------------|----------------------------------------------|-------------|------------|
| <b>INTEGRATIVE PROCESS</b>         |                                              | 1                   | 1                    | 1       | 1      | 1               | 1                                            | 1           | 1          |
| Prerequisite                       | Integrative Project Planning and Design      |                     |                      |         |        |                 |                                              |             | P          |
| Credit                             | Integrative Process                          | 1                   | 1                    | 1       | 1      | 1               | 1                                            | 1           | 1          |
| <b>LOCATION AND TRANSPORTATION</b> |                                              | 16                  | 20                   | 15      | 16     | 16              | 16                                           | 16          | 9          |
| Credit                             | LEED for Neighborhood Development Location   | 16                  | 20                   | 15      | 16     | 16              | 16                                           | 16          | 9          |
| Credit                             | Sensitive Land Protection                    | 1                   | 2                    | 1       | 1      | 1               | 1                                            | 1           | 1          |
| Credit                             | High-Priority Site and Equitable Development | 2                   | 3                    | 2       | 2      | 2               | 2                                            | 2           | 2          |
| Credit                             | Surrounding Density and Diverse Uses         | 5                   | 6                    | 5       | 5      | 5               | 5                                            | 5           | 1          |
| Credit                             | Access to Quality Transit                    | 5                   | 6                    | 4       | 5      | 5               | 5                                            | 5           | 2          |
| Credit                             | Bicycle Facilities                           | 1                   | 1                    | 1       | 1      | 1               | 1                                            | 1           | 1          |
| Credit                             | Reduced Parking Footprint                    | 1                   | 1                    | 1       | 1      | 1               | 1                                            | 1           | 1          |
| Credit                             | Electric Vehicles                            | 1                   | 1                    | 1       | 1      | 1               | 1                                            | 1           | 1          |
| <b>SUSTAINABLE SITES</b>           |                                              | 10                  | 11                   | 12      | 10     | 10              | 10                                           | 10          | 9          |
| Prerequisite                       | Construction Activity Pollution Prevention   | P                   | P                    | P       | P      | P               | P                                            | P           | P          |
| Prerequisite                       | Environmental Site Assessment                |                     |                      | P       |        |                 |                                              |             | P          |
| Credit                             | Site Assessment                              | 1                   | 1                    | 1       | 1      | 1               | 1                                            | 1           | 1          |
| Credit                             | Protect or Restore Habitat                   | 2                   | 2                    | 2       | 2      | 2               | 2                                            | 2           | 1          |
| Credit                             | Open Space                                   | 1                   | 1                    | 1       | 1      | 1               | 1                                            | 1           | 1          |
| Credit                             | Rainwater Management                         | 3                   | 3                    | 3       | 3      | 3               | 3                                            | 3           | 2          |
| Credit                             | Heat Island Reduction                        | 2                   | 2                    | 2       | 2      | 2               | 2                                            | 2           | 1          |
| Credit                             | Light Pollution Reduction                    | 1                   | 1                    | 1       | 1      | 1               | 1                                            | 1           | 1          |
| Credit                             | Site Master Plan                             |                     |                      | 1       |        |                 |                                              |             |            |
| Credit                             | Tenant Design and Construction Guidelines    |                     | 1                    |         |        |                 |                                              |             |            |
| Credit                             | Places of Respite                            |                     |                      |         |        |                 |                                              |             | 1          |
| Credit                             | Direct Exterior Access                       |                     |                      |         |        |                 |                                              |             | 1          |
| Credit                             | Joint Use of Facilities                      |                     |                      | 1       |        |                 |                                              |             |            |
| <b>WATER EFFICIENCY</b>            |                                              | 11                  | 11                   | 12      | 12     | 11              | 11                                           | 11          | 11         |
| Prerequisite                       | Outdoor Water Use Reduction                  | P                   | P                    | P       | P      | P               | P                                            | P           | P          |
| Prerequisite                       | Indoor Water Use Reduction                   | P                   | P                    | P       | P      | P               | P                                            | P           | P          |
| Prerequisite                       | Building-Level Water Metering                | P                   | P                    | P       | P      | P               | P                                            | P           | P          |
| Credit                             | Outdoor Water Use Reduction                  | 2                   | 3                    | 2       | 2      | 2               | 2                                            | 2           | 1          |
| Credit                             | Indoor Water Use Reduction                   | 6                   | 4                    | 7       | 7      | 6               | 6                                            | 6           | 7          |
| Credit                             | Optimize Process Water Use                   | 2                   | 3                    | 2       | 2      | 2               | 2                                            | 2           | 2          |
| Credit                             | Water Metering                               | 1                   | 1                    | 1       | 1      | 1               | 1                                            | 1           | 1          |
| <b>ENERGY AND ATMOSPHERE</b>       |                                              | 33                  | 33                   | 31      | 33     | 33              | 33                                           | 33          | 35         |
| Prerequisite                       | Fundamental Commissioning and Verification   | P                   | P                    | P       | P      | P               | P                                            | P           | P          |
| Prerequisite                       | Minimum Energy Performance                   | P                   | P                    | P       | P      | P               | P                                            | P           | P          |

|                                     |                                                                          |                            |           |           |           |           |           |           |           |
|-------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|----------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Prerequisite                        | Building-Level Energy Metering                                           | P                          | P         | P         | P         | P         | P         | P         | P         |
| Prerequisite                        | Fundamental Refrigerant Management                                       | P                          | P         | P         | P         | P         | P         | P         | P         |
| Credit                              | Enhanced Commissioning                                                   | 6                          | 6         | 6         | 6         | 6         | 6         | 6         | 6         |
| Credit                              | Optimize Energy Performance                                              | 18                         | 18        | 16        | 18        | 18        | 18        | 18        | 20        |
| Credit                              | Advanced Energy Metering                                                 | 1                          | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         |
| Credit                              | Grid Harmonization                                                       | 2                          | 2         | 2         | 2         | 2         | 2         | 2         | 2         |
| Credit                              | Renewable Energy                                                         | 5                          | 5         | 5         | 5         | 5         | 5         | 5         | 5         |
| Credit                              | Enhanced Refrigerant Management                                          | 1                          | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         |
| <b>MATERIALS AND RESOURCES</b>      |                                                                          | <b>13</b>                  | <b>14</b> | <b>13</b> | <b>13</b> | <b>13</b> | <b>13</b> | <b>13</b> | <b>19</b> |
| Prerequisite                        | Storage and Collection of Recyclables                                    | P                          | P         | P         | P         | P         | P         | P         | P         |
| Prerequisite                        | Construction and Demolition Waste Management Planning                    | P                          | P         | P         | P         | P         | P         | P         | P         |
| Prerequisite                        | PBT Source Reduction - Mercury Building Life-Cycle Impact Reduction      |                            |           |           |           |           |           |           | P         |
| Credit                              | Building Product Disclosure and Optimization - EPD                       | 5                          | 6         | 5         | 5         | 5         | 5         | 5         | 5         |
| Credit                              | Building Product Disclosure and Optimization - Sourcing of Raw Materials | 2                          | 2         | 2         | 2         | 2         | 2         | 2         | 2         |
| Credit                              | Building Product Disclosure and Optimization - Material Ingredients      | 2                          | 2         | 2         | 2         | 2         | 2         | 2         | 2         |
| Credit                              | PBT Source Reduction - Mercury                                           |                            |           |           |           |           |           |           | 1         |
| Credit                              | PBT Source Reduction - Lead, Cadmium, and Copper                         |                            |           |           |           |           |           |           | 2         |
| Credit                              | Furniture and Medical Furnishings                                        |                            |           |           |           |           |           |           | 2         |
| Credit                              | Design for Flexibility                                                   |                            |           |           |           |           |           |           | 1         |
| Credit                              | Construction and Demolition Waste Management                             | 2                          | 2         | 2         | 2         | 2         | 2         | 2         | 2         |
| <b>INDOOR ENVIRONMENTAL QUALITY</b> |                                                                          | <b>16</b>                  | <b>5</b>  | <b>16</b> | <b>15</b> | <b>16</b> | <b>16</b> | <b>16</b> | <b>16</b> |
| Prerequisite                        | Minimum Indoor Air Quality Performance                                   | P                          | P         | P         | P         | P         | P         | P         | P         |
| Prerequisite                        | Environmental Tobacco Smoke Control                                      | P                          | P         | P         | P         | P         | P         | P         | P         |
| Prerequisite                        | Minimum Acoustic Performance                                             |                            |           | P         |           |           |           |           |           |
| Credit                              | Enhanced Indoor Air Quality Strategies                                   | 2                          | 2         | 2         | 2         | 2         | 2         | 2         | 2         |
| Credit                              | Low-Emitting Materials                                                   | 3                          | 3         | 3         | 3         | 3         | 3         | 3         | 3         |
| Credit                              | Construction Indoor Air Quality Management Plan                          | 1                          | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         |
| Credit                              | Indoor Air Quality Assessment                                            | 2                          |           | 2         | 2         | 2         | 2         | 2         | 2         |
| Credit                              | Thermal Comfort                                                          | 1                          |           | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         |
| Credit                              | Interior Lighting                                                        | 2                          |           | 2         | 2         | 2         | 2         | 2         | 1         |
| Credit                              | Daylight                                                                 | 3                          | 3         | 3         | 3         | 3         | 3         | 3         | 2         |
| Credit                              | Quality Views                                                            | 1                          | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 2         |
| Credit                              | Acoustic Performance                                                     | 1                          |           | 1         |           | 1         | 1         | 1         | 2         |
| <b>INNOVATION</b>                   |                                                                          | <b>6</b>                   | <b>6</b>  | <b>6</b>  | <b>6</b>  | <b>6</b>  | <b>6</b>  | <b>6</b>  | <b>6</b>  |
| Credit                              | Innovation                                                               | 5                          | 5         | 5         | 5         | 5         | 5         | 5         | 5         |
| Credit                              | LEED Accredited Professional                                             | 1                          | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         |
| <b>REGIONAL PRIORITY</b>            |                                                                          | <b>4</b>                   | <b>4</b>  | <b>4</b>  | <b>4</b>  | <b>4</b>  | <b>4</b>  | <b>4</b>  | <b>4</b>  |
| Credit                              | Regional Priority                                                        | 4                          | 4         | 4         | 4         | 4         | 4         | 4         | 4         |
| <b>TOTAL</b>                        |                                                                          | <b>110 POSSIBLE POINTS</b> |           |           |           |           |           |           |           |

圖 2-23 BD+C 計分標準

(資料來源：USBGC 網站)

註：在指標群中，各細項內均含有更詳細具體的準則提供評估人士進行查核，當符合的準則越多時，在該細項中會得到愈高的分數。

## (二)LEED v4.1 ID+C 計分標準

LEED v4.1 ID+C 含有核心的九大指標（除了永續基地之外）針對各項性能需求逐項評分。

|                                     |                                                                          | New Construction | Retail    | Hospitality |
|-------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|------------------|-----------|-------------|
| <b>INTEGRATIVE PROCESS</b>          |                                                                          | <b>1</b>         | <b>1</b>  | <b>1</b>    |
| Credit                              | Integrative Process                                                      | 1                | 1         | 1           |
| <b>LOCATION AND TRANSPORTATION</b>  |                                                                          | <b>18</b>        | <b>18</b> | <b>18</b>   |
| Credit                              | LEED for Neighborhood Development Location                               | 18               | 18        | 18          |
| Credit                              | Surrounding Density and Diverse Uses                                     | 8                | 8         | 8           |
| Credit                              | Access to Quality Transit                                                | 7                | 7         | 7           |
| Credit                              | Bicycle Facilities                                                       | 1                | 1         | 1           |
| Credit                              | Reduced Parking Footprint                                                | 2                | 2         | 2           |
| <b>WATER EFFICIENCY</b>             |                                                                          | <b>12</b>        | <b>12</b> | <b>12</b>   |
| Prerequisite                        | Indoor Water Use Reduction                                               | P                | P         | P           |
| Credit                              | Indoor Water Use Reduction                                               | 12               | 12        | 12          |
| <b>ENERGY AND ATMOSPHERE</b>        |                                                                          | <b>38</b>        | <b>38</b> | <b>38</b>   |
| Prerequisite                        | Fundamental Commissioning and Verification                               | P                | P         | P           |
| Prerequisite                        | Minimum Energy Performance                                               | P                | P         | P           |
| Prerequisite                        | Fundamental Refrigerant Management                                       | P                | P         | P           |
| Credit                              | Enhanced Commissioning                                                   | 5                | 5         | 5           |
| Credit                              | Optimize Energy Performance                                              | 24               | 24        | 24          |
| Credit                              | Advanced Energy Metering                                                 | 2                | 2         | 2           |
| Credit                              | Renewable Energy                                                         | 6                | 6         | 6           |
| Credit                              | Enhanced Refrigerant Management                                          | 1                | 1         | 1           |
| <b>MATERIALS AND RESOURCES</b>      |                                                                          | <b>13</b>        | <b>14</b> | <b>13</b>   |
| Prerequisite                        | Storage and Collection of Recyclables                                    | P                | P         | P           |
| Prerequisite                        | Construction and Demolition Waste Management Planning                    | P                | P         | P           |
| Credit                              | Long-Term Commitment                                                     | 1                | 1         | 1           |
| Credit                              | Interiors Life-Cycle Impact Reduction                                    | 4                | 5         | 4           |
| Credit                              | Building Product Disclosure and Optimization - EPD                       | 2                | 2         | 2           |
| Credit                              | Building Product Disclosure and Optimization - Sourcing of Raw Materials | 2                | 2         | 2           |
| Credit                              | Building Product Disclosure and Optimization - Material Ingredients      | 2                | 2         | 2           |
| Credit                              | Construction and Demolition Waste Management                             | 2                | 2         | 2           |
| <b>INDOOR ENVIRONMENTAL QUALITY</b> |                                                                          | <b>17</b>        | <b>16</b> | <b>17</b>   |
| Prerequisite                        | Minimum Indoor Air Quality Performance                                   | P                | P         | P           |
| Prerequisite                        | Environmental Tobacco Smoke Control                                      | P                | P         | P           |
| Credit                              | Enhanced Indoor Air Quality Strategies                                   | 2                | 3         | 2           |
| Credit                              | Low-Emitting Materials                                                   | 3                | 3         | 3           |
| Credit                              | Construction Indoor Air Quality Management Plan                          | 1                | 1         | 1           |
| Credit                              | Indoor Air Quality Assessment                                            | 2                | 2         | 2           |
| Credit                              | Thermal Comfort                                                          | 1                | 1         | 1           |
| Credit                              | Interior Lighting                                                        | 2                | 2         | 2           |
| Credit                              | Daylight                                                                 | 3                | 3         | 3           |

6

U.S. Green Building Council

圖 2-24 ID+C 計分標準

(資料來源：USBGC 網站)

### (三)LEED v4.1 O+M beta

LEED v4.1 O+M beta 包括兩個評級系統，說明如下：

- LEED O+M Existing Building：現有建築。現有整棟樓。
- LEED O+M Interior：室內設計。包含在現有建築的一部分內的現有室內空間建造。室內空間可用於商業、零售或招待目的。

#### 1. LEED 項目邊界：

LEED 項目邊界定義了建築 O+M 項目的範圍。如同最低要求中所述計劃要求[使用合理的 LEED 邊界](#)，LEED 項目邊界必須包括所有與項目相關並支持其運營的基地。這包括主要由居住者使用的功能項目，例如硬鋪面（停車場和人行道）、化糞池或雨水處理設備和園林綠化。LEED 邊界不得無理排除建築物、空間或場地的一部分，以使項目在評分方面具有優勢。

項目最多可從 LEED 項目邊界中排除建築總建築面積的 10%，除了環境條件，還必須考慮整個建築物。

#### 2. 10% 租戶空間排除：

10% 的 LEED 項目（按總建築面積）可能會被排除在個人先決條件或信用之外如果無法收集必要的租戶數據，或者申請人無法控制所需的元素。作為 10% 的一部分排除在外的特定空間可能因信用而異。在你的先決條件或信用文件，清楚地註明哪些空格已被排除。此排除與 LEED 項目邊界允許的 10% 排除不同（請參閱 LEED 以上項目邊界）。請注意，鼓勵項目獲得承諾和合作包括整個建築或項目空間，以確保全面了解性能。

### 3. 總建築面積：

總建築面積是 LEED 項目邊界內空間的建築面積總和。總的樓面面積是通過 USGBC 計算器計算的，總結了項目中的每個空間。包括地下室、夾層和中間層，以及淨空高度為 2.2 米或更大。排除非封閉（或不可封閉）有屋頂的區域，例如外部有蓋人行道、門廊、露台或台階、屋頂懸垂和類似的特徵。排除空氣豎井、管溝、煙囪和專用於電機停放和流通的地面區域車輛。樓面面積計算取自外牆的外表面或牆的中心線將建築物或與分隔空間的牆的中心線分開。

### 4. 認證

LEED 評級系統的認證機構 GBCI 將在根據 [《商業項目認證指南》](#)。

初始 LEED v4.1 O+M 認證有效期為自認證接受之日起三年。項目每年需要提供的數據，並且必須每三年重新驗證。

### 5. v4.1 O+M 計分標準

LEED v4.1 O+M（既有建築物）以除了整合程序與區域優先的其他七個指標逐項評分。註：Required 為必須項目。

| LEED v4.1 O+M: Existing Buildings Scorecard |                                             |           |
|---------------------------------------------|---------------------------------------------|-----------|
| <b>LOCATION AND TRANSPORTATION</b>          |                                             | <b>14</b> |
| Prerequisite                                | Transportation Performance                  | 14        |
| <b>SUSTAINABLE SITES</b>                    |                                             | <b>4</b>  |
| Credit                                      | Rainwater Management                        | 1         |
| Credit                                      | Heat Island Reduction                       | 1         |
| Credit                                      | Light Pollution Reduction                   | 1         |
| Credit                                      | Site Management                             | 1         |
| <b>WATER EFFICIENCY</b>                     |                                             | <b>15</b> |
| Prerequisite                                | Water Performance                           | 15        |
| <b>ENERGY AND ATMOSPHERE</b>                |                                             | <b>35</b> |
| Prerequisite                                | Energy Efficiency Best Management Practices | Required  |
| Prerequisite                                | Fundamental Refrigerant Management          | Required  |
| Prerequisite                                | Energy Performance                          | 33        |
| Credit                                      | Enhanced Refrigerant Management             | 1         |
| Credit                                      | Grid Harmonization                          | 1         |
| <b>MATERIALS AND RESOURCES</b>              |                                             | <b>9</b>  |
| Prerequisite                                | Purchasing Policy                           | Required  |
| Prerequisite                                | Facility Maintenance and Renovations Policy | Required  |
| Prerequisite                                | Waste Performance                           | 8         |
| 5                                           | U.S. Green Building Council                 |           |

圖 2-25 O+M 既有建築物計分標準

(資料來源：USBGC 網站)

6. LEED v4.1 O+M (室內) 以除了整合程序與區域優先與永續基地以外的其他六個指標逐項評分

## LEED v4.1 O+M: Interiors Scorecard

|                                     |                                             |           |
|-------------------------------------|---------------------------------------------|-----------|
| <b>LOCATION AND TRANSPORTATION</b>  |                                             | <b>14</b> |
| Prerequisite                        | Transportation Performance                  | 14        |
| <b>WATER EFFICIENCY</b>             |                                             | <b>15</b> |
| Prerequisite                        | Water Performance                           | 15        |
| <b>ENERGY AND ATMOSPHERE</b>        |                                             | <b>34</b> |
| Prerequisite                        | Energy Efficiency Best Management Practices | Required  |
| Prerequisite                        | Fundamental Refrigerant Management          | Required  |
| Prerequisite                        | Energy Performance                          | 33        |
| Credit                              | Enhanced Refrigerant Management             | 1         |
| <b>MATERIALS AND RESOURCES</b>      |                                             | <b>12</b> |
| Prerequisite                        | Purchasing Policy                           | Required  |
| Prerequisite                        | Facility Maintenance and Renovations Policy | Required  |
| Prerequisite                        | Waste Performance                           | 8         |
| Credit                              | Purchasing                                  | 4         |
| <b>INDOOR ENVIRONMENTAL QUALITY</b> |                                             | <b>24</b> |
| Prerequisite                        | Minimum Indoor Air Quality                  | Required  |
| Prerequisite                        | Environmental Tobacco Smoke Control         | Required  |
| Prerequisite                        | Green Cleaning Policy                       | Required  |
| Prerequisite                        | Indoor Environmental Quality Performance    | 20        |

7

U.S. Green Building Council

圖 2-26 O+M 室內計分標準

(資料來源：USBGC 網站)

## (四)LEED v4.1 Residential 計分標準

LEED v4.1 Residential 以九大指標逐項評分

## LEED v4.1 Residential: Multifamily Scorecard

|                             |                                                       |    |
|-----------------------------|-------------------------------------------------------|----|
| INTEGRATIVE PROCESS         |                                                       | 1  |
| Credit                      | Integrative Process                                   | 1  |
| LOCATION AND TRANSPORTATION |                                                       | 15 |
| Credit                      | LEED for Neighborhood Development Location            | 15 |
| Credit                      | Sensitive Land Protection                             | 2  |
| Credit                      | High-Priority Site                                    | 1  |
| Credit                      | Surrounding Density and Diverse Uses                  | 5  |
| Credit                      | Access to Quality Transit                             | 3  |
| Credit                      | Bicycle Facilities                                    | 1  |
| Credit                      | Reduced Parking Footprint                             | 1  |
| Credit                      | Electric Vehicles                                     | 2  |
| SUSTAINABLE SITES           |                                                       | 10 |
| Prerequisite                | Construction Activity Pollution Prevention            | P  |
| Credit                      | Site Assessment                                       | 1  |
| Credit                      | Protect or Restore Habitat                            | 1  |
| Credit                      | Open Space                                            | 1  |
| Credit                      | Rainwater Management                                  | 3  |
| Credit                      | Heat Island Reduction                                 | 2  |
| Credit                      | Light Pollution Reduction                             | 1  |
| WATER EFFICIENCY            |                                                       | 12 |
| Prerequisite                | Water Use Reduction                                   | P  |
| Prerequisite                | Building-Level Water Metering                         | P  |
| Credit                      | Water Use Reduction                                   | 10 |
| Credit                      | Water Metering                                        | 2  |
| ENERGY AND ATMOSPHERE       |                                                       | 34 |
| Prerequisite                | Fundamental Systems Testing and Verification          | P  |
| Prerequisite                | Minimum Energy Performance                            | P  |
| Prerequisite                | Energy Metering                                       | P  |
| Prerequisite                | Fundamental Refrigerant Management                    | P  |
| Credit                      | Enhanced Commissioning                                | 6  |
| Credit                      | Optimize Energy Performance                           | 18 |
| Credit                      | Whole Building Energy Monitoring and Reporting        | 1  |
| Credit                      | Grid Harmonization                                    | 2  |
| Credit                      | Renewable Energy                                      | 5  |
| Credit                      | Enhanced Refrigerant Management                       | 1  |
| Credit                      | Efficient Hot Water Distribution Systems              | 1  |
| MATERIALS AND RESOURCES     |                                                       | 13 |
| Prerequisite                | Storage and Collection of Recyclables                 | P  |
| Prerequisite                | Construction and Demolition Waste Management Planning | P  |
| Credit                      | Building Life-Cycle Impact Reduction                  | 5  |
| Credit                      | Environmentally Preferable Products                   | 6  |
| Credit                      | Construction and Demolition Waste Management          | 2  |

圖 2-27 Residential Multifamily 計分標準

(資料來源：USBGC 網站)

## (五)LEED v4.1 Cities and Communities 計分標準

LEED v4.1 Cities and Communities 含有核心的九大指標針對各項性能需求逐項評分

| LEED for Cities and Communities            |                                                     | Cities       | Communities  |
|--------------------------------------------|-----------------------------------------------------|--------------|--------------|
| <b>INTEGRATIVE PROCESS</b>                 |                                                     | POSSIBLE: 5  | POSSIBLE: 5  |
| Prerequisite                               | Integrative Planning and Design Process             | REQUIRED     | REQUIRED     |
| Credit                                     | Green Building Policy and Incentives                | 5            | 5            |
| <b>NATURAL SYSTEMS &amp; ECOLOGY</b>       |                                                     | POSSIBLE: 13 | POSSIBLE: 13 |
| Prerequisite                               | Ecosystem Assessment                                | REQUIRED     | REQUIRED     |
| Prerequisite                               | Construction Activity Pollution Prevention          | REQUIRED     | REQUIRED     |
| Prerequisite                               | Green Spaces                                        | REQUIRED     | REQUIRED     |
| Credit                                     | Natural Resources Conservation and Restoration      | 5            | 5            |
| Credit                                     | Light Pollution Reduction                           | 2            | 2            |
| Credit                                     | Resilience Planning                                 | 6            | 6            |
| <b>TRANSPORTATION &amp; LAND USE</b>       |                                                     | POSSIBLE: 18 | POSSIBLE: 18 |
| Credit                                     | Compact, Mixed Use and Transit Oriented Development | 6            | 6            |
| Credit                                     | Walkability and Bikeability                         | 4            | 4            |
| Credit                                     | Access to Quality Transit                           | 2            | 2            |
| Credit                                     | Alternative Fuel Vehicles                           | 2            | 2            |
| Credit                                     | Smart Mobility and Transportation Policy            | 2            | 2            |
| Credit                                     | High Priority Site                                  | 2            | 2            |
| <b>WATER EFFICIENCY</b>                    |                                                     | POSSIBLE: 12 | POSSIBLE: 12 |
| Prerequisite                               | Integrated Water Management                         | REQUIRED     | REQUIRED     |
| Prerequisite                               | Water Access and Quality                            | REQUIRED     | REQUIRED     |
| Credit                                     | Stormwater Management                               | 5            | 5            |
| Credit                                     | Wastewater Management                               | 5            | 5            |
| Credit                                     | Smart Water Systems                                 | 2            | 2            |
| <b>ENERGY AND GREENHOUSE GAS EMISSIONS</b> |                                                     | POSSIBLE: 31 | POSSIBLE: 31 |
| Prerequisite                               | Power Access, Reliability and Resiliency            | REQUIRED     | REQUIRED     |
| Prerequisite                               | Energy and Greenhouse Gas Emissions Management      | 15           | 19           |
| Credit                                     | Energy Efficiency                                   | 4            | 4            |
| Credit                                     | Renewable Energy                                    | 6            | 6            |

圖 2-28 C &amp; C 計分標準

(資料來源：USBGC 網站)

## LEED for Cities and Communities: Existing Scorecard

| LEED for Cities and Communities     |                                                     | Cities       | Communities  |
|-------------------------------------|-----------------------------------------------------|--------------|--------------|
| INTEGRATIVE PROCESS                 |                                                     | POSSIBLE: 5  | POSSIBLE: 5  |
| Credit                              | Integrative Planning and Leadership                 | 1            | 1            |
| Credit                              | Green Building Policy and Incentives                | 4            | 4            |
| NATURAL SYSTEMS AND ECOLOGY         |                                                     | POSSIBLE: 9  | POSSIBLE: 9  |
| Prerequisite                        | Ecosystem Assessment                                | REQUIRED     | REQUIRED     |
| Credit                              | Green Spaces                                        | 2            | 2            |
| Credit                              | Natural Resources Conservation and Restoration      | 2            | 2            |
| Credit                              | Light Pollution Reduction                           | 1            | 1            |
| Credit                              | Resilience Planning                                 | 4            | 4            |
| TRANSPORTATION AND LAND USE         |                                                     | POSSIBLE: 15 | POSSIBLE: 15 |
| Prerequisite                        | Transportation Performance                          | 6            | 6            |
| Credit                              | Compact, Mixed Use and Transit Oriented Development | 2            | 2            |
| Credit                              | Access to Quality Transit                           | 1            | 1            |
| Credit                              | Alternative Fuel Vehicles                           | 2            | 2            |
| Credit                              | Smart Mobility and Transportation Policy            | 2            | 2            |
| Credit                              | High-Priority Site                                  | 2            | 2            |
| WATER EFFICIENCY                    |                                                     | POSSIBLE: 11 | POSSIBLE: 11 |
| Prerequisite                        | Water Access and Quality                            | REQUIRED     | REQUIRED     |
| Prerequisite                        | Water Performance                                   | 6            | 6            |
| Credit                              | Integrated Water Management                         | 1            | 1            |
| Credit                              | Stormwater Management                               | 2            | 2            |
| Credit                              | Smart Water Systems                                 | 2            | 2            |
| ENERGY AND GREENHOUSE GAS EMISSIONS |                                                     | POSSIBLE: 30 | POSSIBLE: 30 |
| Prerequisite                        | Power Access, Reliability and Resiliency            | REQUIRED     | REQUIRED     |
| Prerequisite                        | Energy and Greenhouse Gas Emissions Performance     | 14           | 18           |
| Credit                              | Energy Efficiency                                   | 4            | 4            |
| Credit                              | Renewable Energy                                    | 6            | 6            |
| Credit                              | Low Carbon Economy                                  | 4            | -            |

14

U.S. Green Building Council

圖 2-29 C&amp;C 既存計分標準

(資料來源：USBGC 網站)

## 五、LEED ZERO 介紹

上述 LEED 的指標群之外，USGBC 為了加強綠建築的設計，推出「淨零 (Net Zero)」的概念也就是鼓勵建築物追求「零碳」、「零耗能」、「零耗水」、「零廢棄物」等規劃，稱為” LEED ZERO”

「LEED ZERO 就像是 LEED 的加強版，用來驗證建築物是否有達到淨零目標，以證明其為綠建築市場上的標竿建築物。」引用自 USGBC 核心技術資深副總裁 Melissa Baker 所述：

### (一)ZERO 是一套「認證系統」，介紹如下

#### 1. LEED ZERO 適用範圍：

- 已經獲得 LEED BD+C 或 LEED O+M 認證的專案
- 已經註冊準備要申請 LEED O+M 認證的專案

#### 2. 資格:而獲得 LEED ZERO 認證，至少需取得以下任一項條件：

- 零碳排放 (LEED Zero Carbon)：必須證明在 12 個月內該建築物因能源消耗或人員移動所造成的碳排放能夠避免或抵消。
- 零耗能 (LEED Zero Energy)：必須證明在 12 個月內該建築物達到耗能為零 (a source energy use balance of zero) 的目標。
- 零用水 (LEED Zero Water)：必須證明在 12 個月內該建築物達到用水為零 (a potable water use balance of zero) 的目標。
- 零廢棄物 (LEED Zero Waste)：必須獲得 TRUE Zero Waste certification 白金級認證。

#### 3. LEED ZERO 的目標

二十多年來，LEED 為高性能建築和空間提供了一個框架，並透過影響土地、能源、交通、水、廢物和材料的等策略來減少溫室氣體排放。在這項工作的基礎上，USGBC 開發了 LEED Zero，LEED 的擴充認證，用以驗證淨零目標。

#### 4. LEED 零碳認可

建築物或空間在 12 個月內從能源消耗和運輸到避免或抵消碳排放的淨零碳排放。

#### 5. LEED 零資源

- **能源**：是指在 12 個月內實現源能源使用平衡為零的建築物或空間。
- **水**：是指在 12 個月內實現飲用水使用平衡為零的建築物。
- **廢棄物**：認可達到 GBCI 白金級[真正零廢物認證](#)的建築。

LEED ZERO 代表了綠色建築的新目標，這不僅是可以實現的，而且是全球 LEED 認證項目的目標。

#### 6. 前提要件

對於追求 LEED 零碳、LEED 零能源和 LEED 零水認證的項目：

- 向 GBCI 提供所需認證所需的 12 個月性能數據。
- 當項目實現零二氧化碳當量 (CO2E) 平衡、零源能源使用平衡和/或零飲用水使用平衡時，團隊將提交 GBCI 審查。

註：GBCI 為綠色商業認證公司 (Green Business Certification Inc.)

#### 7. LEED 零碳認證

欲獲得 LEED 零碳認證，項目必須在過去一年中達到零二氧化碳當量 (CO2E) 平衡：

$$\text{碳平衡} = \text{排放的總碳} - \text{避免的總碳}$$

碳排放是根據交付的能源和乘員運輸計算的。碳避免包括現場產生並出口到電網的可再生能源、場外可再生能源採購和碳補償的購買。現場產生和使用的可再生能源減少了輸送的能量。

項目必須保留所有可再生能源發電或採購的環境效益。表 2-3 為碳平衡的概述。

表 2-3 LEED ZERO 碳平衡表

| 項目   | 類別           | 計算式 |
|------|--------------|-----|
| 排放的碳 |              |     |
| 能量傳輸 | 來自電網的電力      | 1   |
|      | 丙烷           | 2   |
|      | 自然瓦斯         |     |
|      | 燃油           |     |
|      | 煤（無菸煤、瀝青、焦炭） |     |
|      | 蒸氣           |     |
|      | 熱水           |     |
|      | 冷水           |     |
|      | 木材           |     |
|      | 總能量碳排        | 1+2 |
| 運輸   | 走路、單車、通訊     | (0) |
|      | 機車           | 3   |
|      | 重軌           |     |
|      | 2-3 停車場      |     |
|      | 輕軌           |     |

|  |           |                                       |
|--|-----------|---------------------------------------|
|  | 替代燃料汽車    |                                       |
|  | 公車        |                                       |
|  | 汽車        |                                       |
|  | 總運輸碳排     | 3                                     |
|  | (a) 排放的總碳 | 總和 = 能源<br>排放的碳<br>(1+2)+ 交通<br>運輸(3) |

(資料來源：USBGC 網站)

| 避免的碳排                    |           |                  |
|--------------------------|-----------|------------------|
| 現場可再生能源產生並輸出到電網          |           | 4                |
| 異地可再生能源採購                |           | 5                |
| 碳抵消                      |           | 購買碳補償的<br>總 CO2E |
|                          | (b) 避免的總碳 | 4+5              |
| 碳排平衡                     |           |                  |
| 如果差值 $\leq 0$ ，項目可以提交認證。 |           | (a) - (b)        |

(資料來源：USBGC 網站)

## 8. LEED 零碳計算範例：

碳平衡 = 排放的總碳 - 避免的總碳

例如美國波士頓的一座建築每年提供以下能源類型：

- 290 MWh 電力
- 85 MBtu 天然氣

該項目從德克薩斯州的一個風電場以 Green-e Energy 認證的 REC 形式購買了 36 MWh 的電力。

#### 步驟 1. 計算碳排放

該項目通過 Arc 管理乘員交通調查。根據調查結果，計算得出的交通碳排放量為 150,369 lbCO<sub>2</sub>e/年。

將能源轉化為溫室氣體排放：

- 將電能轉化為溫室氣體排放的係數 = 558.2 lbCO<sub>2</sub>e/MWh eGRID 排放因子)----- 1
- 將天然氣轉化為溫室氣體排放的係數 = 116 lbCO<sub>2</sub>e/MBtu-----2

表 2-4 碳排放表

| 來源    | 年消費量    | 計算排放的碳                                | 碳排放總量<br>(lbCO <sub>2</sub> e/年) |
|-------|---------|---------------------------------------|----------------------------------|
| 電力    | 290 MWh | = 290 x 558.2 lbCO <sub>2</sub> e/MWh | 161,878                          |
| 天然瓦斯  | 85 MBtu | = 85 x 116 lbCO <sub>2</sub> e/MBtu   | 9,860                            |
| 運輸    | —       | —                                     | 150,369                          |
| 碳排放總量 |         |                                       | 322,107                          |

(資料來源：USBGC 網站)

## 步驟 2. 計算避免的碳

將場外可再生能源採購轉換為避免碳排放：

- 將電能轉化為溫室氣體排放的係數 = 1,009.2 lbCO<sub>2</sub>e/MWh (eGRID 排放因子)----- 3

註：eGRID 為排放和資源生成數據庫集成，由[美國環境保護署](#)(EPA) 發布

表 2-5 碳避免表

| 來源        | 年消費量   | 計算避免的碳                                 | 碳避免總量<br>(lbCO <sub>2</sub> e/年) |
|-----------|--------|----------------------------------------|----------------------------------|
| 場外可再生能源採購 | 36 MWh | = 36 x 1,009.2 lbCO <sub>2</sub> e/MWh | 36,331                           |
| 碳避免總量     |        |                                        | 36,331                           |

(資料來源：USBGC 網站)

### 步驟 3. 計算碳平衡

碳平衡 = 322,107 1bCO<sub>2</sub>e/年 - 36,331 1bCO<sub>2</sub>e/年 = 285,776 1bCO<sub>2</sub>e/年

該案例的未平衡碳為 285,776 1bCO<sub>2</sub>e/年。

該案例必須增加可再生能源採購和/或投資碳補償，以合格 LEED 零碳認證。

## 六、小結

上述 LEED ZERO 評分方法表現碳足跡在永續綠建築碳排控制的重要性，但僅就過程而言，LEED ZERO 控制了建築使用過程中的碳排，而非製造過程。

建立碳足跡資料庫除了可以系統化整理數據，在規劃建築材料過程中也可以立即計算即時反應碳排結果，若能將建築物生命週期碳足跡列入評分標準，對綠建築大環境會有一定的幫助。

## 第三章 現有碳足跡相關平台彙整

### 第一節 材料與產品碳足跡之計算原理

有關世界各國，在相關碳足跡資料庫的建構方面，於材料碳足跡的盤查統計方法分為兩大系列：

第一種為「製程盤查法」(Process Based Method)，又稱為 PB 法，係直接由資材製造廠商的產量與耗能結構算出碳排量，亦即相當於資材生產線的直接耗能統計。雖然不同資材廠商的耗能效率不盡相同，但以現今產業競爭與節能效率提升下，最終產品耗能效率與碳排量之差異已日漸縮小，因此本方法可視為一種最直接可靠的碳排統計法。但目前由於各種資材廠商之數據提供尚在起步階段、生產線耗能結構的統計不易、統計量龐大之因素，使本統計之難度增高。

第二種方法為「產業關連表統計法」(Input-Output Method)，又稱為 IO 法，係由諾貝爾經濟學獎得主 Wassily Leontief 於 20 世紀 30 年代創立的一種反映經濟系統各部分之間投入與產出數量依存關係的分析方法。其係以政府定期對各種產業間的產值、需求量、交易量、粗附加價值等，所進行的金額相關統計資料等，分析產業活動與周邊影響。而所謂資材碳排的產業關連表統計法，就是利用產業關連表之關係，以相關產業的需求量與資材消耗量，求出對其他資材產業與能源產業的產值、產量之直接、間接波及效果，並因此求出碳排量之方法，目前常被用於計算資材的蘊含能源與蘊含碳排放。

綜合前述說明，PB 法係盤查產品生命週期的能源、物質輸入與產品、污染的輸出，得出產品的環境負荷，其特色在於可透過微觀的過程分析，「由下而上」的盤查法，可求出產品的總環境衝擊量；IO 法則是根據產業的能源及物質的經濟輸入輸出清單，計算產品生命週期的物質及能源投入量和環境負荷，其特徵係以宏觀的全域分析，「由上而下」的盤查法，可視為不同部門的環境衝擊比例。一般而言，PB 法適用於工程單體層面的生命週期碳足跡的揭露，IO 法則適用於產業層面。

而歐洲技術委員會在 2011 的 CEN/TC350 標準卻只推薦 BP 法，因為此法是由下至上的算法，可理解建築物由每一與生命週期衝擊相關的產品與製程組合。是故，本研究在建築碳足跡資料庫的規劃上，以 PB 法作為數據建置之基礎。

## 第二節 現有國內外碳足跡平台案例

### 一、產品碳足跡資訊網(行政院環保署)

為因應國際發展趨勢，並為了促成台灣環保標章、碳標籤、機關綠色採購及綠色消費等政策之推動，我國環保署近年建置符合國際標準化組織(ISO)規範之「產品碳足跡資訊網」與「碳足跡計算服務平台」，目前由財團法人工業技術研究院進行系統之維護。此服務平台的特色在於以免費方式(但須會員登錄)提供查詢與下載，讓產業各界自行引用。另，為協助相關業者克服碳足跡盤查計算的專業與成本門檻，資訊網中的碳足跡計算服務平台，係透過本土係數資料庫之支援，提供線上計算、供應商協同合作、簡式報告產出、數據品質評核及申請碳標籤等功能服務，藉以降低業者產品碳足跡計算所需之時間與成本。而各種產品的碳足跡登載於平台的資料庫前，必須經過環保署所規定之「我國碳足跡排放係數審查作業流程」審核通過，此作業流程分為三個階段，分別為「文審階段」，由碳足跡係數資料庫管理單位，進行備查文件確認與修正；「查核階段」，召集各界學術與產業專家進行碳係數備查文件查核；「審議階段」則是交付環保署推動產品碳足跡標示審議會，由技術小組進行審議，經認可後由環保署依行政程序核可公告，並同步公告於「碳足跡計算服務平台」與「台灣產品碳足跡資訊網」。

目前該平台的功能，已可支應各類產業執行碳足跡計算與分析，且截至 2021 年 11 月為止，已累計共有 995 項品目的碳排放係數建置於資料庫中。與建築產業有關的建材方面，目前包含礦石/石料、窯業製品、塑膠製品、管材、水泥、板材、金屬製品等類別，惟多屬於基本之原料或資材，在運用於建材、設備使用多元的建築工程方面恐有不足，其資料庫上具有內容擴充之空間。

### 二、國外建築碳平台的案例分析

包含前述我國環保署的產品碳足跡資訊網在內，現今國際間有關碳足跡資料庫的搜羅對象多以一般工業製品為主，針對建築產業開發的專用「建築產業碳足跡服務平台」僅有日本 AIJ-LCA。相較之下，各國有關產品碳足跡生命週期評估

之電腦資料庫軟體系統則相對有非常多種，如 Boustead(英)、R. F. Weston (美)、ChemSystems (美)、EMPA (瑞士)、PIRA International(英)、Charlimers Industrietechnik(瑞典)、Environmental Conscious Design Support System(美)、SimaPro(荷蘭)等，都已經發展成熟至商品化，廣為全球各行業所用。然而，前述軟體多以一般工業製品為主要對象，並不適於建築物碳足跡之評估，尤其其數據來源(如各國電力結構的差異等)、解析方法因國情有所差異，若其數據直接引用至國內建築產業碳排診斷，其結果之準確性有待商榷。

另，根據美國建築師協會所出版之"建築生命週期評估實務導論"(AIA, 2012)，其中列舉在美國、澳洲、加拿大、泰國等地被執行過的建築碳足跡評估的 8 個案例分析結果，可看出目前各國的評估工具、能源解析軟體、碳排放資料庫、計算邊界、虛擬情境等，尚處於各自訂定的階段，尤其缺乏公認的比較基準，同時也非建築設計導向的操作機制。是故，適用於世界共通之建築專用的碳足跡評估工具目前可說是尚未成形。

至於在日本的 AIJ-LCA 的開發方面，日本建築學會於 1997 年發起「地球環境行動計畫」，在 1999 年訂立「建築物的 LCA 指針」作為建築物碳足跡評估法 LCCO2 法之標準，其中的建築資材與設備的碳足跡資料庫亦作為計算建物生涯碳足跡的主要依據。另一方面，日本在 2003 年推出本土之綠建築評估系統稱之為 CASBEE(全名為 Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency, 建築環境績效綜合評估系統)，並在 2008 年的版本中正式納入前述的 LCA 指針的計算原理，規定新造建築須進行 LCCO2 評估，該評估計算從建造、使用到拆除和處理廢棄物等整體建築生命週期中的二氧化碳排放量。而針對碳排放的掌握，在 CASBEE 中有兩種計算方式可以選擇：第一種是在 CASBEE 軟體中內建的「標準計算」方法，可根據已輸入到 CASBEE 電子表格中的數據，包含建築基本資料(建築類型、建築面積等)，軟體會自動對 LCCO2 的進行簡化估算；第二種則是「個別計算」，則需提供建築物全生命週期的二氧化碳排放量(kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>/年)。無論是用前述哪一種計算方法，新建建築的碳排結果，均必須與 CASBEE 中的「基準建築」比較，而此基準建築的碳排數據是來自那些滿足日本節能法規定的業主評估標準的建築，將符合建築節能法規定的建築物作為基準，再與要評估的建築物進行比較，以百分比的方式呈現評估目標與基準案之間的差

異，以得到分數結果。

綜合以上說明，目前唯有日本建築學會的 AIJ-LCA 資料庫軟體是國外建築專用的碳足跡評估工具。然而，它雖有龐大的建材、設備、施工的碳排資料庫、精細的生命週期碳排解析理論、良好的減碳設計診斷與建議功能，但因為資材數據、氣候條件、建築節能指標、營建構造之差異，日本的 AIJ-LCA 也不適用於台灣，這也是本研究必須研發本土化建築碳足跡標示工具的原因。

### 三、建築產業碳足跡服務平台

依據前面內容之說明，針對地球暖化的延緩與控制以成為全球性之課題，是故各國在低碳策略方面多以生產活動或生命週期之明文化的碳揭露為初期目標，進而提出生產面、政策面之減量對策。我國環保署於近年已針對各種產品提出近千項的碳足跡資料與試算平台，惟牽涉建築生產相關之材料、工法、設備等數據較少。而國際上適用於建築碳足跡計算之資料庫雖以日本之 AIJ-LCA 建置最為健全且與現有綠建築評估制度(CASBEE)結合，但其數據之引用恐不符我國現況。有鑑於此，本研究在內政部建築研究所指導下，建構包含本土建材資料庫在內的「建築產業碳足跡服務平台」，以政府與民間之建築營建相關部門為服務對象，運用資訊科技提供創新服務，提供動態即時之建築產業碳足跡資訊與評估之輔助，未來可善用於低碳建築、低碳建材、低碳工法、低碳設計、低碳管理之產業認證，其內容說明如下所述。

#### 一、平台架構與定位

本研究以運用 worldwide-web 為媒介，以網際網路及資料庫整合應用技術，採用 Web-Based 架構，支援 XML 的標準格式，建置建築產業碳足跡服務平台，建構一具延展性及擴充性之碳足跡資料庫管理系統，以達到資料之互通及資源之共享，並具備未來資訊改造之共用系統需求。而在使用者的設定方面，為考量安全性與後台管理/分析，本平台以鎖定 IP 位址為前提，藉由免費登錄式之「會員制」，結合數位憑證功能，提供身分認證之相關應用及憑證等級的資訊安全，以達

到會員系統與資料庫的機密性、完整性與不可否認性。

有關平台的系統需求方面，應用軟體置於伺服器端，後端為碳足跡資料庫，在使用者端，僅需安裝網頁瀏覽器(Web Browser)，不需另外安裝其他附加元件，以簡化維護作業；在支援使用者端介面上，可在中文視窗環境相關的電腦作業平台，完全利用瀏覽器進行資料庫線上查詢相關資料處理。而在管理端的系統需求上，則以 AP-Server (應用程式伺服器) 配合 L4 網路設備，作資料分流以維持系統穩定度，並以網路儲存設備(NAS)做為 AP-Server 的檔案儲存、共用及資料備份等工作。

而有鑑於近年各國網路系統的安全性日益受到重視，本平台針對資安與緊急應變在功能上的因應如下：首先在於確保資料傳送過程中的加解密以保障資料傳送安全；資料庫資料電子檔案放置於檔案伺服器時，提供建築產業碳足跡資料庫本文檔及加密安全控管，加密方式採用 AES、DES 等；系統本身，可防範相關資安漏洞（例如 SQL-Injection、Cross-Site Scripting）與木馬程式；系統必可防止使用者在網址列，及帶參數方式以別的使用者帳號進入系統網頁破壞、新增、修改、刪除、查詢及列印系統任何資料；以及可提供系統資料每日之伺服器本機與異地備份、資料回復功能，以及系統毀損(例如硬碟、伺服器故障)、災害(例如火災、地震)時，可於一定時間(4 小時)內復原處理機制等。

目前本研究所開發之平台依據使用者之需要，分為電腦版與手機版等兩種介面，其功能與內容完全相同；平台架構分為「網站前端」、「管理控制台」、「碳排資料庫」、「會員專區」等四大項目。內容如下所述：

- (一) 前端功能：係為服務平台的首頁，以「關於我們」(敘述平台成立背景、建置目的與碳揭露有關法源依據)、「碳動態」(碳足跡評估相關活動與研習資訊)、「碳資料庫」(以會員與否設定可閱覽權限)、「聯絡我們」等項目構成。
- (二) 管理控制台：提供後台進行管理，功能總覽計有管理區首頁(針對會員的背景以圓餅圖顯示比例)、選單列表、主題文章、碳動態、會員資料、碳排資

料庫、碳排點閱率、引用清單管理、點閱列表等功能。

(三) 碳排資料庫：目前計有初級資材、建築構件、景觀構件、室內構件等四類資料庫，共 1003 筆碳排數據。本產業平台依據會員與否設定可閱覽之內容。

有關資料庫之內容將於後節敘述之。

(四) 會員專區：「會員專區」設有申請帳號、忘記密碼查詢、登入系統與平台聯繫資訊之服務。會員在經過註冊、確認隱私權政策後，可瀏覽全資料庫內容之餘，亦能利用「會員個人碳排資料庫」的功能新增或編輯個人專屬之建材資料庫並查看細項(含圖片)，而在資料庫中收集完竣所需碳排數據後，即可自動建立清單，此為提供會員引用資料庫內容之重要依據，系統會自動提供 QR-code 形式之專案碼作為管理依據。



圖 3-1 建築產業碳足跡服務平台首頁畫面



圖 3-2 平台「會員專區」資料庫內容瀏覽示意圖

| 碳足跡資料庫引用項目表 |     |        |                                                                 |    |            |                                                                                      |
|-------------|-----|--------|-----------------------------------------------------------------|----|------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| 專案名稱*       |     |        | 例：綠色魔法學校                                                        |    | 資料庫<br>專案碼 |  |
| 專案編號        |     |        | 例：BCFd20200001                                                  |    |            |                                                                                      |
| 查詢單位*       |     |        | 例：大明建築師事務所                                                      |    |            |                                                                                      |
| 查詢人*        |     |        | 例：林大明                                                           |    |            |                                                                                      |
| 查詢mail*     |     |        | 例： <a href="mailto:123456789@gmail.com">123456789@gmail.com</a> |    |            |                                                                                      |
| 聯絡電話*       |     |        | 例： <a href="tel:06-2760000">06-2760000</a>                      |    | 有效期限       | 2020/1/1-2020/12/31                                                                  |
| No.         | 代入式 | 材料/工法* | 引用資料庫項目                                                         | 系統 | 分類         | 總碳排 碳排單位                                                                             |
| 1           | Cfe | 塑膠     | PVC原料                                                           | 原料 | 化學塑膠       | 2.21 kg                                                                              |
| 2           | Cfe | 貼石材牆面  | 貼石粒/石版/石片/天然文化石片                                                | 室裝 | 牆面裝修       | 12.73 m²                                                                             |
| 3           | Cfe | 牆面貼鏡面  | 貼鏡面                                                             | 室裝 | 牆面裝修       | 13.81 m²                                                                             |
|             |     |        |                                                                 |    |            |                                                                                      |
|             |     |        |                                                                 |    |            |                                                                                      |
|             |     |        |                                                                 |    |            |                                                                                      |

圖 3-3 平台「會員專區」資料庫內容引用清單示意圖

二、資料庫架構與內容

納入本平台之資料庫，包含「初級資材碳足跡資料庫 P-LCC」、「建築構件碳足跡資料庫 B-LCC」、「景觀構件碳足跡資料庫 L-LCC」、「室內裝修碳足跡資料庫 I-LCC」等四類碳足跡資料庫。此資料庫係依照 EN15978 所規定的境界條件建置而成。EN15978 對 EC 之計算範疇如圖 4 所示，亦即以產品、施工、使用維護、生命終結等四階段，為其必要計算的境界件，但也可額外加入建材回收再利用之評估，形成五階段計算範疇(此第五階段為選擇性的額外優惠計算項目)。其中，

前四階段必要評估的內容為：

- 資材製造階段：含原物料開採(A1)、運輸(A2)、材料製造(A3)
- 施工階段：包含資材的運輸(A4)、施工製程(A5)
- 使用維護階段：建材設備的使用碳排(B1)、維護(B2)、修繕(B3)、替換更新(B4)、改造(B5)、能源使用(B6)、水資源使用(B7)
- 生命終結階段：含拆解(C1)、運輸(C2)、廢棄物回收(C3)、廢棄物最終處理(C4)
- 邊際外效益：回收使用、再生使用、重複使用等，係屬額外優惠計算項目。

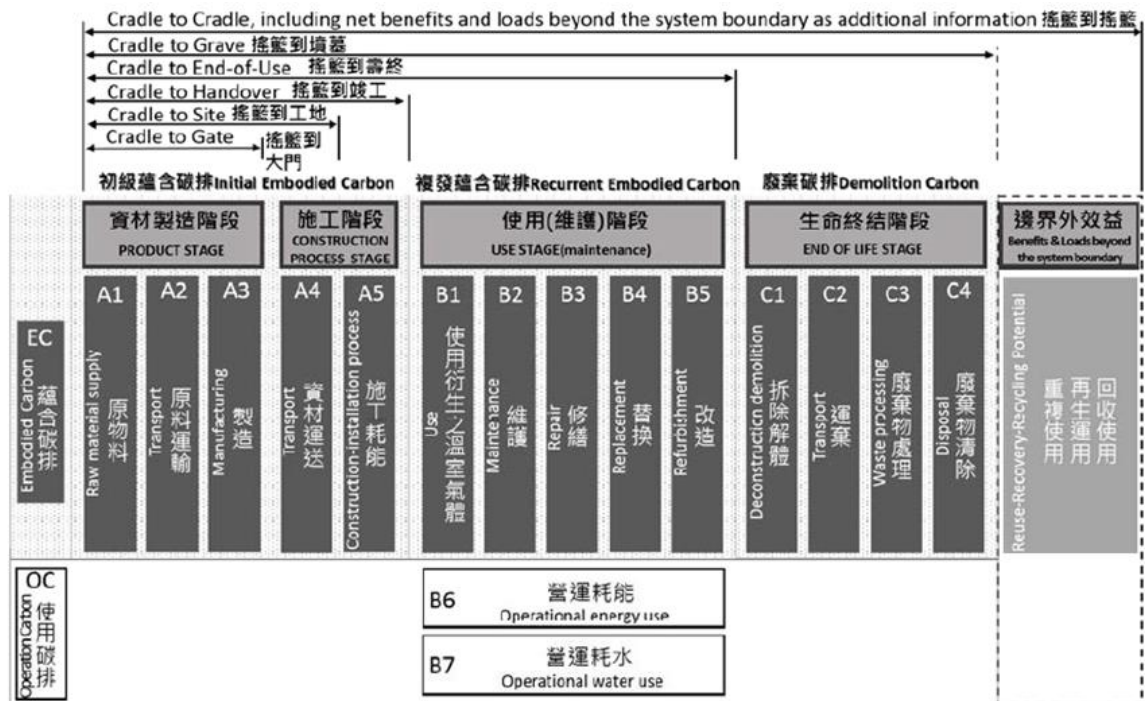


圖 3-4 EN15978 建議蘊含碳排 EC 的計算境界條件

本研究建置之資料庫欲作為我國建築產業碳足跡計算之共通標準，故針對建築營造、室內裝修、景觀園藝等內政部營建署主管範疇之產業，優先建構三大產業共通之「初級資材碳足跡資料庫 P-LCC」，而後建構「建築構件碳足跡資料庫 B-LCC」、「景觀構件碳足跡資料庫 L-LCC」、「室內裝修碳足跡資料庫 I-LCC」，共計四類碳足跡資料庫。上述資料庫中，因實務簡化計算上之需要，分別有「搖籃到工地」與「搖籃到竣工」等兩種範疇。前者包含圖所示的 A1~A4 項目的碳排，

後者則是 A1~A5 項目的碳排。其差異在於對景觀、室內裝修工程等兩類資料庫，為了減少其複雜的施工碳排計算，事先將 A5 項的施工碳排併入資料庫內。其原因在於景觀、室內裝修兩類工程的施工碳排，係隨著工程構件項目一對一產生，因此將其併入構件整體的碳排數據中就可免除使用者再一一盤查計算其施工碳排，將帶給日後的碳足跡 LCA 很大的方便性。然而，建築構件的施工碳排是伴隨著假設工程(例如吊車、施工電梯等)、地下室土方等整體工程所衍生，無法分散入工程構件的碳排數據，因此只能以「搖籃到工地」為範疇，其施工碳排必須另在 LCA 中進行解析，其說明以表 1 所示。

表 3-1 四類資料庫與碳排計算範疇

| 資料庫內容    |            | 內容列舉     | 計算範疇                  |
|----------|------------|----------|-----------------------|
| 材料<br>層級 | 初級資材碳足跡資料庫 | 鋼筋、水泥、紅磚 | 搖籃到工地                 |
|          | P-LCC      |          | Cradle to Site        |
| 構件<br>層級 | 建築構件碳足跡資料庫 | 隔間牆、門窗   | 搖籃到工地                 |
|          | B-LCC      |          | Cradle to Site        |
|          | 景觀構件碳足跡資料庫 | 道路、鋪面、棧道 | 搖籃到竣工                 |
|          | L-LCC      |          | Cradle to<br>Handover |
|          | 室內裝修碳足跡資料庫 | 天花板、和式地板 | 搖籃到竣工                 |
|          | I-LCC      |          | Cradle to<br>Handover |

資料來源：本研究整理

本研究之四個資料庫內容，其係多為國立成功大學建築系林憲德講座教授與研究室歷時十餘年所建置，四個資料庫中目前總計登錄 1003 項目，以初級資材 523 項(52%)為最多，其次依序為室內裝修構件 193 項(19%)、建築構件 151 項(15%)、景觀構件 136 項(14%)。在各資料庫中佔比最高的前三位由高至低排序，

在初級資材資料庫 P-LCC 中為水泥類、運輸類、加工板材類；室內裝修資料庫 I-LCC 為板材櫥櫃類、天花裝修類、牆面裝修類；建築構件 B-LCC 為昇降設備類、帷幕類、屋頂外裝類；景觀構件 L-LCC 則是表層結構類、擋土與護岸類、景觀照明類。

綜上所述，目前所完成的資料庫中以「初級資材碳足跡資料庫 P-LCC」較為完整，其餘三項資料庫雖已有基本之常用材料碳足跡數據登錄，但為因應建築生產使用材料、工法之多樣性，其數量與種類有待陸續擴充之。本研究以 P-LCC 為例，就其建置方法與內容列舉說明如下：

- P-LCC 所涵蓋的內容為 EN15978 所定義之「搖籃到工地」之範疇，亦即包含圖所示 A1~A4 之碳排項目。
- 有關 P-LCC 在初級原材料上，如水泥、木材等材料依照建材工業製程之 PB 法建置而成，部分如玻璃等材料依廠商提供之耗能與產量換算而得，如合板、隔間牆等二次組合材料或工程構件則由材料構造圖與施工圖計算而成。
- 若有國內環保署或更高公信力機構之碳足跡盤查資料(通常包含 A1~A3 碳排資料)，則優先採納並加入 A4 碳排計算資料，做成搖籃到工地形式才能加入 P-LCC 當中。
- 若有環保署公告之產品碳標籤之碳足跡資料(通常包含 A1~A3 碳排與廢棄物處理碳排)，則扣除其中廢棄物處理階段碳排，再加入 A4 碳排計算資料，彙整成搖籃到工地形式而加入 P-LCC 當中。
- 部分有關環保署公告之碳足跡資料，例如鋼鐵與水泥等，僅明示生產階段之碳排，為使其盤查範疇一致，本研究特別額外由 SimaPro 資料庫加入原材料開採之碳排數據，同時也加入由運輸距離所換算之運輸碳排，成為 P-LCC 資料庫。

前述的 P-LCC 大多為建築工程常用之基本資材，例如混凝土、鋼筋、合板、矽酸鈣板、石膏板等。但在建築產業亦常使用如輕隔間牆、貼磁磚、高架地板等

多種建材組合而成的複合式構件。而這些構件的碳足跡很難由設計者自由組合計算而成。為了建築碳足跡產業推廣，本研究未來亦積極擴充此構件碳排資料庫之內容，本研究目前規畫此構件碳排資料庫為今後第二階段的發展計畫。

而構件碳排資料庫之擴充，最關鍵在於建置標準化的建築構件圖面資料(例如剖面詳圖)，然後依此圖面系統累算其一次建材之碳排數據即可。雖然理論上構件在組合程序上內含一些加工碳排，如攪拌、搬運、固定等小機器運轉所生的碳排，但是國際上均認為這些碳排均非常小而可以被省略。例如，皇家特許師協會(RICS)在 2012 年建議構件碳排資料庫之建置法如圖 3-5 所示，此法即為相關構件碳足跡資料庫的建置法，其標準內容之說明如下述。

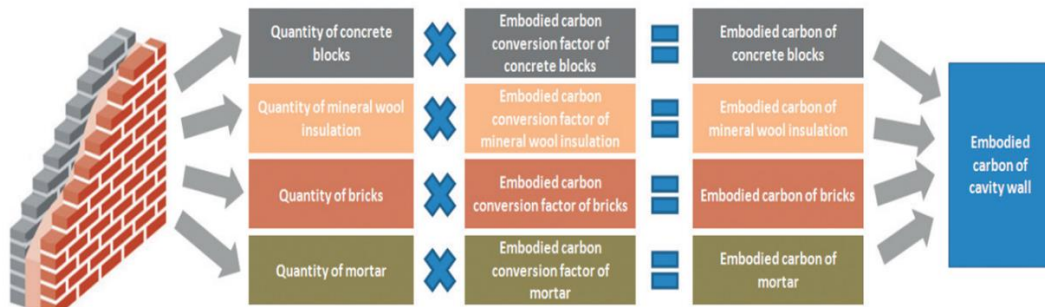


圖 3-5 RICS(2012)建議之構件碳排資料庫之建置法

### 三、各構件碳足跡資料庫的建置作業標準

#### (一) 建築構件碳足跡資料庫 B-LCC 建置作業標準

「建築構件碳足跡資料庫 B-LCC」為搖籃到工地範疇、不含現場施工碳排的數據。儘管建築構件在組合程序上可能內含一些加工碳排，但如同前述，這些碳排均被視為非常小故可被省略(如 RICS 於 2012 之建議)。而建築構件的碳排數據只要由施工圖計算各材料的數量，並由 P-LCC 找到材料的碳排，然後累算其碳排即可。另，必須注意的是建築構件應依據 PAS2050 與 EN15978 所定義之「功能單位」來建置碳排資料，此目的係為了有利於計算評估上的便利性，基本上只要依據工程實務上常用的估算單位標示即可。例如，大部分建築構件的單位碳排均以「 $m^2$ 」計之，十分方便於業界的實際使用。

## (二) 景觀構件碳足跡資料庫 L-LCC 建置作業標準

「景觀構件碳足跡資料庫 L-LCC」為搖籃到竣工範疇，必須內含現場施工碳排的數據。景觀構件初級原材料的碳排可輕易由 P-LCC 取得，但其施工碳排必先分析景觀構件的機具施工程序、機具碳排係數，再累算其施工碳排量。尤其景觀工程之施工機具為推土機、山貓、怪手、壓路機、吊卡車等大型機具，較難由設計者或評估者自行盤查計算其施工碳排，因此 L-LCC 必須為其代勞，以「標準化施工理論」將施工碳排內含於資料庫內以免其繁雜之計算。本研究所提之「標準化施工理論」，即是針對每一工程構件建立標準化的施工圖、施工程序，然後依此訂出正確的施工機具與工作量來統計其施工碳排量。後續建置景觀構件之碳排資料時，依下述步驟執行之：

### 1. 確立景觀構件的標準施工圖

每一工程構件必須有標準化的施工圖，才能建立其標準化的碳排數據，其圖面應該是最合乎相關施工規範且市面上最常見的圖面才具代表性。

### 2. 確立景觀構件的標準機具施工程序

景觀構件的施工碳排計算必先正確掌握景觀構件的機具施工程序並累算每一程序的碳排量，其程序最好能請教老練的施工估算專業者，先由標準施工圖訂定景觀構件的標準機具施工程序。例如某一廣場的乾砌石板步道鋪面(底層為碎石路基)，其施工程序為：①以夯實機將底土整平夯實、②由傾卸貨車運來需要的碎石級配、③以山貓鏟裝機(3t)鋪成 10cm 厚的碎石基底層、④膠輪壓路機(8.5-20t)壓地、⑤三輪壓路機(10-12t)壓地、⑥以二輪壓路機(6-8t)壓路、⑦以履帶式平土機(寬 3.8m)整平路面、⑧襯墊砂、⑨鋪設石板。而在此共計九個的程序中，②碎石、⑧砂、⑨石板被歸入材料碳排計算範疇，其他尚有六個程序必須依下累算其施工機具的碳排。

### 3. 確立施工機具之單位時間工作量與碳排放密度標準

有關施工機具之單位時間工作量亦即其工作效率，單位為每小時的工作量

m<sup>3</sup>/hr 或 T/hr。基本上，其工作效率與土質、工作環境、作業循環時間、坡度、運距等條件的不同，存有相當程度之差異，但本研究所界定的景觀工程，暫設定於城鄉環境平野地區，其條件相對單純故可採用標準化條件設定之。所採用的機具單位時間工作量分析法，係依據以下文獻：行政院農委會水土保持局 2015 年版的「工程預算書編製原則及工料分析手冊」、台北市政府工務局 2010 版的「工料分析手冊」等內容作為標準進行計算。所採用的標準化條件乃依據一般建築開發用地情況設定，例如以普通土、平地、30m~40m 工作距離、一般機械作業效率、柴油碳排係數 2.58kgCO<sub>2</sub>/L 來標準化此工作量與碳排放密度之計算。

#### 4. 由標準施工圖計算施工量與標準施工碳排量

依上述機具施工程序，由標準施工圖可算出每一機具之施工量，再乘上其碳排放密度標準並累算之後，即成為該工程設施之施工碳排量。

#### 5. 計算最終構件碳排數據

最後藉由標準施工圖可算出每一層的初級原材料用量，其 A1~A4 的碳排數據可輕易由 P-LCC 取得，加上前項機具碳排量(即 A5 碳排)，即成 L-LCC 數據。

有關景觀構件碳排量之計算，本研究以「乾砌石板鋪面表面+碎石路基底層」工程為例，以表 3-2 與表 3-3 說明之。

表 3-2 景觀工程之碎石路基的碳排表(單位: kgCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>)

| 路基   | 材料或施工機具說明         | 細項碳排 | 碳排標準 |
|------|-------------------|------|------|
| 碎石路基 | 平土機               | 0.08 | 6.36 |
|      | 二輪壓路機 (6-8t)      | 0.04 |      |
|      | 三輪壓路機 (10-12t)    | 0.05 |      |
|      | 膠輪壓路機 (8.5-20t)   | 0.06 |      |
|      | 山貓鏟裝機施工，重 3t      | 0.14 |      |
|      | 步道碎石級配底層 (T=10cm) | 5.93 |      |
|      | 底土整平夯實施工          | 0.06 |      |

資料來源：截錄自 L-LCC 碳排資料庫

表 3-3 景觀工程乾砌石板鋪面表面+碎石路基地層的碳排表(單位:  $\text{kgCO}_2\text{e}/\text{m}^2$ )

| 材料   | 厚度   | 細項<br>碳排 | 碳排<br>標準 | 圖面 |
|------|------|----------|----------|----|
| 防腐硬木 | 16cm | 30.74    | 31.46    |    |
| 襯墊砂  | 5cm  | 0.72     |          |    |
| 碎石路基 | 10cm |          | 6.36     |    |

資料來源：截錄自 L-LCC 碳排資料庫

## (二)室內裝修碳足跡資料庫 I-LCC 建置作業標準

「室內裝修碳足跡資料庫 I-LCC」為搖籃到竣工範疇，必須內含現場施工碳排的數據。室內裝修初級原材料的碳排數據可由 P-LCC 取得，但其施工碳排很小且難以盤查計算，因此 I-LCC 必須為其代勞，以「標準化施工理論」將施工碳排內含於資料庫內以免其繁雜之計算。

有關室內裝修的施工，可分為「泥作類」與「金屬木作類」兩種。前者之現場施工僅使用攪拌機等小工具而大部分均仰賴人力完成，其施工的碳排微小，而根據 PAS2050 規定，人力不被計入碳足跡，因此 I-LCC 省略泥作類工程之施工碳足跡計算。另一方面，後者之金屬木作類工程則常使用工作鋸台、線鋸機、電鋸、電鑽、打磨機、研磨機、拋光機等較大功率之切割、接合、研磨機具，其施工碳排必須被考量。綜合上述，I-LCC 的施工碳足跡主要鎖定金屬木作類工程來計算之。有關 I-LCC 的施工碳排的掌握，本研究以專業工匠問卷方式，就室內裝修之單位構件整理得出「標準工時」，單位為「人天/m」或「人天/m<sup>2</sup>」，再乘上「施工碳排密度 3.48kgCO<sub>2</sub>e/人天」。此「施工碳排密度」，意即一個工匠在一單位工作天的施工排碳密度，係由林憲德教授之研究團隊於過去調查四個室內裝修案場所得的機具碳排數據(參照表 4)。更具體的 I-LCC 建置作業標準如下：

1. 任一室內裝修構件必先繪製標準化的施工圖。
2. 由施工圖可詳細計算每一層之原材料量，並由 P-LCC 取得其每一原材料之碳

排數據，全部累加之後即為該構件 A1~A4 合計之碳排數據。

3. 依據室內裝修構件之屬性，如表 4 所示取得該構件應有的施工碳排密度(此為 A5 碳排數據)。
4. 前兩項合計之後即為該構件之 I-LCC 數據。

3-16(單位: kgCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>)

| 裝潢種類          | 單位                | 平均標準工時(人天) | 施工碳排密度 |
|---------------|-------------------|------------|--------|
| 實木地板          | 10 m <sup>2</sup> | 1.6        | 0.557  |
| 辦公高架地板        | 10 m <sup>2</sup> | 2.8        | 0.974  |
| 明架系統天花        | 10 m <sup>2</sup> | 0.8        | 0.278  |
| 夾板木作天花        | 10 m <sup>2</sup> | 1.4        | 0.487  |
| 12cm 木骨架合板隔間牆 | 10 m <sup>2</sup> | 1.7        | 0.591  |
| C 型鋼矽酸鈣板隔間牆   | 10 m <sup>2</sup> | 1.2        | 0.417  |

資料來源：截錄自 I-LCC 碳排資料庫

## 第四章 專家會議彙整與對策建立

### 第一節 專家會議彙整成果

#### 一、第一階段專家座談會內容彙整

為充分瞭解目前在碳足跡資料庫實際運用現況、資料庫內容的後續精進、碳足跡產業平台之後續營運建議、以及碳揭露與相關標章之接軌等議題，本研究以專家座談會之方式凝聚意見與共識，作為後續對策建立之重要參考。而為顧及建議之客觀性與實用性，專家之選擇涵括產、官、學之三領域。

首先，第一階段的座談會主要以產業界人士為對象，特別鎖定於曾運用相關工具與系統之業主、設計單就其經驗回饋進行分享，以及針對未來將碳揭露納入現有標章制度的看法做為討論主軸。因目前建築法規中有綠建築、綠建材的相關施行制度及規定，而低碳建築認證尚未有強制性，在持續推廣低碳建築認證的前提下，未來本研究規劃將碳排資料庫交給內政部建築研究所管理並由所方授權至第三方公正單位執行營運事宜。由於綠建築標章、綠建材等標章目前執行多年，已建立其法制化、公信力及知名度，故本研究旨在探討低碳建築與現有機制接軌的可行性，並希望能對碳排資料庫實際使用之可優化之處進行探討。

如同前述，為尋求訪談對象之代表性以聚焦特定課題，第一次座談會聚焦為曾從事低碳建築評估與資料庫運用之業主方承辦主管、設計單位為主要對象。第一次邀集之專家代表分別為台糖台南區工程處「沙崙循環住宅」專案經理蘇建儒先生、九典聯合建築師事務所永續長王冠穎女士、陳柏誠建築師、廖文瑜建築師，共計四位；舉行時間為 2021 年 6 月 25 日下午七點，以視訊方式進行。題綱設定如下所示：

- 針對目前使用建築產業碳足跡服務平台之碳排資料庫計算建築碳足跡的現況與回饋。
- 提出設計操作實務與方案檢討上，建議碳排資料庫中可增加之內容。
- 「碳揭露」融入現有標章制度(如綠建築、綠建材標章制度)之看法。
- 其他：建築碳足跡計算於業界之施行狀況。

座談會彙整成果如下所述：

### (一) 碳足跡計算/認證的動機與市場誘因

有關碳足跡計算與認證的動機方面，蘇建儒先生表示目前可切分為公部門與民間工程不同之模式，前者主要以公共工程委員會在轄下土木/建築工程曾採行「碳足跡試辦作業」，以教育部為例，曾要求國立臺北科技大學針對精勤樓新建工程就其設計階段與施工階段結合碳評估與碳盤查作業，是故結合當時之低碳建築聯盟所訂定之低碳建築認證進行相關作業；而在地方政府方面，如台中市政府低碳辦公室就「水楠經貿園區」的新建築開發，要求須通過低碳建築之認證。此為公部門公共工程與建築碳評估作業結合之代表案例，為後在政策可否持續推動則有待進一步觀察。在民間機構方面，一般開發商或企業以碳足跡評估作為建案設計參考的較少，較具代表性者為有二，一為瑞助營造關係企業瑞恩開發嘗試於產品開發與設計階段投入生命週期環境負荷與生命週期成本量化之定量評估，以作為企業形象建立、掌握能源與碳排放趨勢之重要工作；另一則為台糖關係企業之開發集團欲推動建築生產與「循環經濟」之結合，故於「沙崙循環住宅」運用相關手法進行減碳可行性之評估。

然而專家一致認為綜觀整體市場與業界動態，對於碳足跡之評估執行尚屬少數，若欲將其理念持續推動，則法制化為一可行之方向，但考量若另建構其新的標章制度，需考量業界的反應。是故，將其結合於目前的綠建材標章與綠建築標章係為一個可行的方向。但在前者方面，建議目前綠建材標章下新建「低碳建材」項目，但需要事前之政策知會；而在綠建築標章方面，是否針對「二氧化碳減量指標」的內容，以現有的碳排資料揭露，作為取得該項指標的「替代方案」，專家們目前並未就此議題取得共識。

### (二) 碳足跡資料庫與現有技術的結合

專家們一致認為碳足跡資料的運用，其最終目的在於在設計成果完成「綜合考量整體建築性能的前提下，建構低碳的較佳建築方案」。王冠穎女士與廖文瑜

建築師於設計階段中可反覆運用資料庫中的資訊作為過程中的重要參考，可幫助建築師與業主做正確之決策判斷，亦建議未來於產業平台、資料庫的運用與優化方面，可結合建築資訊呈現系統(BIM)在設計前期就給設計者回饋。惟此作業牽涉技術層面，建議未來可與建築師公會或相關推廣機構商討其可行性。

### (三) 資料庫內容的擴充與優化

經過專家群在資料庫運用之回饋，大致上可優化的內容在於可持續擴充建材、室內、景觀等類別的資料庫內容。陳柏誠建築師認為以目前的內容觀之，其比例以一般材料或原料為多數，近年雖持續強化或增加項目，但在實際的設計檢討與方案選擇方面亦有不足之處。例如在實務層面的運用上，目前在資料庫方面有必要就「景觀工程」的項目進行內容的增加。另，針對建築物內建材的選擇，常偏重於材料的防火時效檢討，但目前可對應的資料庫內容較為有限；而有關近年建築技術規則公告實施「分戶樓板衝擊音」的規定，建議未來在相關新材料陸續問世時，追加其碳排內容。

## 二、第二階段與第三專家座談會內容彙整

第二、第三階段的座談會主要則是以熟悉碳足跡評估之建築環控、建築構造領域之學者專家與官界人士為對象，討論題綱分別為資料庫內容的持續精進與管理(包含後續擴充方向與資料庫的審核機制)、碳足跡產業平台的後續營運(包含技術移轉的可行性及收費機制與標準)、碳揭露與綠建築/綠建材標章之接軌等項目。本次座談會邀請專家分別為內政部建築研究所環控組羅時騏組長、高雄科技大學營建系廖婉茹教授與謝秉銓教授、高雄科技大學副總務長翁佳樑教授、台北科技大學設計學院院長黃志弘教授、台北科技大學建築系系主任邵文政教授、成功大學建築系葉玉祥教授與潘振宇教授，共計八位，舉行時間為2021年10月15日下午二時三十分，以視訊方式進行；第三階段則是邀請成功大學建築系蔡耀賢教授、潘振宇教授、葉玉祥教授就後續碳足跡資料庫之擴充與運用進行討論，舉

辦時間為 2021 年 11 月 24 日下午一點，地點為建築科技大樓六樓會議室。其內容彙整如下：

### (一)有關資料庫內容的持續精進

專家們一致認為未來在碳排資料庫內容的擴充上有其必要性。黃志弘院長認為近年因中美貿易戰等事件形成全球高科技工業之供應鏈產生重組，台灣近期有大量相關產業之廠房興建，目前資料庫對於其使用的廠房建築材料碳數據較為缺乏，故建議可進行擴充，因為廠商的生產設施的低碳化貢獻可回應至企業本身的 CSR 等社會責任貢獻。葉玉祥教授則表示有關「新工法新材料」的碳足跡評估在未來有其必要。翁佳樑教授與謝秉銓教授則認為目前在資料庫中已有高達一千多筆的數據，但考量建築生產、材料使用的複雜性與產品的推陳出新，光憑藉學界與官界進行計算/評估的速度將趕不上需求，是故，應非僅藉由學校、官方或第三公正單位計算，而是需要更多的民間廠商提供產品碳足跡的自評，而學界等則扮演審視與把關之角色。翁佳樑教授、葉玉祥教授與蔡耀賢教授同時建議未來碳足跡資料庫與 BIM 系統結合，藉由元件庫的充實可促進普及化，以及結合現有公共工程 PCCES 估算系統，使其成為設計過程之檢討/回饋之工具。另，潘振宇教授則提醒某些企業在近年「碳補償」的機制下，其產品的碳排數值有降低之可能，是故，資料庫的定期更新與維護也是必要的。

### (二)碳足跡產業平台的營運方向

專家們除了對資料庫本身的擴充與維護表達意見以外，有關碳足跡產業平台的營運方面，邵文政教授則是建議若平台本體未來朝向技術移轉至第三公正團體，除了基本的費用如軟體維護與更新之所需以外，對於新材料碳足跡審查的成本亦須考量；另應盡可能達到碳足跡概念的普及，包含實務界與教育界的雙軌推動，如結合學校課程等，例如綠建築標章與綠建材標章的改版立即回應至系所相

關課程，如此同步使用、同步學習，才有更為普及之可能，而當市場的接受度高，技術移轉才會有更大之利基。

### (三)碳揭露與綠建材、綠建築標章之接軌

本研究團隊在座談會中提出以目前低碳聯盟所推動的低碳建築評估、或是規量化計算建築物主要資材製造/運輸碳足跡，作為綠建築標章之二氧化碳減量指標的替代方案。廖婉茹教授則提醒目前的二氧化碳減量指標計算方法難度較低且業界已習用，若是以碳足跡的量化計算方式則需考量市場之接受度。另在與綠建材標章的接軌方面，翁佳樑教授與邵文政教授皆認為可行。邵教授更進一步表示，相較於建構一個新的「低碳綠建材標章」，將材料碳揭露的義務納入標章申請的「通則內容」當中可行性較高。其原因在於若另訂標章則另需建構一套新的審查機制，對廠商而言亦衍生額外維護該標章的成本，但須事先在政策上有所宣導與溝通以形成共識，否則易衍生誤解或反彈。

然而，就此點而言，本研究在期末審查階段，部分審查委員認為，以目前綠建材標章之評定分類，生態類及再生類屬環境永續軸向，具低碳及減碳效益；高性能(隔熱、透水)亦有間接低度減碳效益外，健康類屬人本健康軸向，尚無實質減碳功能，但通過數量占比達 75%以上。故 GBM 與碳揭露建議採取分類別結合方式為宜。若將生態類及再生類合併為低碳類，則與碳揭露結合較為名符其實，且接受度較高。惟不建議納入「通則」當中辦理。

## 第五章 資料庫之新增項目建置

### 第一節 建築碳排資料庫現有內容盤點

在目前所建置之建築產業碳足跡服務平台的資料庫中，共有室裝、建築、原料、景觀四大項目之分類碳排放資料，資料量合計 1003 筆，其中，現階段以原料佔比最多。

表 5-1 現有項目數量統計表

|    |      |
|----|------|
| 室裝 | 193  |
| 建築 | 151  |
| 原料 | 523  |
| 景觀 | 136  |
| 總計 | 1003 |

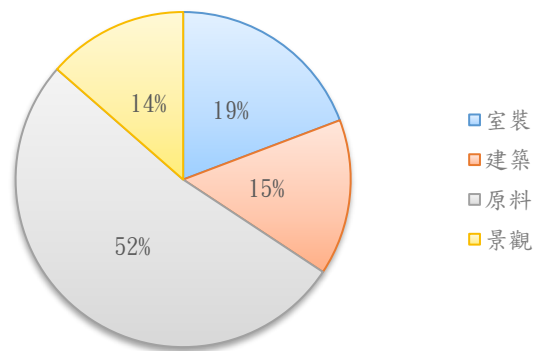


圖 5-30 現有項目數量統計圓餅圖

室裝方面在各種類都有平均且齊全的碳排數據，板材櫃體因本身使用頻率較高、變化形式也多，故擁有最高的佔比。

表 5-2 室裝項目分類統計表

|            |    |
|------------|----|
| (板材鋪作)地坪裝修 | 25 |
| (泥作)地坪裝修   | 9  |
| 分間牆        | 11 |
| 天花裝修       | 35 |
| 板材櫥櫃       | 76 |
| 金屬管櫃       | 14 |

|      |     |
|------|-----|
| 牆面裝修 | 23  |
| 總計   | 193 |

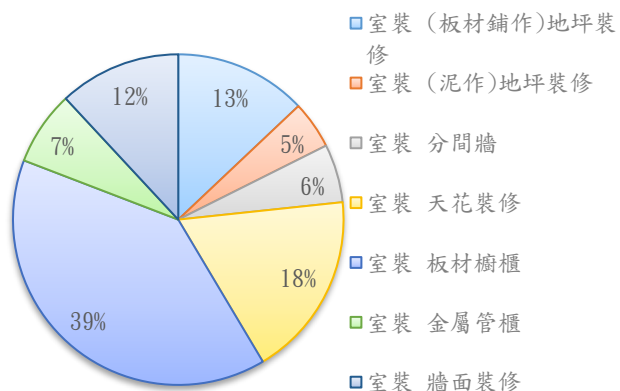


圖 5-2 室裝項目分類統計圓餅圖

建築項目內外牆外裝、外牆構造、內隔間的組合形式各只有提供不到 10 種碳排資料，雖已有較普遍使用的牆體，但對於建築物的計算還是略有不足，升降設備有高達 63 種，但其內容實為 6 種不同的設備根據載運體積或人數進行換算所得之碳排。

表 5-3 建築項目分類統計表

|          |    |
|----------|----|
| 不透光帷幕    | 4  |
| 內隔間      | 10 |
| 外牆外裝     | 1  |
| 外牆構造     | 7  |
| 地板       | 8  |
| 昇降設備     | 63 |
| 屋頂外裝     | 12 |
| 建物廢棄     | 12 |
| 玻璃(帷幕)/框 | 25 |

|    |     |
|----|-----|
| 總計 | 142 |
|----|-----|

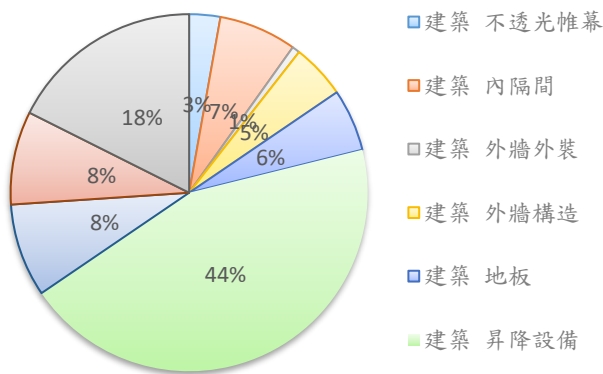


圖 5-3 建築項目分類統計圓餅圖

原料中又以性質細分為多個項目，其中水泥的碳排資料最豐富，也是現在台灣建築產業最常使用的材料，木竹的碳排資料目前有 40 筆，多為木料的高耗能加工品，若要推動自然建材有新增低碳材料的必要性，固碳與栽種在分類中都屬於植栽的數量計算，以及室裝加工板材當中有些項目是以木竹為原料製成的，有所重疊。

表 5-4 原料項目分類統計表

|        |    |
|--------|----|
| 土質     | 15 |
| 化學塑膠   | 58 |
| 木竹     | 40 |
| 水泥     | 83 |
| 加工     | 36 |
| 再生能源設備 | 3  |
| 固碳     | 2  |
| 金屬     | 22 |
| 室裝加工板材 | 53 |
| 室裝施工   | 19 |
| 施工機具   | 41 |
| 玻璃     | 25 |
| 砂石     | 23 |
| 栽種     | 11 |
| 能源     | 6  |
| 運輸     | 61 |

|    |    |
|----|----|
| 管線 | 8  |
| 鋼鐵 | 17 |

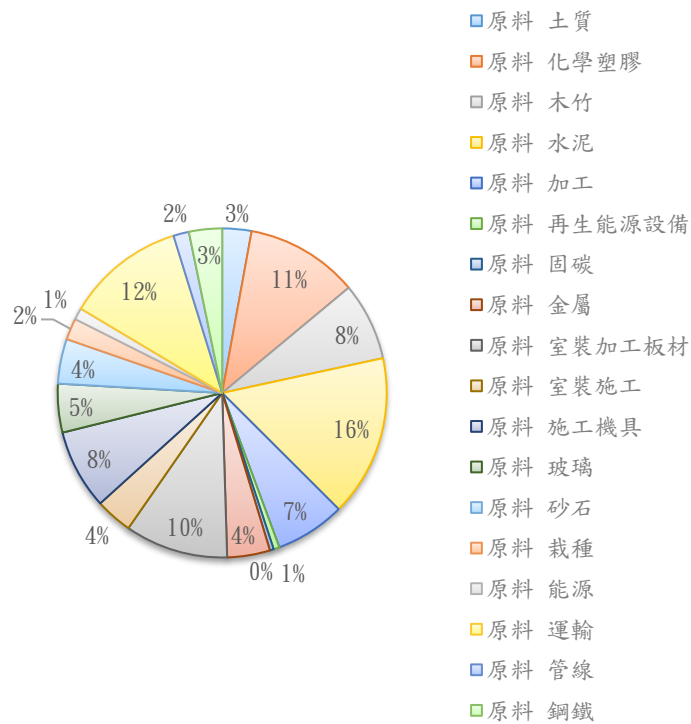


圖 5-4 原料項目分類統計圓餅圖

景觀部分因屬於基地綠化可能性範圍，在分類上若可以更多加入低碳工法、材料，會使設計者在採取相應措施有較多選擇性。

|        |     |
|--------|-----|
| 景觀     | 136 |
| 池底     | 5   |
| 表層結構   | 45  |
| 基礎結構   | 12  |
| 排水設施   | 6   |
| 景觀機具載運 | 7   |
| 景觀燈    | 14  |
| 路燈     | 12  |
| 構造地景設施 | 14  |
| 擋土與護岸  | 21  |

表 5-5 景觀項目分類統計表

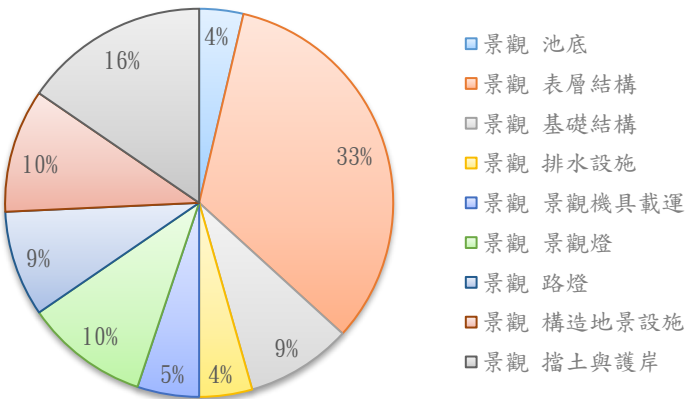


圖 5-5 景觀項目分類統計圓餅圖

## 第二節 新增項目之計算基礎

依據現有的資料庫內容分析與專家會議之諮詢結果，本研究優先擴充現有碳足跡資料庫之景觀工程項目。針對景觀範疇之車道停車場、步道廣場階梯、棧道

平臺小橋、土方排水、擋土、水體和構造地景七項景觀硬體設施，以不同材料為基礎進行分類並加入各項材料之碳排計算數據。另，本研究資料庫之編排方式，採用於各項景觀硬體設施之工程圖旁，詳列工程於其生命週期中所使用之資材與施工機具使用量，並計算各細項之碳排放量數據。

本研究所擴充之景觀工程碳足跡資料庫 (life cycle carbon database of Landscape, L-LCC)，係依施工碳排放量的解析理論建構出各類景觀構件的標準施工碳排密度，為一工程於其生命週期中「工地到竣工」的碳排放量。景觀工程碳足跡資料再透過現有建築碳足跡資料庫 (Life Cycle Carbon database of Architecture & Building Research Institute, ABRI-LCC) 之內容，獲得各項材料之工程單位碳排，計算出各材料由搖籃到工地的碳排放量。最後，將兩者相加完成由搖籃到竣工範疇的蘊含碳排 L-LCC 資料庫。是故，本研究將依照前述資料庫之計算方式，先取得各類景觀構件的標準施工碳排密度，再透過 ABRI-LCC 資料庫之數據與本研究所繪製的施工圖中各項材料厚度，將 ABRI-LCC 資料庫之單位材料碳排標準乘上所使用之材料厚度，即可計算出各工程由「搖籃到竣工」的蘊含碳排放量。

本研究依據林憲德教授對於景觀工程碳足跡評估系統 (LCF 系統) 的計算設定，景觀工程項目之新建工程資材與施工碳足跡 (CF<sub>mc</sub>)、修繕更新之資材與施工碳足跡 (CF<sub>rm</sub>) 的計算公式，如以下所列公式表示之：

$$\text{公式一: } CF_{mc} = CF_{cp} + CF_{wp} + CF_{pb} + CF_{ed} + CF_{rw} + CF_{wf} + CF_l$$

$$\text{公式二: } CF_{rm} = CF_{cp}^* + CF_{wp}^* + CF_{pb}^* + CF_{ed}^* + CF_{rw}^* + CF_{wf}^* + CF_l^*$$

其中，CF<sub>cp</sub> 為車道、CF<sub>wp</sub> 為步道廣場、CF<sub>pb</sub> 為棧道平台小橋設施、CF<sub>ed</sub> 為土方排水設施、CF<sub>rw</sub> 為擋土設施、CF<sub>wf</sub> 為水底護岸、CF<sub>l</sub> 為構造地景等。

### 第三節 資材與施工的碳足跡計算法

#### 一、名詞與範圍界定

本研究依據環保署 2020 年公告的「庭園景觀類 CFP-PCR」之盤查項目為分類，並刪除減碳效益不明顯之設施。分類項目包含車道停車場、步道廣場階梯、棧道平臺小橋、土方排水、擋土、水體、構造地景七項景觀設施。

而在「庭園景觀類 CFP-PCR」(2020)中，對於本研究所分類之七項景觀設施(車道停車場、步道廣場階梯、棧道平臺小橋、土方排水、擋土、水體、構造地景)之名詞定義如下所示：

##### (一) 車道停車場

基地範圍內車輛運輸的道路以及車輛停放之人工鋪面工程。

##### (二) 步道廣場階梯

基地範圍內人行與自行車交通以及戶外活動所設之人工鋪面工程、階梯，但不包括路燈、管線、排水設施等雜項設施。

##### (三) 棧道平臺小橋

基地範圍內架高於地面之人行交通步道、階梯、人工鋪面以及休閒景觀性質的景觀小橋，但不包括需要結構計算計算的土木橋樑，也不包括路燈、管線、排水設施等雜項設施。

##### (四) 土方排水

基地範圍內執行地景所必要之挖方、填方、運土等工程以及基盤土木設施以後之地景排水、保水、滲透水等工程設施。

##### (五) 擋土

基地範圍內作為調整高低差以及作為水土保持所需之擋土牆設施。

##### (六) 水體

基地範圍內之戶外水池、溪流、游泳池、露明水道等設施，但不包括排水、噴灌設備等雜項設施。

## (七) 構造地景

作為戶外景觀觀賞用、且於現場營建施做之假山、屏牆、造景、人工瀑布、花臺以及景觀造景用奇岩怪石、巨石，但不包括一般工程用卵石、石片、石塊（歸入前述六項設施內），也不包括在外訂做移入安裝之景觀雕塑、座椅、花器、遊具或藝術品，也不包括建築雜項執照範圍之圍牆、欄杆、扶手、亭臺、迴廊、建築設施等。

## 二、資材與施工碳足跡之計算法

### (一) 車道停車場工程

$$CF_{cp} = \sum (CF_{bsi} + CF_{ssi}) \times A_{cpi} + B_i$$

$$CF_{cp}^* = \sum CF_{ssi} \times A_{cpi} \times RT_{cpi}$$

$CF_{cp}$ ：車道停車場設施新建階段資材與施工碳足跡 (kgCO<sub>2</sub>e)

$CF_{cp}^*$ ：車道停車場設施修繕階段資材與施工碳足跡 (kgCO<sub>2</sub>e)

$CF_{bsi}$ ：i 車道停車場基礎結構部分之資材與施工碳足跡密度 (kgCO<sub>2</sub>e / m<sup>2</sup>)

$CF_{ssi}$ ：i 車道停車場表層結構部分之資材與施工碳足跡密度 (kgCO<sub>2</sub>e / m<sup>2</sup>)

$A_{cpi}$ ：i 車道停車場設施面積 (m<sup>2</sup>)

$RT_{cpi}$ ：i 車道停車場設施更新次數

$B_i$ ：i 車道停車場基礎結構新建階段之施工機具載運碳足跡 (kgCO<sub>2</sub>e)，若為碎石路基取 381.1 (kgCO<sub>2</sub>e)，若為非碎石路基則為 0

### (二) 步道廣場階梯工程

$$CF_{wp} = \sum (CF_{bsi} + CF_{ssi}) \times A_{wpi} + B_i$$

$$CF_{wp}^* = \sum CF_{ssi} \times A_{wpi} \times RT_{wpi}$$

$$CF_{wp} \text{ (階梯)} = \sum (CF_{bsi} + CF_{ssi}) \times A_{wpi} + B_i$$

$$CF_{wp}^* \text{ (階梯)} = \sum CF_{ssi} \times A_{wpi} \times RT_{wpi}$$

$CF_{wp}$ ：步道廣場階梯設施新建階段資材與施工碳足跡 (kgCO<sub>2</sub>e)

$CF_{wp}^*$ ：步道廣場階梯設施修繕階段資材與施工碳足跡 (kgCO<sub>2</sub>e)

CFbsi : i 步道廣場階梯基礎結構部分之資材與施工碳足跡密度 (kgCO<sub>2</sub>e / m<sup>2</sup>)

CFssi : i 步道廣場階梯表層結構部分之資材與施工碳足跡密度 (kgCO<sub>2</sub>e / m<sup>2</sup>)

Awpi : i 步道廣場階梯設施面積 (m<sup>2</sup>)，階梯以水平投影面積計

RTwpi : i 步道廣場階梯設施更新次數

Bi : i 基礎結構新建階段之施工機具載運碳足跡 (kgCO<sub>2</sub>e)，若為碎石路基取 381.1 (kgCO<sub>2</sub>e)，若為非碎石路基則為 0

### (三) 棧道平臺小橋工程

$$CFpb = \sum (CFbsi + CFssi) \times Apbi + 88.8$$

$$CFpb^* = \sum CFssi \times Apbi \times RTpbi$$

CFpb : 棧道平臺小橋設施新建階段資材與施工碳足跡 (kgCO<sub>2</sub>e)

CFpb\* : 棧道平臺小橋設施修繕階段資材與施工碳足跡 (kgCO<sub>2</sub>e)

CFbsi : i 棧道平臺小橋基礎結構部分之資材與施工碳足跡密度 (kgCO<sub>2</sub>e / m<sup>2</sup>)

CFssi : i 棧道平臺小橋表層結構部分之資材與施工碳足跡密度 (kgCO<sub>2</sub>e / m<sup>2</sup>)

Apbi : i 棧道平臺小橋設施面積 (m<sup>2</sup>)

RTpbi : i 棧道平臺小橋設施更新次數，無單位

### (四) 土方排水工程

$$CFed = 85.29 \times Voe + \sum CFedi \times Aedi + 111.0$$

$$CFed^* = \sum (CFedi \times Aedi + 111.0) \times RTedi$$

Voe : 外送或內送之不平衡土方 (m<sup>3</sup>)，由設計圖計算之，前係數 85.29 取自張德鑫報告 (2011, p132) 土方工程碳足跡 7.95 kgCO<sub>2</sub>e / m<sup>3</sup>，再加入送入或送出卡車運輸碳排 2.578 kgCO<sub>2</sub>e / (tkm) × 土方密度 1.5t / m<sup>3</sup> × 20 km = 85.29 kgCO<sub>2</sub>e / m<sup>3</sup>

CFed : 土方排水設施新建階段資材與施工碳足跡 (kgCO<sub>2</sub>e)

CFed\* : 土方排水設施修繕階段資材與施工碳足跡 (kgCO<sub>2</sub>e)

CFedi : i 排水設施資材與施工碳足跡密度 (kgCO<sub>2</sub>e / m<sup>2</sup>)

Aedi : i 排水設施之面積 (m<sup>2</sup>)，以排水溝之內表面積 (內徑×長度) 為計量單位，暗溝算全內徑，明溝不算上空寬度

RTedi : i 排水設施更新次數，無單位

### (五) 擋土工程

$$CFrw = \sum CFrwi \times Arwi + 111.0$$

$$CFrw* = \sum (CFrwi \times Arwi + 111.0) \times RTrwi$$

CFrw : 擋土設施新建階段資材與施工碳足跡 (kgCO<sub>2</sub>e)

CFrw\* : 擋土設施修繕階段資材與施工碳足跡 (kgCO<sub>2</sub>e)

CFrwi : i 擋土設施資材與施工碳足跡密度 (kgCO<sub>2</sub>e / m<sup>2</sup>)

Arwi : i 擋土設施之立面面積 (m<sup>2</sup>)

RTrwi : i 擋土設施更新次數，無單位

### (六) 水體工程 (CFwf / CFwf \*)

$$CFwf = \sum (CFrwi \times Awi + 5.60 \times Lwi + CFwfi \times Api) + 111.0$$

$$CFwf* = \sum CFrwi \times Awi \times RTwi + \sum CFwfi \times Api \times RTpi$$

CFwf : 水體之護岸與池底設施新建階段資材與施工碳足跡 (kgCO<sub>2</sub>e)

CFwf\* : 水體之護岸與池底設施修繕階段資材與施工碳足跡 (kgCO<sub>2</sub>e)

CFrwi : i 護岸設施資材與施工碳足跡密度 (kgCO<sub>2</sub>e / m<sup>2</sup>)

CFwfi : i 池底設施資材與施工碳足跡密度 (kgCO<sub>2</sub>e / m<sup>2</sup>)

Awi、Api : 水體之 i 護岸立面面積 (m<sup>2</sup>)、i 池底面積 (m<sup>2</sup>)，通常以包含護岸之水體面積計之

Lwi : 水體之 i 垂直護岸長度 (m) (如為斜護岸則不列入計算)。前係數 5.60 以假定垂直護岸之基礎為長 50cm 厚度 4cm 之 2000psi 預拌混凝土以及長 50cm 厚度 10cm 之碎石級配，因此其基礎之單位碳排標準為 4.88 + 0.72 = 5.60 kgCO<sub>2</sub>e / m<sup>2</sup>。

RTwi、RTpi : 水體之 i 護岸設施更新次數、i 池底設施更新次數，無單位

## (七) 構造地景工程 (CF1 / CF1\*)

$$CF1 = \sum (CF1vi \times Vli + CF1si \times Ali) + \sum CF1bsi \times Vbsi$$

$$CF1* = \sum (CF1vi \times Vli + CF1si \times Ali) \times RT1si + \sum CF1bsi \times Vbsi \times RTbsi$$

CF1：構造地景設施新建階段資材與施工碳足跡 (kgCO<sub>2</sub>e)

CF1\*：構造地景設施修繕階段資材與施工碳足跡 (kgCO<sub>2</sub>e)

CF1vi、CF1si：i 構造地景設施中景觀構造體之內部構造資材與施工碳足跡密度 (kgCO<sub>2</sub>e / m<sup>3</sup>)、表層構造資材與施工碳足跡密度 (kgCO<sub>2</sub>e / m<sup>2</sup>)

Vli、Ali：i 構造地景設施中景觀構造體之體積 (m<sup>3</sup>)、表面積 (m<sup>2</sup>)

CF1bsi、Vbsi：i 構造地景設施中之假山巨石景之資材與施工碳足跡密度 (kgCO<sub>2</sub>e / m<sup>3</sup>)、體積 (m<sup>3</sup>)，巨石景之體積只計算 2.5t / 粒 (1.0m<sup>3</sup> / 粒，以原石外周尺寸計，不扣除空隙)。以上之巨石景部分，前係數 1306.88 kgCO<sub>2</sub>e / m<sup>3</sup> 為原石採礦 3.83 kgCO<sub>2</sub>e / m<sup>3</sup> 加上卡車運輸碳排 2.578 kgCO<sub>2</sub>e / (tkm) × 200 km × 2.5t / m<sup>3</sup>，再加上吊裝巨石之吊卡車碳排 5.62 kgCO<sub>2</sub>e / t × 2.5t / m<sup>3</sup> 累算而得

RT1si、RTbsi：i 構造地景設施中景觀構造體表層構造更新次數、巨石景更新次數，無單位

## 第四節 景觀工程碳足跡資料庫之內容擴充

本研究收集目前業界常用之景觀工程圖說，彙整常用之工程項目，並就其斷面細部圖說進行重新繪製、統一各材質之圖例，並以環保署「庭園景觀類 CFP—PCR」(2020) 之盤查項目為分類架構、L-LCC 資料庫為繪製基礎格式，再對各項景觀工程設施進行蘊含碳排之計算。

### 一、車道停車場

本研究在針對「車道停車場」新增 11 個項目好資料庫中。

車道停車場工程以基礎材質與表層材質作為分類依據。前者作為第一層分類，分別為碎石路基(LB1)、鋼筋混凝土路基(LB2)；再以表層材質作為第二層分類，有碎石表層、瀝青混凝土、乾砌石塊、乾砌石板、乾砌水泥磚/連鎖磚、乾砌植草磚、水泥粉刷、貼磁磚、抵/洗/斬石子等，共 11 種項目。

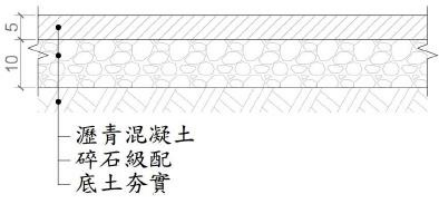
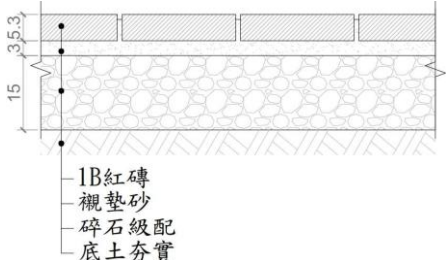
根據本研究分析，常見車道停車場之基礎結構可分為 2 種（如下表所示），分別為碎石路基(LB1)，其資材與施工碳足跡為 9.32 kgCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>；RC 路基(LB2)，其資材與施工碳足跡為 61.56 kgCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>。

表 5-6 車道停車場基礎結構之資材與施工碳足跡密度表

| 編號  | 分類    | 材料或施工機具說明          | 細項碳排  | 碳排標準  |
|-----|-------|--------------------|-------|-------|
| LB1 | 碎石路基  | 平土機                | 0.08  | 9.32  |
|     |       | 二輪壓路機 (6-8t)       | 0.04  |       |
|     |       | 三輪壓路機 (10-12t)     | 0.05  |       |
|     |       | 膠輪壓路機 (8.5-20t)    | 0.06  |       |
|     |       | 山貓鏟裝機施工，重 3t       | 0.14  |       |
|     |       | 步道碎石級配底層 (T=15cm)  | 8.89  |       |
|     |       | 底土整平夯實施工           | 0.06  |       |
| LB2 | RC 路基 | 預拌混凝土 3000psi 15cm | 49.10 | 61.56 |
|     |       | Φ6 150x150mm 鋼線網   | 3.37  |       |

|  |  |                   |      |  |
|--|--|-------------------|------|--|
|  |  | 山貓鏟裝機施工，重 3t      | 0.14 |  |
|  |  | 步道碎石級配底層 (T=15cm) | 8.89 |  |
|  |  | 底土整平夯實施工          | 0.06 |  |

表 5-7 車道停車場表層結構之資材與施工碳足跡密度表(碎石路基)

| 項目           | 材料    | 厚度   | 細項碳排  | 碳排標準  | 圖面                                                                                   |
|--------------|-------|------|-------|-------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| LS1<br>瀝青混凝土 | 瀝青混凝土 | 5cm  | 8.44  | 8.53  |    |
|              | 鋪築施工機 |      | 0.99  |       |                                                                                      |
|              | 碎石路基  | 15cm |       | 9.32  |                                                                                      |
| LS2<br>乾砌石塊  | 石塊    | 12cm | 22.08 | 22.65 |   |
|              | 襯墊砂   | 4cm  | 0.57  |       |                                                                                      |
|              | 碎石路基  | 15cm |       | 9.32  |                                                                                      |
| LS3<br>乾砌石板  | 石板    | 6cm  | 11.04 | 22.65 |  |
|              | 襯墊砂   | 8cm  | 1.14  |       |                                                                                      |
|              | 碎石路基  | 15cm |       | 9.32  |                                                                                      |
| LS4<br>乾砌連鎖磚 | 連鎖磚   | 8cm  | 57.40 | 58.54 |  |
|              | 襯墊砂   | 8cm  | 1.14  |       |                                                                                      |
|              | 碎石路基  | 15cm |       | 9.32  |                                                                                      |
| LS5<br>紅磚    | 1B 紅磚 | 53 塊 | 23.85 | 24.28 |  |
|              | 襯墊砂   | 3cm  | 0.43  |       |                                                                                      |
|              | 碎石路基  | 15cm |       | 9.32  |                                                                                      |

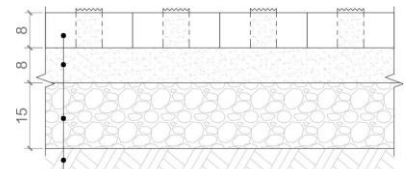
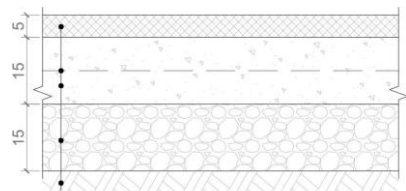
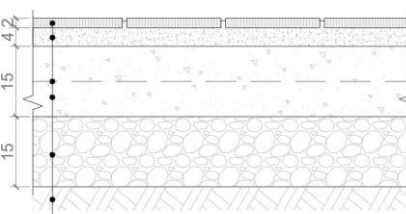
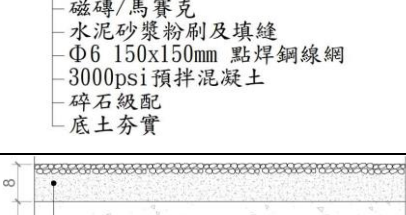
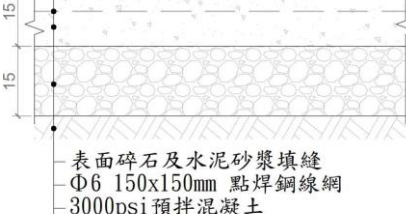
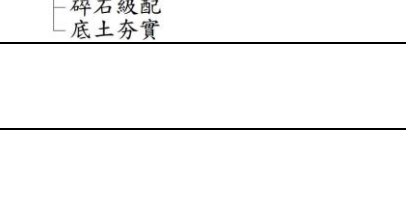
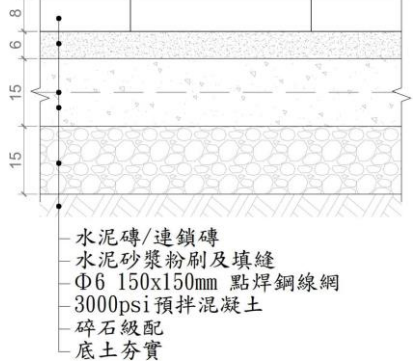
|          |       |      |       |       |                                                                                                                                  |
|----------|-------|------|-------|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| LS6      | 水泥植草磚 | 8cm  | 40.18 | 41.32 |  <p>水泥植草磚(空隙30%)<br/>襯墊砂<br/>碎石級配<br/>底土夯實</p> |
| 乾砌植草磚    | 襯墊砂   | 8cm  | 1.14  |       |                                                                                                                                  |
| (空隙 30%) | 碎石路基  | 15cm |       | 9.32  |                                                                                                                                  |

表 5-8 車道停車場表層結構之資材與施工碳足跡密度表(RC 路基)

| 項目           | 材料    | 厚度   | 細項碳排  | 碳排標準  | 圖面                                                                                                                                                                          |
|--------------|-------|------|-------|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| LS7<br>瀝青混凝土 | 瀝青混凝土 | 5cm  | 8.44  | 8.53  |  <p>瀝青混凝土<br/>Φ6 150x150mm 點焊鋼線網<br/>3000psi 預拌混凝土<br/>碎石級配<br/>底土夯實</p>                 |
|              | 鋪築施工機 |      | 0.99  |       |                                                                                                                                                                             |
| LS8<br>貼磁磚   | RC 路基 | 15cm |       | 61.56 |  <p>磁磚/馬賽克<br/>水泥砂漿粉刷及填縫<br/>Φ6 150x150mm 點焊鋼線網<br/>3000psi 預拌混凝土<br/>碎石級配<br/>底土夯實</p> |
|              | 磁磚    | 2cm  | 30.18 | 48.28 |                                                                                                                                                                             |
| LS9<br>振石子   | 水泥砂漿  | 4cm  | 18.10 |       |  <p>磁磚/馬賽克<br/>水泥砂漿粉刷及填縫<br/>Φ6 150x150mm 點焊鋼線網<br/>3000psi 預拌混凝土<br/>碎石級配<br/>底土夯實</p> |
|              | RC 路基 | 15cm |       | 61.56 |                                                                                                                                                                             |
| LS9<br>振石子   | 表面碎石與 |      |       | 36.20 |  <p>表面碎石及水泥砂漿填縫<br/>Φ6 150x150mm 點焊鋼線網<br/>3000psi 預拌混凝土<br/>碎石級配<br/>底土夯實</p>          |
|              | 水泥砂漿  | 8cm  | 36.20 |       |                                                                                                                                                                             |
| LS9<br>振石子   | RC 路基 | 15cm |       | 61.56 |  <p>表面碎石及水泥砂漿填縫<br/>Φ6 150x150mm 點焊鋼線網<br/>3000psi 預拌混凝土<br/>碎石級配<br/>底土夯實</p>          |
|              | 振石子   | 8cm  | 36.20 |       |                                                                                                                                                                             |
| LS10         | 連鎖磚   | 8cm  | 57.40 | 84.55 |                                                                                                                                                                             |

|              |       |      |       |       |                                                                                                                                                                            |
|--------------|-------|------|-------|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 貼連鎖磚         | 水泥砂漿  | 6cm  | 27.15 |       |  <p>水泥磚/連鎖磚<br/>水泥砂漿粉刷及填縫<br/>Φ6 150x150mm 點焊鋼線網<br/>3000psi 預拌混凝土<br/>碎石級配<br/>底土夯實</p> |
|              | RC 路基 | 15cm |       | 61.56 |                                                                                                                                                                            |
| LS11         | PU 地坪 | 5mm  | 19.02 | 37.18 |  <p>PU<br/>Φ6 150x150mm 點焊鋼線網<br/>3000psi 預拌混凝土<br/>碎石級配<br/>底土夯實</p>                    |
| PU/壓克力       | 金鋼砂   | 3kg  | 0.06  |       |                                                                                                                                                                            |
| 樹脂/紙模        | 水泥砂漿  | 4cm  | 18.10 |       |                                                                                                                                                                            |
| 板/樹脂壓<br>花地坪 | RC 路基 | 15cm |       | 61.56 |                                                                                                                                                                            |

## 二、步道與廣場工程

本研究在「步道廣場」新增 10 個項目於資料庫中。

步道與廣場工程以基礎材質與表層材質作為分類依據。前者作為第一層分類，分別為碎石路基(TB1)、鋼筋混凝土路基(TB2)；再以表層材質作為第二層分類，有碎石表層、鋪軟木/枕木、瀝青混凝土、乾砌石塊、乾砌石板、乾砌水泥磚/連鎖磚、水泥粉刷、貼磁磚、抵/洗/斬石子等，共 10 種項目。

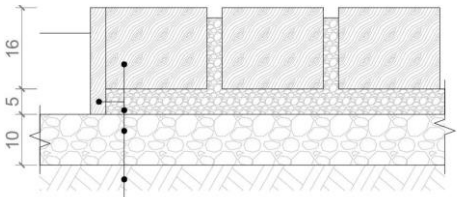
根據本研究分析，常見車道停車場之基礎結構可分為 2 種（如下表所示），分別為碎石路基(TB1)，其資材與施工碳足跡為 6.36 kgCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>；RC 路基(TB2)，其資材與施工碳足跡為 42.20 kgCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>。

表 5-9 步道廣場基礎結構之資材與施工碳足跡密度表

| 編號  | 分類   | 材料或施工機具說明    | 細項碳排 | 碳排標準 |
|-----|------|--------------|------|------|
| TB1 | 碎石路基 | 平土機          | 0.08 | 6.36 |
|     |      | 二輪壓路機 (6-8t) | 0.04 |      |

|     |       |                    |       |       |
|-----|-------|--------------------|-------|-------|
|     |       | 三輪壓路機 (10-12t)     | 0.05  |       |
|     |       | 膠輪壓路機 (8.5-20t)    | 0.06  |       |
|     |       | 山貓鏟裝機施工，重 3t       | 0.14  |       |
|     |       | 步道碎石級配底層 (T=10cm)  | 5.93  |       |
|     |       | 底土整平夯實施工           | 0.06  |       |
| TB2 | RC 路基 | 預拌混凝土 3000psi 10cm | 32.70 | 42.20 |
|     |       | Φ6 150x150mm 鋼線網   | 3.37  |       |
|     |       | 山貓鏟裝機施工，重 3t       | 0.14  |       |
|     |       | 步道碎石級配底層 (T=10cm)  | 8.89  |       |
|     |       | 底土整平夯實施工           | 0.06  |       |

表 5-10 步道廣場表層結構之資材與施工碳足跡密度表(碎石路基)

| 項目         | 材料     | 厚度   | 細項碳排  | 碳排標準  | 圖面                                                                                                                                                       |
|------------|--------|------|-------|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| TS1<br>鋪軟木 | 防腐軟木   | 16cm | 10.07 | 10.78 |  <p>防腐軟木60*20*16(0.7覆蓋率)<br/>防腐木封板3*20<br/>襯墊砂<br/>碎石級配<br/>底土夯實</p> |
|            | 70%覆蓋率 |      |       |       |                                                                                                                                                          |
|            | 襯墊砂    | 5cm  | 0.71  |       |                                                                                                                                                          |
|            | 碎石路基   | 10cm |       | 6.36  |                                                                                                                                                          |
| TS2<br>鋪硬木 | 防腐軟木   | 16cm | 30.74 | 31.45 |                                                                                                                                                          |
|            | 70%覆蓋率 |      |       |       |                                                                                                                                                          |
|            | 襯墊砂    | 5cm  | 0.71  |       |                                                                                                                                                          |

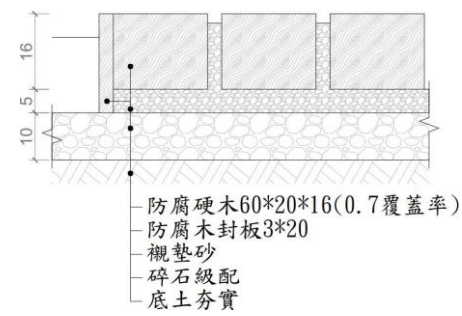
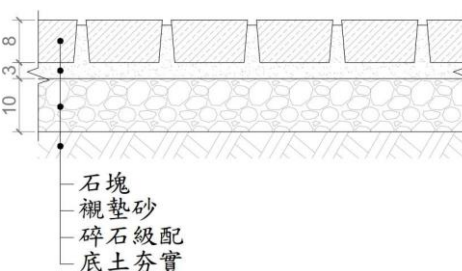
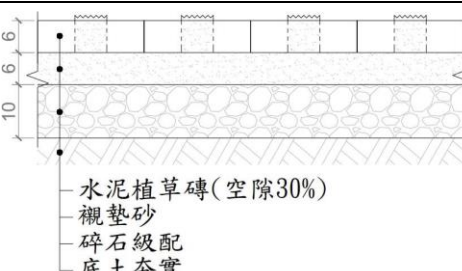
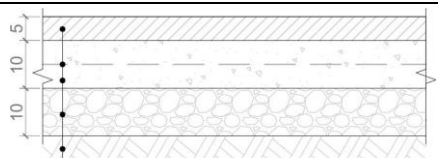
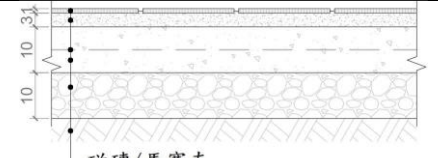
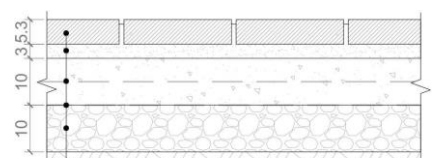
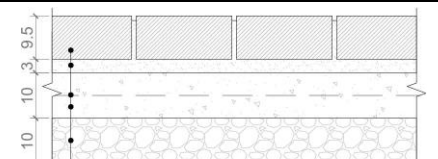
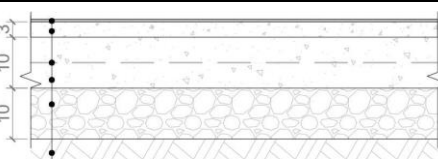
|                          |      |      |       |       |                                                                                                                                                        |
|--------------------------|------|------|-------|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                          | 碎石路基 | 10cm |       | 6.36  |  <p>防腐硬木60*20*16(0.7覆蓋率)<br/>防腐木封板3*20<br/>襯墊砂<br/>碎石級配<br/>底土夯實</p> |
| TS3<br>乾砌石塊              | 石塊   | 8cm  | 14.72 | 15.15 |  <p>石塊<br/>襯墊砂<br/>碎石級配<br/>底土夯實</p>                                 |
|                          | 碎石路基 | 10cm |       | 6.36  |                                                                                                                                                        |
| TS4<br>乾砌連鎖磚             | 連鎖磚  | 6cm  | 43.16 | 44.02 |  <p>水泥磚/連鎖磚<br/>襯墊砂<br/>碎石級配<br/>底土夯實</p>                           |
|                          | 碎石路基 | 10cm |       | 6.36  |                                                                                                                                                        |
| TS5<br>乾砌植草磚<br>(空隙 30%) | 植草磚  | 6cm  | 30.21 | 31.07 |  <p>水泥植草磚(空隙30%)<br/>襯墊砂<br/>碎石級配<br/>底土夯實</p>                     |
|                          | 碎石路基 | 10cm |       | 6.36  |                                                                                                                                                        |

表 5-11 步道廣場表層結構之資材與施工碳足跡密度表(RC 路基)

| 項目  | 材料    | 厚度  | 細項碳排 | 碳排標準 | 圖面 |
|-----|-------|-----|------|------|----|
| TS6 | 瀝青混凝土 | 5cm | 8.44 | 8.53 |    |
|     | 鋪築施工機 |     | 0.09 |      |    |

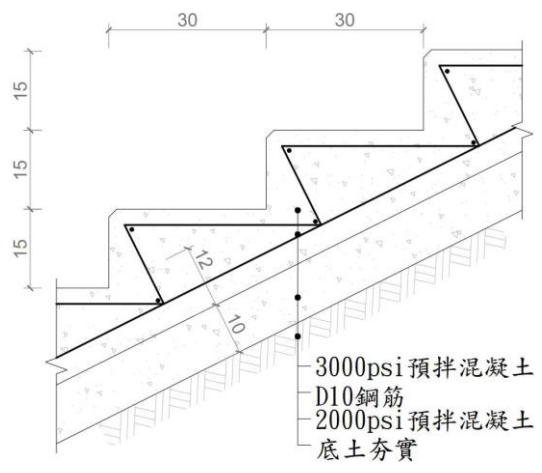
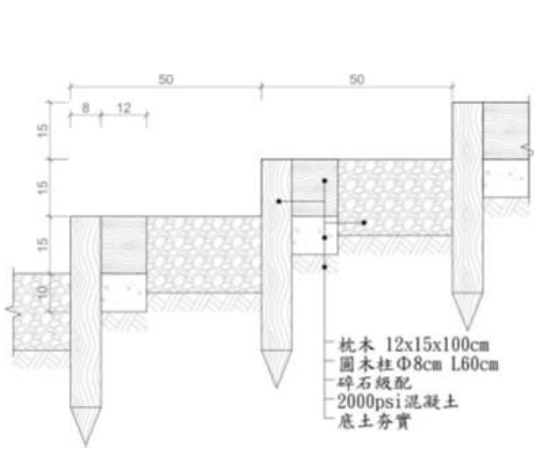
|       |          |          |       |       |                                                                                                                                                                                                                                                       |
|-------|----------|----------|-------|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 瀝青混凝土 | RC 路基    | 10cm     |       | 42.20 |  <p>           瀝青混凝土<br/>           Φ6 150x150mm 點焊鋼線網<br/>           3000psi 預拌混凝土<br/>           碎石級配<br/>           底土夯實         </p>                            |
| TS7   | 貼磁磚      | 1cm/     | 15.09 | 28.66 |  <p>           磁磚/馬賽克<br/>           水泥砂漿粉刷及填縫<br/>           Φ6 150x150mm 點焊鋼線網<br/>           3000psi 預拌混凝土<br/>           碎石級配<br/>           底土夯實         </p>  |
|       | 水泥砂漿     | 1m2      |       |       |                                                                                                                                                                                                                                                       |
|       | 填縫       | 3cm      | 13.57 |       |                                                                                                                                                                                                                                                       |
|       | RC 路基    | 10cm     |       | 42.20 |                                                                                                                                                                                                                                                       |
| TS8   | 紅磚       | 53 塊     | 23.85 | 37.43 |  <p>           1B紅磚<br/>           1:3水泥砂漿<br/>           Φ6 150x150mm 點焊鋼線網<br/>           3000psi 預拌混凝土<br/>           碎石級配<br/>           底土夯實         </p>      |
|       | 1:3 水泥砂漿 | 3cm      | 13.58 |       |                                                                                                                                                                                                                                                       |
|       | (平鋪)     | RC 路基    | 10cm  | 42.20 |                                                                                                                                                                                                                                                       |
| TS9   | 紅磚       | 95 塊     | 42.75 | 56.33 |  <p>           1B紅磚<br/>           1:3水泥砂漿<br/>           Φ6 150x150mm 點焊鋼線網<br/>           3000psi 預拌混凝土<br/>           碎石級配<br/>           底土夯實         </p>    |
|       | 1:3 水泥砂漿 | 3cm      | 13.58 |       |                                                                                                                                                                                                                                                       |
|       | (立砌)     | RC 路基    | 10cm  | 42.20 |                                                                                                                                                                                                                                                       |
| TS10  | Epoxy 地坪 | 3mm      | 8.00  | 21.58 |  <p>           Epoxy地坪<br/>           1:3水泥砂漿<br/>           Φ6 150x150mm 點焊鋼線網<br/>           3000psi 預拌混凝土<br/>           碎石級配<br/>           底土夯實         </p> |
|       | Epoxy    | 1:3 水泥砂漿 | 3cm   | 13.58 |                                                                                                                                                                                                                                                       |
|       | 地坪       | RC 路基    | 10cm  | 42.20 |                                                                                                                                                                                                                                                       |

### 三、階梯工程

本研究在「階梯工程」新增 15 個項目於資料庫中。

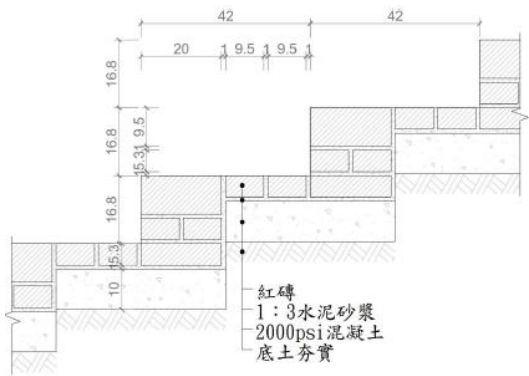
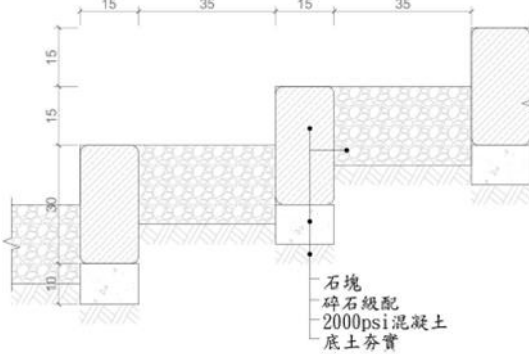
階梯工程以基礎材質與表層材質作為分類依據。本研究將基礎材質作為第一層分類，分別為鋼筋混凝土階梯基礎（SB1）、枕木階梯碎石基礎（SB2）為兩大項目，再以表層材質作為第二層分類，有碎石表層、乾砌石塊、乾砌石板、乾砌水泥磚/連鎖磚、貼磁磚、抵/洗/斬石子等，共計 15 種項目。

表 5-12 階梯工程基礎結構之資材與施工碳足跡密度表

| SB1                                                                                |          | SB2                                                                                 |          |
|------------------------------------------------------------------------------------|----------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------|
|  |          |  |          |
| RC 階梯基礎                                                                            |          | 枕木階梯碎石基礎                                                                            |          |
| 材料或施工機具說明                                                                          | 細項<br>碳排 | 材料或施工機具說明                                                                           | 細項<br>碳排 |
| 混凝土 3000psi 12cm                                                                   | 68.83    | 圓木柱 Φ8cm L 60cm×6                                                                   | 4.97     |
| D10 鋼筋 27.2m                                                                       | 17.36    | 枕木 12cm×15 cm×100cm                                                                 | 9.88     |
| 2000psi PC 厚 10cm                                                                  | 24.38    | ×2                                                                                  | 24.38    |
|                                                                                    |          | 2000psi PC 厚 10cm                                                                   | 0.14     |
|                                                                                    |          | 山貓鏟裝機施工，重 3t                                                                        | 14.83    |
|                                                                                    |          | 碎石級配底層（T=20cm）                                                                      | 0.06     |
|                                                                                    |          | 底土整平夯實施工                                                                            |          |

|             |            |
|-------------|------------|
| 碳排標準：110.57 | 碳排標準：54.26 |
|-------------|------------|

表 5-13 階梯工程基礎結構之資材與施工碳足跡密度表

| SB3                                                                                                                              |          | SB4                                                                                                                            |          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
|  <p>紅磚<br/>1:3水泥砂漿<br/>2000psi混凝土<br/>底土夯實</p> |          |  <p>石塊<br/>碎石級配<br/>2000psi混凝土<br/>底土夯實</p> |          |
| 砌磚階梯基礎                                                                                                                           |          | 石塊階梯碎石基礎                                                                                                                       |          |
| 材料或施工機具說明                                                                                                                        | 細項<br>碳排 | 材料或施工機具說明                                                                                                                      | 細項<br>碳排 |
| 1B 紅磚 128 塊                                                                                                                      | 57.60    | 石塊 30 cm × 15cm × 100cm × 2                                                                                                    | 16.56    |
| 1:3 水泥砂漿 2cm 厚                                                                                                                   | 41.99    | 2000psi PC 厚 10cm                                                                                                              | 24.38    |
| 2000psi PC 厚 10cm                                                                                                                | 24.38    | 山貓鏟裝機施工, 重 3t                                                                                                                  | 0.14     |

|             |  |            |       |
|-------------|--|------------|-------|
|             |  | 階梯碎石級配底層   | 14.83 |
|             |  | 底土整平夯實施工   | 0.06  |
| 碳排標準：123.97 |  | 碳排標準：55.97 |       |

表 5-14 階梯工程表層結構之資材與施工碳足跡密度表

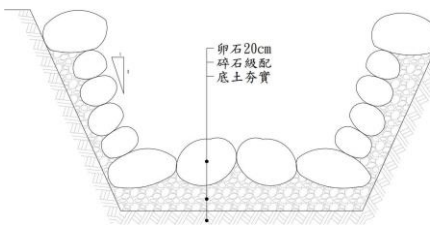
| RC 階梯基礎  |          |          |         |       |       |
|----------|----------|----------|---------|-------|-------|
| 編號       | 名稱       | 材料細項規格   | 厚度      | 細項碳排  | 碳排標準  |
| SS1      | 水泥粉刷     |          | 3cm     | 13.57 | 13.57 |
| SS2      | 瀝青混凝土    | 瀝青混凝土    | 5cm     | 8.44  | 8.53  |
|          |          | 鋪築施工機    |         | 0.09  |       |
| SS3      | 貼磁磚/馬賽克  | 磁磚/馬賽克   | 1cm/cm2 | 15.09 | 28.66 |
|          |          | 水泥砂漿分刷填縫 | 3cm     | 13.57 |       |
| SS4      | 抵石子      | 表面碎石水泥砂漿 | 6cm     | 27.15 | 27.15 |
| SS5      | 貼石板      | 石板       | 4cm     | 7.35  | 25.45 |
|          |          | 水泥砂漿粉刷填縫 | 4cm     | 18.10 |       |
| SS6      | 鋪設連鎖磚    | 連鎖磚      | 6cm     | 43.16 | 61.26 |
|          |          | 水泥砂漿粉刷填縫 | 4cm     | 18.10 |       |
| SS7      | PU 地坪    | PU 地坪    | 3mm     | 11.41 | 29.51 |
|          |          | 1:3 水泥砂漿 | 3cm     | 18.10 |       |
| SS8      | Epoxy 地坪 | Epoxy 地坪 | 3mm     | 8.00  | 21.58 |
|          |          | 1:3 水泥砂漿 | 3cm     | 13.58 |       |
| SS9      | 彈性地墊地坪   | 彈性橡膠地墊   | 5cm     | 21.14 | 38.52 |
|          |          | PU 黏著劑   | 1mm     | 3.80  |       |
|          |          | 1:3 水泥砂漿 | 3cm     | 13.58 |       |
| 枕木階梯碎石基礎 |          |          |         |       |       |
| 編號       | 名稱       | 材料細項規格   | 厚度      | 細項碳排  | 碳排標準  |
| SS10     | 鋪軟木      | 防腐軟木     | 16cm    | 10.07 | 10.29 |
|          | (70%覆蓋率) | 碎石級配     | 5cm     | 0.22  |       |
| SS11     | 瀝青混凝土    | 瀝青混凝土    | 5cm     | 8.44  | 8.53  |

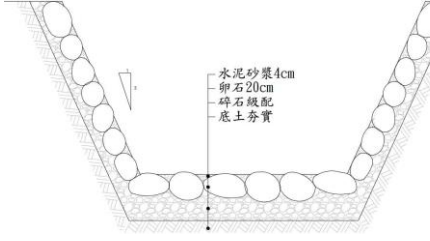
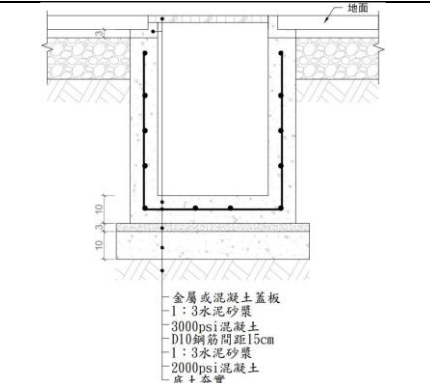
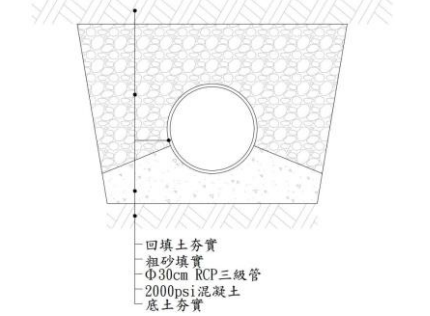
|      |       |       |     |       |       |
|------|-------|-------|-----|-------|-------|
|      |       | 鋪築施工機 |     | 0.09  |       |
| SS12 | 乾砌石塊  | 石塊    | 8cm | 14.72 | 15.15 |
|      |       | 襯墊砂   | 3cm | 0.43  |       |
| SS13 | 乾砌石板  | 石板    | 4cm | 7.35  | 7.78  |
|      |       | 襯墊砂   | 3cm | 0.43  |       |
| SS14 | 乾砌連鎖磚 | 連鎖磚   | 6cm | 43.16 | 44.02 |
|      |       | 襯墊砂   | 6cm | 0.86  |       |
| SS15 | 乾砌植草磚 | 水泥植草磚 | 6cm | 30.21 | 31.07 |
|      |       | 襯墊砂   | 6cm | 0.86  |       |

#### 四、土方排水(溝道)工程

本研究在「土方排水工程」新增 5 個項目於資料庫中。工程以構造材質作為分類依據，有草溝、乾砌石塊明溝、濕砌石塊明溝、RC 現場澆灌明溝、RCP 預鑄水泥管暗溝等。

表 5-15 土方排水工程之資材與施工碳足跡密度表

| 項目               | 材料規格                                                  | 厚度   | 細項<br>破排     | 破排<br>標準 | 圖面                                                                                   |
|------------------|-------------------------------------------------------|------|--------------|----------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| D1<br>草溝         | 挖土 0.15m <sup>3</sup><br>挖土機 (挖土 0.15m <sup>3</sup> ) |      | 1.19<br>1.50 | 2.69     |  |
| D2<br>乾砌<br>石塊明溝 | 厚卵塊石乾砌                                                | 20cm | 5.21         | 17.07    |  |
|                  | 碎石級配                                                  | 20cm | 2.86         |          |                                                                                      |
|                  | 挖土 0.5m <sup>3</sup>                                  |      | 3.98         |          |                                                                                      |
|                  | 挖土機 (挖土 0.5m <sup>3</sup> )                           |      | 5.02         |          |                                                                                      |
| D3<br>濕砌         | 厚卵塊石乾砌                                                | 20cm | 5.21         | 39.50    |                                                                                      |
|                  | 碎石級配                                                  | 20cm | 2.86         |          |                                                                                      |

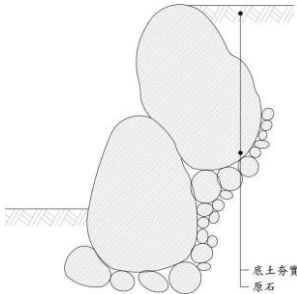
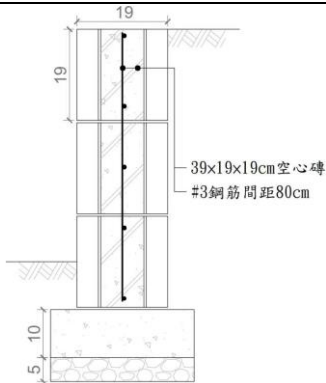
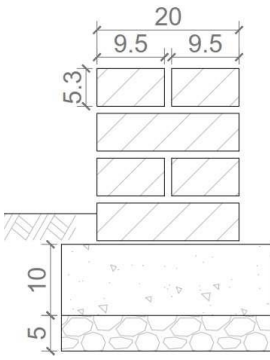
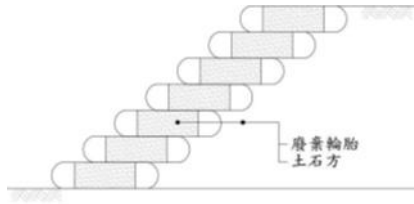
|        |                              |       |       |       |                                                                                     |
|--------|------------------------------|-------|-------|-------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 石塊明溝   | 水泥砂漿及填縫                      | 4cm   | 20.82 |       |   |
|        | 挖土 0.59m <sup>3</sup>        |       | 4.69  |       |                                                                                     |
|        | 挖土機 (挖土 0.59m <sup>3</sup> ) |       | 5.92  |       |                                                                                     |
| D4     | 2000psi 預拌混凝土                | 6cm   | 14.63 | 73.33 |   |
| RC 現場  | 3000psi 預拌混凝土                | 15cm  | 39.33 |       |                                                                                     |
| 澆灌明溝   | D10 鋼筋間距 15cm                |       | 8.58  |       |                                                                                     |
|        | 挖土 0.6m <sup>3</sup>         |       | 4.77  |       |                                                                                     |
|        | 挖土機 (挖土 0.6m <sup>3</sup> )  |       | 6.02  |       |                                                                                     |
| D5     | 3000psi RCP 三級管              | 365kg | 20.98 | 68.4  |  |
| 預鑄     | 內徑 30cm 管厚 5.7cm             |       |       |       |                                                                                     |
| 水泥管    | 粗砂                           | 20cm  | 2.86  |       |                                                                                     |
| RCP 暗溝 | 2000psi 預拌混凝土                | 10cm  | 24.38 |       |                                                                                     |
|        | 挖土 0.59m <sup>3</sup>        |       | 8.03  |       |                                                                                     |
|        | 挖土機 (挖土 0.59m <sup>3</sup> ) |       | 10.13 |       |                                                                                     |
|        | 吊卡車                          |       | 2.05  |       |                                                                                     |

## 五、擋土牆工程

本研究在「擋土牆工程」新增 4 個項目於資料庫中。工程以構造材質與形式作為分類依據，目前以高度 90 公分以下之無基礎擋土牆為範疇，計有乾砌石牆、空心磚牆、磚牆、廢輪胎擋土等。

表 5-16 擋土牆工程之資材與施工碳足跡密度表

| 項目   | 材料規格 | 厚度                 | 細項   | 碳排    | 圖面 |
|------|------|--------------------|------|-------|----|
|      |      |                    | 碳排   | 標準    |    |
| RW1  | 石塊   | 30cm               | 7.82 | 11.79 |    |
| 乾砌石牆 | 碎石填縫 | 0.06m <sup>3</sup> | 0.86 |       |    |

|                  |                                                                     |                                           |                                     |        |                                                                                      |
|------------------|---------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------|--------|--------------------------------------------------------------------------------------|
|                  |                                                                     |                                           |                                     |        |    |
|                  | 山貓鏟裝機<br>挖土機 (挖土 0.3m <sup>3</sup> )                                | 1m <sup>3</sup>                           | 0.10<br>3.01                        |        |                                                                                      |
| RW2<br>空心磚牆      | 39*19*19cm 空心磚<br>水泥砂漿填縫補強<br>#3 鋼筋間距 80cm<br>3000psi 預拌混凝土<br>碎石級配 | 12.5 塊<br><br><br>厚 10cm<br>寬 30cm<br>5cm | 2.5<br>9.07<br>1.92<br>9.83<br>0.29 | 23.61  |    |
| RW3<br>1B 磚牆     | 紅磚<br>1:3 水泥砂漿填縫<br>3000psi 預拌混凝土<br>碎石級配                           | 145 塊<br><br>10cm<br>5cm                  | 64.80<br>41.99<br>9.83<br>0.29      | 116.91 |   |
| RW4<br>廢輪胎<br>擋土 | 廢棄輪胎運輸<br>吊卡車 (15T)<br>挖土機 PC120<br>山貓鏟裝機 (回填土)                     | 0.8m <sup>3</sup>                         | 3.66<br>19.10<br>1.50<br>1.19       | 25.45  |  |

## 第五節 小結

根據本研究於本章之景觀硬體工程圖集彙整繪製與各構件的蘊含碳排計算，在此論述其結果：

由本研究工程圖說之蘊含碳排計算中可得，一個設施工程所選用之材料，為影響其資材與施工碳足跡密度的重要因素。多數選用鋼筋混凝土、水泥磚及紅磚為材料的設施項目，其資材與施工單位碳排放量相較於選用碎石、枕木等材料的設施明顯高上許多。

例如以車道停車場設施而言，車道停車場設施之基礎結構最大值為 RC 路基（61.56 kgCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>），最小值為碎石路基（9.32 kgCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>）；表層結構最大值為貼連鎖磚/水泥磚表層（84.55 kgCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>），最小值為瀝青混凝土表層（8.53 kgCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>）。而在步道廣場設施方面，基礎結構最大值為 RC 路基（42.2kgCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>），最小值為碎石路基（6.36 kgCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>）；表層結構最大值為貼連鎖磚/水泥磚表層（61.26 kgCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>），最小值為乾砌石版表層（7.78 kgCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>）。階梯設施方面，基礎結構最大值為砌磚基礎（123.97 kgCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>），最小值為枕木階梯碎石基礎（54.26 kgCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>）；表層結構較大值為貼連鎖磚/水泥磚表層（61.26 kgCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>），最小值為乾砌石版表層（7.78 kgCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>）。而在土方排水設施方面，最大值為 RC 現場澆灌明溝（73.33 kgCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>），最小值為草溝（2.69 kgCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>）。至於在擋土設施擋土設施之最大值為 1B 磚牆（116.91 kgCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>），最小值為乾砌石牆（11.79 kgCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>）。

綜合以上的數值呈現，在各項工程設施中，若採用水泥與磚的材料與工法，其單位碳排都會明顯較高。因此，在設施的材料選用上，若是強度許可，以其他較低碳的工法取代鋼筋混凝土的使用，都可減新建資材與施工的碳排放量。因此，在硬鋪面設施的材料選用上，減少硬鋪面比率，且若是強度許可，鋪面基礎以底土夯實加上碎石級配層，或是其他透水性工法取代鋼筋混凝土基礎，以減少鋼筋

混凝土的使用，即可減少大量的新建資材與施工碳排放量。另在土方排水設施部分，以草溝等生態工法的排水設施取代鋼筋混凝土排水明溝或暗溝，也可有效減少排水設施的碳排放量。

# 第六章 結論與建議

## 第一節 結論

我國在 2015 年 6 月 15 日經立法院會三讀通過《溫室氣體減量及管理法》後，明文規範溫室氣體長期減量目標為「2050 年的溫室氣體排放量要降為 2005 年的 50%以下」。在上述動向與政策走勢之際，內政部建築研究所延續之前年度所建構的建築材料碳足跡資訊系統與平台，為進一步達到普及化，本年度委託本研究團隊建置「綠建築與建材碳揭露之可行性研究」。

本次研究的主要目的在於探討綠建築與建材碳揭露之可行性，就目前綠建築與綠建材標章制度，針對現有指標的「二氧化碳指標」等進行檢視，並提出在運用資料庫的前提下，前述標章制度新增與修正之建議。經由綠建築標章制度之彙整、國外相關建築碳揭露機制之分析，可發現就現有綠建築評估指標當中，唯有日本的 CASBEE 依據 AIJ-LCA 資料庫進行 LCCO<sub>2</sub> 的量化計算；而 LEED ZERO 則是著眼於建築物竣工後，營運一年間的能源消耗或人員移動所造成的碳排可避免或抵消之程度；至於 EEW 的二氧化碳減量指標則是界定在建築物軀體構造的建材，在生產過程中所使用的能源而換算出來的 CO<sub>2</sub> 排放，但屬於簡易型的計算方式。而在民間「低碳建築聯盟」雖早在 2014 年即推動低碳建築之認證，但除了部分地方政府(如台中市)或部分公共工程列為開發之必要評估項目以外，其制度目前多為鼓勵而非強制之性質。有鑑於業界已熟稔目前的綠建築標章九大指標，本研究建議暫不宜對於二氧化碳減量指標進行大幅度地更動，而是可藉由前述低碳建築聯盟之制度加以結合，當通過此認證取得「碳足跡標章」至一定以上等級者，或是完整計算建築物主要資材製造/運輸碳足跡者，可視同通過綠建築標章之二氧化碳減量指標。

而在碳揭露結合綠建材標章之可行性方面，有鑑於專家會議結果對其方向持肯定之態度，但對於是否納入「通則」尚呈現意見之分歧。本研究建議未來可思

考在政策落實上的檢討。而碳足跡評估融入的模式，目前以綠建材標章之評定分類，「生態類」及「再生類」屬環境永續軸向，具低碳及減碳效益；而「高性能」（隔熱、透水）亦有間接低度減碳效益外，「健康類」則屬人本健康軸向，尚無實質減碳功能，但通過數量占比達 75% 以上。故綠建材與碳揭露建議採取分類別結合方式為宜。若將生態類及再生類合併為低碳類，則與碳揭露結合較為名符其實，且接受度較高。惟不建議納入「通則」當中辦理。

至於在資料庫內容的持續擴充上，從研究結果得知目前雖已有超過一千筆以上的碳足跡數據，然而考量材料/產品推出之日新月異，除了有賴學術界的持續研究與調查以外，如何誘導民間業界持續提供新材料與新工法的相關碳排放數據亦是重點；本研究在前述所提「綁定」現有綠建材標章的策略，即是有效由民間充實資料庫之具體作為，惟其公開數據的正確性亦有賴學界或第三公正單位的審查把關。另，在鼓勵業界提供數據之前，建議應就「初級資材碳足跡資料庫 P-LCC」、「建築構件碳足跡資料庫 B-LCC」、「景觀構件碳足跡資料庫 L-LCC」、「室內裝修碳足跡資料庫 I-LCC」四類碳足跡資料庫，不同內容的計算範疇加以正確界定，以免影響數據之準確性。

另，有鑑於目前現有資料庫當中景觀構件碳足跡內容有增加之必要，本研究收集 45 項常見之景觀工程手法，以繪製標準化的圖說與施工程序標準化的設定，界定「搖籃到施工落成」的計算境界條件範疇，完成 45 個景觀工程項目之碳足跡計算。從其結果得知一個設施工程所選用之材料，係為影響其資材與施工碳足跡密度的重要因素。多數選用鋼筋混凝土、水泥磚及紅磚為材料的設施項目，其資材與施工單位碳排放量，明顯高於選用碎石、枕木等材料的設施。

## 第二節 建議

依據本團隊之研究成果，後續發展建議如下：

### 建議一：

#### 持續強化資料庫內容(立即可行建議)

因應材料/產品發展之日新月異，未來可持續針對新工法新材料、以各種防火時效之隔間材料、分戶樓板衝擊音之地坪材料等進行碳足跡評估。其可委託學術界計算，或由相關廠商提供自評結果由所所方、學界或第三公正單位審查。

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：學術單位或第三公正單位

### 建議二：

#### 碳揭露與 BIM 系統的結合(立即可行建議)

建議未來於產業平台與的運用方面，可結合建築資訊呈現系統(BIM)在設計前期就給設計者回饋。惟此作業牽涉元件庫的設計製作等技術層面，建議未來可與建築師公會或相關推廣機構商討其可行性。

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：建築師公會

### 建議三：

### 碳足跡標示制度的明文化(立即可行建議)

有鑑於目前日本 CASBEE 已有完整明確的建築碳足跡機制與計算方法。建議未來在中長程計畫的建議下，結合我國的建築能源標示制度，藉由資料庫與產業平台的應用，將建築「碳足跡標示」明文化。

主辦機關:內政部建築研究所

協辦機關:台灣建築中心