

110 內政部建築研究所

年度 研 究 成 果 發 表 講 習 會



論文集

場次F1 智慧綠建築科技發展應用

- 綠建築與建築能效標示之調合研究-林憲德
- 綠建築標章與都市更新容積獎勵減碳量之關聯性研究-孫振義
- 建築規劃設計導入循環經濟發展理念之研究-黃榮堯

主辦單位：內政部建築研究所
中華民國111年5月

綠建築與建築能效標示之調合研究

主講人簡歷

姓 名：林憲德

服務單位：國立成功大學建築系

職 稱：教授

聯絡電話：06-2757575-54126

傳 真：07-2762550

電子信箱：linsiraya@yahoo.com.tw

學 歷：日本東京大學建築系工學博士

經 歷：國立成功大學建築系教授

主要著作：

1. 林憲德，2010.12，「綠色魔法學校:傻瓜兵團打造零碳綠建築」，新自然主義出版社，ISBN 9789576966910
3. 林憲德，2011，「Green Architecture - An Asian Perspective(亞洲觀點的綠色建築)」，Pace publishing，Hong Kong，ISBN 9789881887382
4. 林憲德，2011，「Green Architecture - An Asian Perspective(亞洲觀點的綠色建築)」，Pace publishing，Hong Kong，ISBN 9789881887382
5. 林憲德，2016.09，「綠建築 91 技術」，詹氏書局，ISBN 97895767055118
6. 林憲德，2018.06，「建築產業碳足跡---建築、景觀、室內裝修的碳管理策略」，詹氏書局，ISBN 97895767055682
7. 林憲德，2009,09，「熱濕氣候的人居熱環境」，詹氏書局，ISBN 9789577056009

中文摘要

林憲德¹ 潘振宇² 嚴佳茹³

關鍵字：建築能效標示，EEWH，綠建築標章

本研究的目的是在於建立一個在台灣的綠建築標章與建築能效標示雙軌合一的新制度，同時可讓我國的綠建築標章具備高水準的建築能效評估功能，也可確保建築能效標示得以在既有綠建築制度下加速落實。本研究首先建置完成作為非住宅類建築之建築能效計算標準之 EEWH-BERS 手冊草案，接著完成附有建築能效評估功能的 EEWH-BC、EEWH-EB&RN(合併 EB、RN 二手冊)兩手冊草案，令我綠建築標章制度擴增至 EEWH 七大家族評估體系，且達成與建築能效標示制度全面接軌的工程。

我國的建築能效制度建立於本研究獨創的台灣能效評估系統 TBERS，同時採用近零碳建築 NZCB (Nearly Zero-Carbon Building)作為淨零建築政策之「建築最高能效」標示，不但能與聯合國的淨零排放與內政部的淨零建築政策接軌，且能兼顧我國建管與綠建築制度的可行型。本研究已確認 TBERS 能確實掌握現有建築節能技術達成內政部近零碳建築節能率 50%之目標，不但可完成「溫室氣體減量及管理法」對內政部於 2025 年前發展建築能源護照之要求，同時也是實踐淨零建築政策的利器。此次建築能效標示能與綠建築標章巧妙結合，將是我國建築節能政策上的一大躍進，也是落實我國淨零建築政策的第一步。

¹國立成功大學建築系教授

²國立成功大學建築系助理教授

³景文科技大學副教授

ABSTRACT

Keywords : Building Energy-Efficiency Rating System, EEWH, Green Building Labeling System

This project is to create a new system which can integrate the existing Green Building Label system and a building energy efficiency rating so as to execute the building energy efficiency rating policy smoothly under the existing successful Green Building system. Firstly this research established a building energy efficiency rating method, EEWH-BERS, for non-residential buildings to promote the Green Building Label system to 8 families level. Then a new EEWH-BC edition with a building energy efficiency rating function and a new EEWH-EB&RN edition integrated EEWH-EB and EEWH-RN editions were established to create a totally integration achievement of Green Building Label system and the Building Energy Efficiency Rating system.

Taiwan's Building Energy Efficiency Rating System TBERS is established on the research result of this project. and is applying NZCB to present the top label of Building Energy Efficiency Rating so as to integrate with the Net Zero Emission policy of UN and the Net Zero Building policy of the Ministry of Interior. TBERS itself can not only response the request of developing a Building Energy Passport system by 2025 from 'Greenhouse Gas Reduction and Management Act' and NZCB level in TBERS was set on energy saving rate 50% so as to implement the Net Zero Building policy. The experimental results obtained will be utilized as an important reference to establish the code of smoke management system with makeup air system in Taiwan.

壹、緒論

一、研究動機與目的

我國過去雖有建築外殼節能法規、綠建築標章制度，但對於由消費者角度帶動市場節能行動的功能尚嫌不足，有賴新發展的台灣建築能效標示制度來補足。概觀而言，現行建築技術規則的建築外殼節能設計指標(如 ENVLOAD、Req)約只有一成的建築能源規範能力，包含建築外殼 EEV、空調 EAC、照明 EL 等節能指標的現行綠建築標章則約有 70%的建築能源規範能力，但建築能效標示制度則可躍昇為 90~100%的建築能源規範能力，可見推動建築能效標示制度的重要性。有鑑於此，建築研究所已規劃於綠建築標章系統下導入建築能效標示評估方法，並於 109 年辦理住宅類及非住宅類綠建築能源計算基準與標示之研究，提出「綠建築評估手冊-建築能效評估系統(EEWH-BERS)」草案，但考量尚須與原有綠建築評估制度相關手冊結合，才能於綠建築標章體系下落實建築能效標示制度。建築研究所於 109 年「非住宅類綠建築能源計算基準與標示之研究」中已利用現有 EEWH-BC 評估手冊空調 EAC、照明 EL 等指標建立綠建築標章以能效標示作為日常節能指標的評估法，本研究繼此在 EEWH-EB&RN、EEWH-BC 等綠建築評估手冊的建築能效標示導入建築能效標示與評估方法，以期能正式展開綠建築標章與建築能源護照雙軌合一之政策。

貳、研究內容

本研究所建置的台灣建築能效評估系統 TBERS 系統乃根據林憲德教授提出的兩大理論而來，這兩大理論為(1)動態分區法 (dynamic zone EUI method, Lin Hsien-Te et al, 2013, Lin Hsien-te & Yen Chia-ju, 2021)，(2)EUI 右偏分佈法(right-skewed EUI distribution method, 林憲

德、嚴佳茹、王榮進、羅時麒，2020，Lin Hsien-te & Yen Chia-ju，2021)。

首先，動態分區 EUI 法乃是為了改善混合使用建築物的建築耗能預測能力，將所有建築物空間拆解成數十種以空調營運模式、室內發熱水準分類的耗能分區(energy zone)，並建置成各分區的 EUI(Energy Use Intensity)基準值，再以此 EUI 基準值與其建築外殼與設備之設計條件來預測整體建築耗能的方法。動態分區 EUI 理論的概念如圖 1 所示，例如一棟由展覽、商業、辦公等三類耗能分區所組成的建築物，其整體耗能 EUI 基準值可由此三類耗能分區的 EUI 基準值加權計算而得。申請案件所需之耗能分區 EUI 基準值均已建置完成「BERS 耗能分區 2000 年 EUI 基準資料庫」，可順利執行本能效評估法。

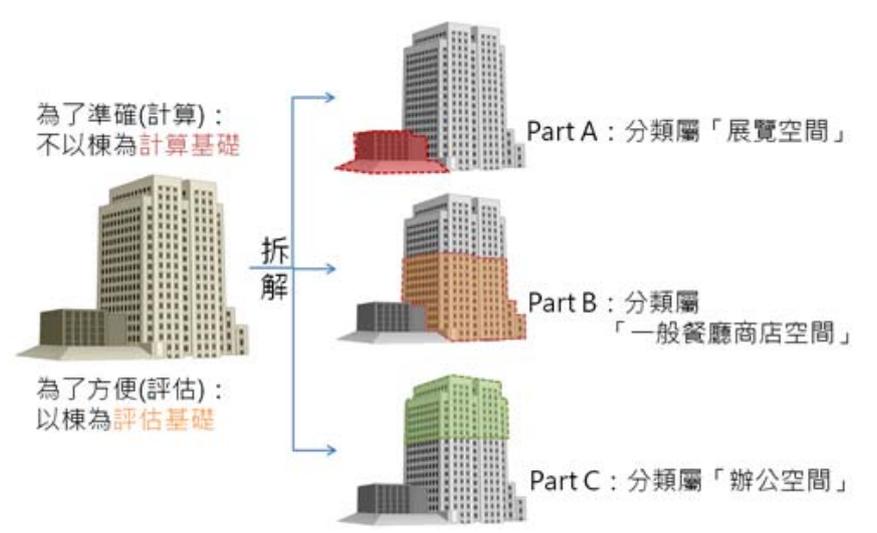


圖 1 動態分區 EUI 法採用「耗能分區」之排列組合來預測建築耗能

(資料來源：本研究整理)

接著，EUI 右偏分佈法的概念如圖 2 所示，它是假設在相同氣候條件、相同營運條件下，同類耗能分區樣本母體或由多個耗能分區以相同平面組合而成的同類建築物樣本母體，在建築市場上之 EUI 分佈均呈現一個右偏分佈(right skewed distribution)的特性，由此右偏分佈可定位出該類耗能分區或該類建築物之節能特性與能源效率排序，再依此作

為能效評分的尺度。由於建築研究所已定義綠建築節能計算基準年為我國綠建築制度啟動之 2000 年，該EUI右偏分佈為本手冊模擬的 2000 年建築市場EUI耗能分佈情形，其平均值EUI_m是以現行空調、照明之綠建築合格能效基準再低 20%之條件模擬而成，其綠建築基準值EUI_g(以下簡稱GB基準值)與近零碳建築水準的EUI_n(以下簡稱NZCB基準值)是以空調與照明的節能比例 20%、50%之條件模擬而成，其最大值EUI_{max}是以空調與照明耗能水準為現行綠建築合格線兩倍之條件模擬而成。此EUI右偏分佈模型，是假設每一類耗能分區或多數耗能分區所組成的複合建築物在市場上的EUI分佈特性。由於建築物多由不同耗能分區所排列組合而成，因此每一建築物均有其獨一無二的EUI評分尺度。接著，BERS之EUI評分尺度之評分法，是以EUI_n、EUI_g、EUI_{max}設為 90、50、0分之基線，亦即將GB基準值設為合格分界點，在GB基準值左側EUI_n~EUI_g區間分割成五個等分間距訂為 4、3、2、1、1⁺之能效分級，其中 >90 分區間為近零碳建築之 1⁺等級區間。另外在GB基準值右側EUI_g~EUI_{max}區間訂有不及格部分之 5、6、7 能效分級，其中 6、7 等級乃是市場上能效極差的不良建築，無須對之施行過細分級認證，因而給予兩倍較寬之間距。此標示法為承襲EN 15217(2007)所建議A~G之七階段標示標準，而 1⁺之NZCB等級則為EN 15217 所允許額外標示之等級，也是歐美最常用的近零碳建築能效標示方法。

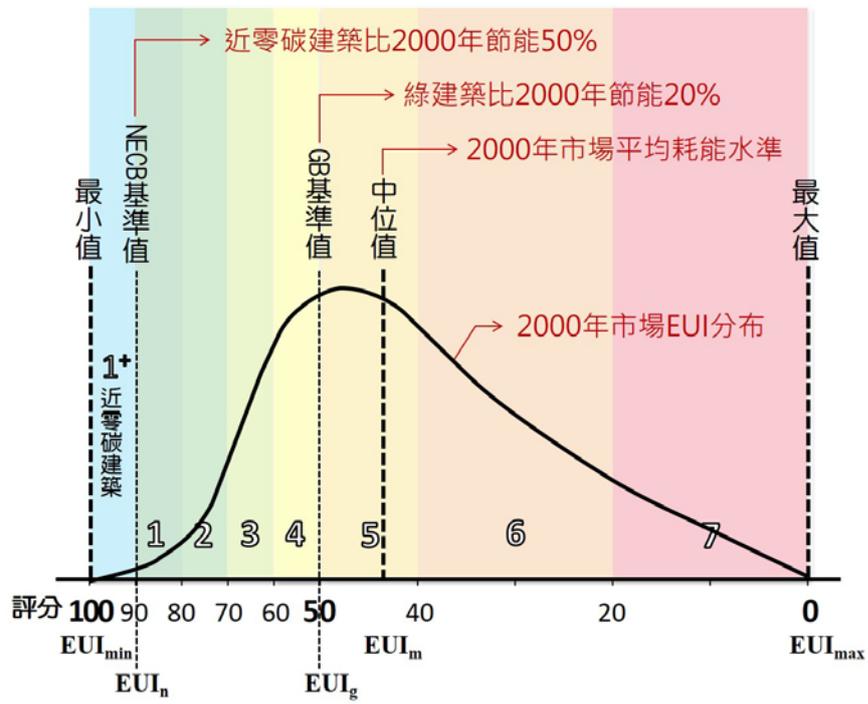


圖 2 EUI 右偏分佈與能效評分尺度概念模型圖

(資料來源：本研究整理)

參、研究發現

本研究一共建置完成與建築能效標示制度接軌的三本綠建築手冊草案，即 EEWH-BERS、EEWH-EB&RN、EEWH-BC 三手冊，其概要如下：

一、綠建築評估手冊-建築能效系統(EEWH-BERS)之建置

EEWH-BERS 手冊是依據前述動態分區 EUI 理論與 EUI 右偏分佈理論所建置的非住宿類建築之建築能效標準，由 109 年委託研究案「非住宅類綠建築能源計算基準與標示之研究」成果改編而成。此 EEWH-BERS 草案已經完成如圖 3 所示，並已由建築研究所於 2021 年 12 月函頒公告，自 2022 年 1 月 1 日起實施。

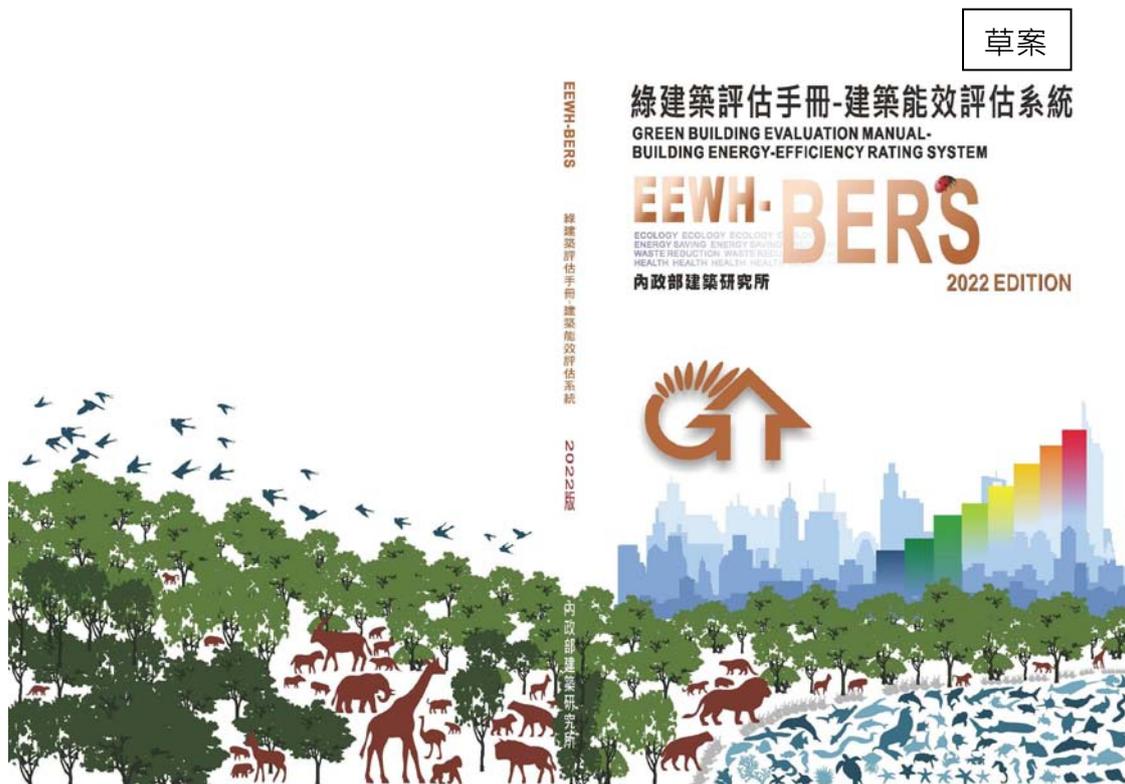


圖 3 EEWH-BERS 綠建築評估手冊草案封面

(資料來源：本研究整理)

EEWH-BERS 手冊所提出台灣建築能效評估系統 TBERS 之分類與其適用對象如表 1 所示，它包含公共建築等非住宅建築專用的建築能效評估系統 BERS 與住宅類建築專用的新建住宅能效評估系統 R-BERS 兩大主系統。其中，非住宅建築專用的 BERS 之下，再分成新建建築能效評估系統 BERSn、既有建築能效評估系統 BERSe、機構建築能效評估系統 BERSi、便利商店能效評估系統 BERSc 等四次系統。

表 1 TBERS 的系統分類

主系統	次系統	評估依據	適用對象與功能
建築能效評估系統 BERS(非住宅類專用)	新建建築能效評估系統 BERSn	建築外殼節能設計效率 EEV、空調系統設計效率 EAC、照明節能設計效率 EL	6 類 13 組新建建築之設計能效揭露
	既有建築能效評估系統 BERSe	建物營運條件、建築圖說修正電費單資料	6 類 13 組既有建築之營運能效揭露
	機構建築能效評估系統 BERSi	機構建築母體 EUI 統計，建物營運條件、建築圖說修正電費單資料	辦公、旅館、百貨商場、醫院等四類建築群組機構組織對旗下既有建築之營運能效揭露
	便利商店能效評估系統 BERSc	連鎖便利商店母體 EUI 統計修正電費單資料	連鎖超商對旗下便利商店分店之營運能效揭露
住宅能效評估系統 R-BERS(只適用於新建住宅)		建築外殼節能設計效率 EEV、八項固定設備系統設計效率	集合住宅、住宅另見住宅綠建築評估手冊 EEWB-RS(另訂)

(資料來源：本研究整理)

二、綠建築評估手冊-既有建築及其改善類(EEWH-EB&RN)之建置

本研究三本含建築能效評估與標示的綠建築手冊中，第二本是作為開拓既有綠建築市場功能的 EEWB-EB&RN 手冊。該手冊是結合舊 EEWB-RN 手冊與建築研究所 108 年協同研究計畫「既有建築綠建築評估手冊之研究」研究成果，並融合前述 EEWB-BERS 功能所改編完成的手冊。此 EEWB-EB&RN 已經完成如圖 4 所示的綠建築評估手冊，正等待專案審查公開閱覽之後，再經修正後正式公告實施。

EEWH-EB&RN 內含 EB 與 RN 兩種功能:前者為舊建築節能改善評估之功能(以用電量評估)，只適用於具備最近四年內連續 24 個月之用電度數資料且正常營運的建築申請，不論增改建、改造或是現況，只要有電費單或實測耗電紀錄即可評估，適用範圍甚廣；後者為舊建築改造評估之功能(必須有改造工程)，容許改造面積達一百平方公尺以上之建築局部空間申請，可擴大申請對象，並加速舊建築市場的綠建築改造。



圖 4 EEWB-EB&RN 綠建築評估手冊草案封面

(資料來源：本研究整理)

三、新綠建築評估手冊-基本型(EEWH-BC)之建置

本研究三本含建築能效評估與標示的綠建築手冊中，第三本是最重要且應用最廣的 EEWB-BC 手冊，它是將前述 EEWB-BERS 功能導入舊 EEWB-BC 手冊之工作，但必須全面更新原日常節能指標之 EAC、EL 計算法，使之符合綠建築、近零碳建築相對於 2000 年平均

耗能水準達節能 20%、50%之水準。此 EEWB-BC 已經完成如圖 5 所示的綠建築評估手冊草案。



圖 5 EEWB-BC 綠建築評估手冊草案封面

(資料來源：本研究整理)

新 EEWB-BC 手冊只在日常節能指標上與能效標示結合，其他指標並無改變。由於建築研究所已經設定綠建築節能計算基準年為綠建築標章實施之 2000 年，綠建築標章之 GB 基準值與近零碳建築之 NZCB 基準值必須被定位為比 2000 年市場平均耗能水準有節能 20%、50%之水準，因此日常節能指標之建築外殼節能效率 EEV、空調節能效率 EAC、照明節能效率 EL 之合格基準值均必須被定位為比 2000 年市場平均設計耗能水準節能 20%水準。然而，為了執行綠建築標章與建築能效標示之工作，EEWH-BC 之日常節能指標必須被設計成具備最新「建築能效評估法」，並保有舊 EEWB-BC「分項評估法」之雙軌系統。有鑑於此，新版 EEWB-BC 日常節能指標將提供以下「能效評估

法」與「分項評估法」等兩類評估法，這兩類評估法所適用之建築使用分類如下表所示。

表2 EEWB-BC「能效評估法」與「分項評估法」之適用建築類組

能效評估法適用建築類組	分項評估法適用建築類組
低於海拔800公尺地區之下述建築使用類組:B4旅館、D1健身休閒、D2文教設施、F1醫療照護、G1金融證卷、G2辦公場所	適用EEWH-BC但非能效評估法適用建築類組者

(資料來源：本研究整理)

肆、結 論

本研究的目的是在於建立一個在台灣的綠建築標章與建築能效標示雙軌合一的新制度，同時可讓我國的綠建築標章確保高水準的建築能效。本研究已完成 EEWB-BERS、EEWH-EB&RN、EEWH-BC 三手冊之更新，可達成綠建築標章與建築能效標示制度的無縫接軌。本研究成果可呼應監察院對內政部研究發展建築能效標示制度之建議，同時可完成「溫室氣體減量及管理法」對內政部於 2025 年前發展建築能源護照之要求。尤其目前我政府在《巴黎氣候協定》要求世界各國推動淨零排放立法之壓力下，我政府已要求各部會訂立淨零排放期程，其中淨零建築(Net Zero Building)為賦予內政部的任務，本案所達成的綠建築標章與建築能效標示制度的無縫接軌可說是超前部屬的創舉。本研究已顯示:建築能效標示制度是一種更周延、更精確的耗能管制工具，可將現行綠建築的 70%的建築能源規範能力提升至 90~100%，同時也是一種可讓民眾看清楚的有感標示法，可誘發民間輿論以帶動建築業主的節能改造行動。此次建築能效標示與綠建築標章得以巧妙結合，將是我國建築節能政策上的一大躍進。

伍、參考文獻

- (1)鄭元良、林憲德，2019。既有建築綠建築評估手冊之研究，內政部建築研究所協同研究計畫。
- (2)林憲德、郭柏巖、嚴佳茹，2020。非住宅類綠建築能源計算基準與標示之研究，內政部建築研究所委託研究計畫
- (3)林憲德、嚴佳茹、王榮進、羅時麒，2020，既有旅館建築能效評估與標示方法之研究，臺灣建築學會「建築學報」第 114 期增刊
- (4)EN 15217 (2005). Energy performance of buildings - Methods for expressing energy performance and for energy certification of buildings.
- (5)Lin, H.T., Su T.C., Ho M.C., (2013). Dynamic Energy-Use Intensity Index for Green Building Evaluation Systems in Taiwan, DISASTER ADVANCES 6(3) 1-10, Jul 2013 (SCI)
- (6)Lin Hsien-te & Yen Chia-ju (2021) Hotel energy rating system using dynamic zone EUI method in Taiwan, Energy & Buildings, Volume 244(SCI)

綠建築標章與都市更新容積獎勵減碳量之關聯性
研究

主講人簡歷

姓 名：孫振義

服務單位：國立政治大學地政學系

職 稱：教授

聯絡電話：02-29393091-50604

傳 真：02-29390251

電子信箱：justin.sun.tw@gmail.com

學 歷：國立成功大學建築學系博士

經 歷：國立政治大學地政學系教授、台灣綠建築發展協會副秘書長

主要著作：

1. 孫振義;簡嘉伶*， 2022.03， '營運階段綠辦公建築管理與維護之評估指標研究， ' 建築學報，.(TSSCI)(*為通訊作者)(本論著未刊登但已被接受)
2. Wei-Ling Tsou*;Chen-Yi Sun， 2021.10， 'Consumers' Choice between Real Estate Investment and Consumption: A Case Study in Taiwan， ' Sustainability， Vol.13， No.21， pp.11607.(SSCI， SCIE， SCOPUS)(*為通訊作者)
3. 楊宛真;鄒瑋玲*;孫振義， 2020.03， '運用營運績效付款機制於社會住宅之研究， ' 物業管理學報， Vol.11， No.1， pp.23-34.(*為通訊作者)
4. 孫振義*;曹妤， 2019.06， '綠建築評估項目對住宅不動產估價調整率之影響， ' 住宅學報， Vol.28， No.1， pp.27-50.(TSSCI)(*為通訊作者)
5. Chen-Yi Sun*;Hsiu-Hsiung Tai;Ai-Ching Yen， 2019.05， 'Use of Planning Training Courses and Activities to Enhance the Understanding

- of Eco-Community Planning Concepts in Participatory Planning Workshop Participants: A Case Study in Taiwan , ' International Journal of Environmental Research and Public Health , Vol.16 , No.9 , pp.1666.(SSCI , SCIE , SCOPUS)(*為通訊作者)
6. Chen-Yi Sun*;Soushi Kato;Zhonghua Gou , 2019.05 , 'Application of Low-cost Sensors for Urban Heat Island Assessment: A Case Study in Taiwan , ' Sustainability , Vol.11 , No.10 , pp.2759.(SSCI , SCIE , SCOPUS)(*為通訊作者)
 7. Chen-Yi Sun*;Yin-Guang Chen;Rong-Jing Wang;Shih-Chi Lo;Jyh-Tyng Yau;Ya-Wen Wu , 2019.04 , 'Construction Cost of Green Building Certified Residence: A Case Study in Taiwan , ' Sustainability , Vol.11 , No.8 , pp.2195.(SSCI , SCIE , SCOPUS)(*為通訊作者)
 8. Chen-Yi Sun*;Yen-An Chen;Xiuzhi Zhang , 2019.02 , 'Key Factors in the Success of Eco-communities in Taiwan' s Countryside: the Role of Government , Partner , and Community Group , ' Sustainability , Vol.11 , No.4 , pp.1208.(SSCI , SCIE , SCOPUS)(*為通訊作者)
 9. Chen-Yi Sun*;Te-Chuan Li;You-Yu Chen;Tsun-Chin Wu , 2018.12 , 'Smart and Ecological Community Assessment Indicator System of Taipei City , ' 建築學報 JOURNAL OF ARCHITECTURE , Vol.106(S) , pp.41-54.(TSSCI)(*為通訊作者)
 10. 孫振義* , 2017.12 , '熱季街道環境與熱舒適性關係之研究 , ' 都市與計劃 , Vol.44 , No.4 , pp.375-397.(TSSCI)(*為通訊作者)

中文摘要

孫振義¹ 彭勝椿² 陳柔婕³

關鍵字：綠建築、都市更新、容積獎勵、減碳

都市中，有許多地區會隨著發展核心的轉移而步入衰退。然而，為了解決這些都市衰退所形成之老舊社區所衍生出的經濟問題與社會秩序問題等，台灣自過去二十幾年來主要採取了「都市更新」之手段。政府透過維護、整建及重建之方式，促進都市土地的再利用、復甦都市機能、改善都市破舊景觀、提升建築效能以及保障都市居民之居住與生活品質。

然而，政府促進都市更新之手段有許多，其中最有效率且實際之作法就是「容積獎勵」。因此，臺灣在近年「都市更新容積獎勵辦法」修法後，共計有 13 項「floor area ratio bonus」項目，其中，具生態、節能、減廢、健康意涵的「綠建築標章」亦成為「容積獎勵」項目之一。綠建築因其節能設計概念可讓建築物相較於一般建築物有更佳之節能、節水及減碳效益，對於地球環保與永續發展具有很大的助益。是以，「綠建築標章」長久以來為社會各界所推崇，亦可視為是兼顧經濟效益及環保永續功能，並得有效推動都市更新之較佳方案。

臺灣政府自 2008 年將「綠建築標章」納入「都市更新容積獎勵辦法」之中，希望能促使更多的都市更新開發計畫能更加投入於「綠建築」之推廣，及增加都市更新推動之效能。然而，因「綠建築標章」為自願性，近年來，內政部考量把取得綠建築標章納入「都市更新容積獎勵辦法」項目之一實為是獎勵都市更新為初衷。

自 2010 年至 2019 年底為止，臺灣且已有超過百件案例基於「Regulations of Bulk Reward for Urban Renewal」，透過取得高等級綠建築標章來獲得更多的容積獎勵。然而，此部分因增額容積所興建之樓

地板勢必衍生出更多額外碳排量，其與「綠建築標章」所提倡的減碳效益間是否矛盾，一直為成為爭論的重點。不過，在諸項容積獎勵項目中，「綠建築容積獎勵」是少數兼具減碳效益及永續環保之獎勵。是以，確有必要針對綠建築容積獎勵之都市更新案例，進行比較分析以釐清爭議。

基此，本研究擬透過實際取得「容積獎勵」之都市更新案例（6-10個住宅案例）分析，而瞭解各「容積獎勵」項目之碳排量，以達成以下目的：

- 一、釐清透過取得綠建築標章之容積獎勵住宿類都市更新案例，四十年生命週期之單位樓地板面積碳排放量與減碳效益。
- 二、綜合估算住宿類都市更新案例各容積獎勵項目之四十年生命週期之單位樓地板面積碳排放量。
- 三、提出住宿類都市更新案例主要容積獎勵項目之減碳排序，以供相關施政與推廣參考。

¹國立政治大學地政學系 教授

²國立政治大學地政學系 研究生

³國立政治大學地政學系 研究生

ABSTRACT

Keywords : green building, urban renewal, building bulk ratio bonus, carbon reduction

Many areas in the city will decline as the core of development shifts. However, in order to solve the economic problems and social order problems arising from the old communities formed by the urban recession, Taiwan has mainly adopted the means of "urban renewal" in the past two decades. Through maintenance, renovation and reconstruction, the government promotes the reuse of urban land, revives urban functions, improves urban dilapidated landscapes, enhances building efficiency, and protects the living and living quality of urban residents.

However, the government has many methods to promote urban renewal, among which the most efficient and practical method is the "floor area ratio bonus". Therefore, after the amendment of the "Regulations of Bulk Reward for Urban Renewal" in recent years, Taiwan has a total of 13 "floor area ratio bonus" indicators. Among them, the "green building label" with ecological, energy saving, waste reduction and health implications has also become one of the "floor area ratio bonus" indicators. Because of its energy-saving design concept, green buildings can make buildings have better energy-saving, water-saving and carbon-reduction benefits than ordinary buildings, which is of great help to the environmental protection and sustainable development of the earth. Therefore, the "Green Building Label" has long been respected by all walks of life in the society, and it can also be regarded as a better solution that takes into account economic efficiency and environmental sustainability and effectively promotes urban renewal.

The Taiwan government has included the "Green Building Label" in the "Regulations of Bulk Reward for Urban Renewal" since 2008, hoping to encourage more urban renewal development plans to be more invested in the promotion of "green buildings" and increase the number of cities Update the efficiency of promotion. However, because the "Green Building Label" is voluntary, in recent years, the Ministry of the Interior considered that the acquisition of the Green Building Label was included in the "Regulations of Bulk Reward for Urban Renewal" project as the original intention of rewarding urban renewal.

From 2010 to the end of 2019, there have been more than one hundred cases in Taiwan based on "Regulations of Bulk Reward for Urban Renewal", and more volume awards have been obtained by obtaining high-level green building labels. However, this part of the floor built by the increased volume is bound to derive more additional carbon emissions. Whether it contradicts the carbon reduction benefits advocated by the "Green Building Label" has always been the focus of debate.

However, among the various volume award projects, the "green building volume award" is one of the few that has both carbon reduction benefits and sustainable environmental protection. Therefore, it is indeed necessary to compare and analyze the urban renewal case of the green building volume award to clarify the dispute.

Based on this, this research intends to understand the carbon emissions of each " floor area ratio bonus" indicators through the analysis of urban renewal cases (6-10 residential cases) that actually obtained the " floor area ratio bonus" to achieve the following goals:

壹、緒論

一、研究源起

「綠建築」，因其設計具有相較於一般建築物更佳之節能、節水及減碳效益，對於永續發展具有很大的助益，是以長久以來為社會各界所推崇。此外，囿於都市中有許多地區會隨著發展核心的轉移而步入衰退，台灣採取了「都市更新」之手段，透過維護、整建及重建之方式，促進了都市土地的再利用、復甦都市機能、改善都市破舊景觀。為促使都市更新制度之推動，內政部訂立「都市更新建築容積獎勵辦法」，而「綠建築標章」亦為容積獎勵項目之一。然以取得高等級綠建築標章獲得容積獎勵其增額容積衍生之額外碳排量，其與綠建築標章所提供之減碳效益，一直為各界所關心。因此，希冀藉由此研究，釐清綠建築標章與都市更新容積獎勵減碳量之關聯性，並且了解在推動都市更新的同時，是否能透過「綠建築」來促使整體建築物之碳排放量降低，以更能符合永續發展的目標。

二、研究目的

面對都市老舊、衰退的現象，及近年來因應氣候變遷，所興起的節能、減廢、減碳及永續發展之意識，都市更新的需求及綠建築的推動勢必是刻不容緩的。因此，我國自民國 97 年將「綠建築」納入「都市更新容積獎勵項目」之中，希望能促使更多的都市更新計畫實施者能更加投入於綠建築之推廣，並同時期待能增加都市更新推動之效能。而自民國 99 年至 108 年底為止，已有近數百件案例基於都市更新條例相關法令之規範，藉由取得高等級之綠建築標章來獲得更多的容積獎勵。

因此，面對上述情形實則有需要藉由研究來釐清都市更新中容積獎勵的增額容積與綠建築標章所提倡的減碳效益間的相互關聯性，以確保未來在推動都市更新上能更加肯定綠建築標章作為一可申請容積獎勵之項

目之有效性。而本研究將針對「綠建築標章與都市更新容積獎勵減碳量之關聯性」之課題方向進行分析、研究，其研究之目的包含：

- (一) 釐清透過取得綠建築標章之容積獎勵都市更新案例，40 年生命週期之單位樓地板面積碳排放量與減碳效益。
- (二) 綜合估算都市更新案例 40 年生命週期之單位樓地板面積碳排放量。
- (三) 提出都市更新案例主要容積獎勵項目之減碳比序，以供相關施政與推廣參考。

三、研究方法

(一) 文獻分析法(Literature Review)

本研究將蒐集、彙整都市更新容積獎勵及建築物碳排放量之相關文獻，並統整各已獲得綠建築容積獎勵之都市更新案例，此外，檢視過去研究對於綠建築標章與都市更新容積獎勵減碳量之關聯性，以此作為後續之研究基礎。

(二) 深度訪談法(In-depth Interview)

目前社會上普遍對於綠建築標章與都市更新容積獎勵減碳量之認知不足，因此容易造成綠建築標章與都市更新在推動上的阻礙。故本計畫藉由向都市更新與綠建築相關領域之專家、學者或建商進行訪談，了解現行綠建築標章與都市更新推廣上、容積獎勵之申請上之情形，藉以釐清對於綠建築標章與都市更新容積獎勵上針對碳排放量的相關疑問。

(三) 個案研究法(Case Study)

目前市場上已有相當多以綠建築標章申請容積獎勵之都市更新案例，但對於容積獎勵所額外興建樓地板面積之碳排放量一直有所爭議，尤其又以綠建築項目為主，因此本研究希冀透過分析各件都市更新容積獎勵案例，來探討都市更新實務上之建築物碳排放情形，並著重於綠建築容積獎勵案例之相關計算，藉以促進綠建築標章之申請與都市更新之推動。

貳、研究內容

一、都市更新容積獎勵項目減碳效益評估

本研究對於 13 項容積獎勵之效益分析，可發現都市更新容積獎勵項目之制定立意與預期效益係基於促進並鼓勵都市中許多不同面向之發展，並期待可為整體都市帶來多樣化的正面效益，如促進公共利益最大化、維護社會公平正義、文化歷史傳承、節能減碳、健全都市安全防災以及加速都市更新進程等。而其中部分獎勵項目具備對環境之減碳效益，如綠建築與智慧建築等，可透過對建築物之施工手法與建材選用上加以規範來達到對環境直接的減碳效益，另有些獎勵項目雖最初之目標並非是節能減碳，但透過其規範之相關內容亦能間接達到對都市環境些微之減碳成效，如文化資產保存、規模獎勵及耐震設計、提供公益設施以及協關公共設施等，詳如下表 1。

表 1 都市更新容積獎勵項目之效益分析表

都市更新容積獎勵項目	效益	是否具備減碳效益
原容積大於基準容積	保障人民權利、真正落實社會公平正義	否
結構堪慮建築物	提升整體都市建築與生活品質、保障市民之居住安全	否
提供公益設施	增進公共利益	是，但間接且些微
協關公共設施	增進公共利益、保障人民權利	是，但間接且些微
文化資產保存	維護文化價值、具傳承、歷史研究、社會教育意義及減碳	是
綠建築	生態、節能減碳、減廢、健康及環境友善、促進永續發展	是
智慧建築	促進建築自動化、管理人性化與智慧化、節省能源、節約人力、降低建物營運費用、減碳	是
無障礙環境設計	真正落實社會公平正義、提升居民生活品質及增進公共利益	否

耐震設計	提升建築物品質、安全防災、減碳	是
一定時程以內(時程獎勵)	加快都市更新速度	否
一定規模以上(規模獎勵)	增進公共利益、確保都市更新街廓完整性、提升居民生活品質	是，但間接且些微
協議合建	加快都市更新速度、保障人民權利及真正落實社會公平正義	否
處理舊違章建築戶	保障人民權利、真正落實社會公平正義	否

(資料來源：本研究整理)

二、綠建築標章與都市更新容積獎勵減碳量關聯性分析

都市更新搭配容積獎勵措施以促進更新事業計畫之進展速度已行之有年，政府期望運用獎勵容積這樣之誘因而來鼓勵實施者、地主等能積極參與都市更新。而目前中央法規「都市更新建築容積獎勵辦法」所規範之 13 項容積獎勵項目其各自之制定立意與預期達成之效益都不盡相同，政府基於都市整體不同面向之需求而訂定出不同之容積獎勵項目，預期效益包含追求公共利益最大化、維護社會公平正義、文化歷史傳承、健全都市安全防災、節能減碳、永續發展以及加速都市更新進程等。

我國自民國 97 年將「綠建築」納入「都市更新容積獎勵項目」之中，希望能促使更多的都市更新計畫實施者能更加投入於綠建築之推廣，並同時期待能增加都市更新推動之效能，藉由兩政策之相互搭配來提升發展效率。然綠建築原先之目標為生態、節能、減廢及健康，若因獲得額外獎勵容積而增加興建樓地板面積所產生之二氧化碳排放量，是否會嚴重損及原本綠建築被賦予期望能對整體環境帶來之減碳效益，一直受到質疑，也成了須加以重視討論之議題。

根據本研究對容積獎勵項目效益之分析(詳見第三章)，可發現綠建築相

較於其他獎勵項目在基於取得相同之獎勵容積下，被視為是較能對整體都市環境帶來高度減碳效益之獎勵項目，因此在都市更新獎勵容積勢必會增加建築物碳排放量之情形下，我們可以認定選擇申請綠建築容積獎勵，能比其他項目為環境帶來更有助益的節能減碳成效。根據本章第二節關於都市更新容積獎勵案例建築物 CO₂ 排放量計算之結果可知，整體都市更新案例之建築物碳排放量為年平均每單位面積 2,390.17 公斤，其中綠建築容積獎勵案例之建築物碳排放量為年平均每單位面積 2,104.98 公斤，非綠建築案例則為平均每單位面積 2,933.25 公斤，可知綠建築相較於一般建築在不考慮是否申請其他獎勵項目下，能夠產生更少之二氧化碳排放量，更有助於建築產業對整體環境之減碳效益。

又根據本章第二節之計算，整體綠建築容積獎勵都市更新案例取得之獎勵容積所產生之額外碳排放量約為 13 萬 6 千公噸，而綠建築容積獎勵都市更新案例所預期能帶來之建築物二氧化碳減碳量約為 36 萬 2 千公噸，可知獎勵容積之增碳量僅占綠建築減碳量之 37.60%。由上述可知，綠建築被納入都市更新容積獎勵項目之列，雖會因此取得獎勵容積而增加建築樓地板面積，但因而產生之額外建築碳排放量僅占綠建築所能達到之減碳量的三成多，所以本研究認為並不會大幅減損綠建築之減碳效益，反之若能因為容積獎勵政策而促使更多實施者將新建之都市更新案例建築物建為綠建築，更能替整體都市環境降低建築產業所帶來之碳排放量，使得整體城市發展更加永續、低碳且生態。

參、研究發現

- 一、彙整分析 108 年 5 月 15 日後核定公告實施之都市更新容積獎勵案例統計資料後發現，申請各容積獎勵項目之中，申請綠建築容積獎勵之個案數為最多，共 102 案，時程獎勵次之，共 78 案，文化資產保存最少，無人申請。
- 二、都市更新容積獎勵項目減碳效益比序後發現，專家學者認定具備較

高減碳效益者分別依序為綠建築、智慧建築及規模獎勵，有高達 56%之填答給予綠建築 5 分極高減碳效益之評分，為 13 項獎勵項目中被認定最具有減碳效益之項目；而被認為不具備或僅具微幅減碳效益者為原容積大於基準容積、時程獎勵及協議合建等，其中以原容積大於基準容積有 67%之評分給予 0 分無減碳效益為所有獎勵項目之末，為被認定與節能減碳最無關聯性之項目。

三、根據計算結果，本研究蒐集之 125 件都市更新案例中整體綠建築容積獎勵都市更新案例取得之獎勵容積所產生之額外碳排放量約為 13 萬 6 千公噸，又綠建築容積獎勵都市更新案例所預期能帶來之建築物二氧化碳減碳量約為 36 萬 2 千公噸，可知獎勵容積之增碳量僅占綠建築減碳量之 37.60%。

四、綠建築被納入都市更新容積獎勵項目之列，雖會因為取得獎勵容積而增加建築樓地板面積，但產生之額外建築物碳排放量卻僅僅只占綠建築所能達到之減碳量的三成多，故本研究認為獎勵容積並不會大幅減損綠建築之減碳效益，反之若能因為容積獎勵政策而促使更多實施者將新建之都市更新案例建築物建為綠建築，更能替整體都市環境降低建築產業所帶來之碳排放量，使得整體城市發展更加永續、低碳且生態。

肆、結 論

一、都市更新容積獎勵案例統計資料彙整分析

為配合與獎勵項目之一致性，本研究以 108 年 5 月 15 日後核定公告實施之都市更新案例為基準，透過內政部營建署都市更新入口網、台北市政府都市發展局都市開發審議服務平台、新北市政府都市更新處及相關案例之建商官網等網路開放平台蒐集，取得截至 110 年 4 月底台北市都市更新案例 92 件(已扣除 1 件未申請任何容積獎勵之案例)、新北市 33 件，合計共 125 件都市更新容積獎勵案例，並統整各

案例之基本資料，包含：核定年期、案件名稱、實施者、更新後構造、樓層數、總樓地板面積、允建容積、都市更新獎勵面積、都市更新獎勵比、基準容積以及申請 13 項容積獎勵項目個別之獎勵容積與獎勵值(%)等，並進行案例容積統計、申請獎勵項目別及相關獎勵值等資料彙整分析。

其中各容積獎勵項目之申請情形，原容積大於基準容積有 27 案；結構堪慮建築物有 1 案；提供公益設施有 11 案；協調公共設施有 33 案；文化資產保存無人申請；綠建築 102 案；智慧建築 1 案，無障礙環境設計 1 案；耐震設計 3 案；時程獎勵 78 案；規模獎勵 31 案；協議合建 1 案及處理舊違章建築戶 7 案。由上述可知，申請綠建築容積獎勵之個案數為最多，時程獎勵次之，文化資產保存最少，無人申請。

另外本研究整理出 102 件都市更新申請綠建築容積獎勵之案例，其取得認證級別之數量統計，台北市 80 件中取得銀級 46 件、黃金級 32 件及鑽石級 2 件；新北市 22 件中取得銀級 18 件、黃金級 4 件。而本研究彙整之都市更新案例總樓地板面積共 3,441,618.12 平方公尺；允建容積共 1,865,763.61 平方公尺；申請 13 項都市更新獎勵面積合計 460,490.57 平方公尺，其中以 102 件申請綠建築容積獎勵案例之獎勵面積共 58,864.20 平方公尺，為 13 項容積獎勵項目中獎勵容積最多者，其次為原容積大於基準容積、時程獎勵及規模獎勵。

二、都市更新容積獎勵項目效益分析及減碳效益比序

本研究透過相關文獻之爬梳與進行專家深度訪談、座談會議後，發現都市更新容積獎勵項目之制定立意與預期效益係基於促進並鼓勵都市中許多不同面向之發展，並期待可為整體都市帶來多樣化的正面效益，如促進公共利益最大化、維護社會公平正義、文化歷史傳承、節能減碳、健全都市安全防災以及加速都市更新進程等。而其中部分獎勵項目具備對環境之減碳效益，如綠建築與智慧建築等，可透過對建築物之

施工手法與建材選用上加以規範來達到對環境直接的減碳效益，另有些獎勵項目雖最初之目標並非是節能減碳，但透過其規範之相關內容亦能間接達到對都市環境些微之減碳成效，如文化資產保存、規模獎勵及耐震設計、提供公益設施以及協關公共設施等。

又本研究認為難以將各具減碳效益之容積獎勵項目用較一致性之量化方式來呈現其實際之減碳量，因此決定採用專家問卷調查方式進行，藉以釐清現行法規範下之各都市更新容積獎勵項目之減碳效益比序。而根據問卷調查統計結果，大多數容積獎勵項目被認定為無減碳效益或僅具備微幅減碳效益。其中專家學者認定具備較高減碳效益者分別依序為綠建築、智慧建築及規模獎勵，又綠建築有高達 56% 之填答給予 5 分極高減碳效益之評分，為 13 項獎勵項目之中被認定最具有減碳效益之項目；而被認為不具備或僅具備微幅減碳效益者為原容積大於基準容積、時程獎勵及協議合建等，尤其以原容積大於基準容積有 67% 之評分給予 0 分無減碳效益為所有獎勵項目之末，為被認定與節能減碳最無關聯性之項目。

而整體所有都市更新容積獎勵項目之平均得分為 1.85 分，由此可知專家學者認為現行都市更新建築容積獎勵辦法規範下的各容積獎勵項目大致僅具備微幅至低度之間的減碳效益。其中綠建築容積獎勵項目之平均得分來到 4.333 分為所有項目中之最高者，可見其被視為是具備高度至極高減碳效益；接者按平均得分之高低分佈依序為智慧建築、規模獎勵、提供公益設施以及協關公共設施，平均得分介於 2-4 分之間，顯示這些項目被認定為具備低度至中度減碳效益之間不等；而如時程獎勵、原容積大於基準容積等則是平均得分不滿 1 分，顯示專家學者認為其應不具備或僅具有微幅減碳效益。

由上述效益分析與減碳效益比序結果可知，多數的容積獎勵項目被視為是不具備或僅具備微幅減碳效益，本研究認為這與其獎勵項目之制定立意與預期目標效益有很大之關聯性，多數獎勵項目並非為了節能減碳而

設立，因此不具備實質且直接之減碳效益實屬合理。而從分析結果可知，綠建築因具備節能、減廢等功能目的，所以可有效規範都市更新建築物降低二氧化碳排放量，對整體都市環境有極佳之減碳效益，因而在減碳效益比序上位居各獎勵項目之首。

三、綠建築標章與都市更新容積獎勵減碳量關聯性分析

本研究利用第二章第三節提及之「建築物生命週期二氧化碳排放總量簡算公式」來計算本研究所蒐集之 125 件都市更新案例其建築物之總 CO₂ 排放量，藉以了解現行都市更新實務上建築物的實際碳排放情形，並著重分析其中具申請綠建築容積獎勵之案例，以釐清綠建築與非綠建築間之碳排放量差異以及綠建築獎勵容積之增碳量與綠建築減碳量之關聯性。

根據計算結果，本研究蒐集之 125 件都市更新案例其各案例建築物在全生命週期下整體建築物碳排放量為 5,966,413,871.92 公斤(59 億 6,641 萬 3,871.92 公斤)，約 596 萬公噸，而整體都市更新案例之總允建樓地板面積為 2,496,231.00 平方公尺，因此 125 件都市更新案例年平均單位樓地板面積(m²)排放量約為 2390.17 公斤之二氧化碳。其中綠建築容積獎勵案例之建築物碳排放量為年平均每單位面積 2,104.98 公斤，非綠建築案例則為平均每單位面積 2,933.25 公斤，可知有申請綠建築之案例其平均單位面積碳排放量是明顯低於整體以及非綠建築案例之平均值，因此可謂綠建築相較於一般建築在不考慮是否申請其他獎勵項目下，能夠產生更少之二氧化碳排放量，更有助於建築產業對整體環境之減碳效益。

而整體綠建築容積獎勵都市更新案例取得之獎勵容積所產生之額外碳排放量約為 13 萬 6 千公噸，又綠建築容積獎勵都市更新案例所預期能帶來之建築物二氧化碳減碳量約為 36 萬 2 千公噸，可知獎勵容積之增碳量僅占綠建築減碳量之 37.60%。因此可推論綠建築被納入

都市更新容積獎勵項目之列，雖會因為取得獎勵容積而增加建築樓地板面積，但產生之額外建築物碳排放量卻僅僅只占綠建築所能達到之減碳量的三成多，所以本研究認為獎勵容積並不會大幅減損綠建築之減碳效益，反之若能因為容積獎勵政策而促使更多實施者將新建之都市更新案例建築物建為綠建築，更能替整體都市環境降低建築產業所帶來之碳排放量，使得整體城市發展更加永續、低碳且生態。

伍、參考文獻

- (1) 內政部建築研究所(2016)。創新低碳綠建築環境科技計畫。
- (2) 內政部建築研究所(2014)。綠建築評估手冊。
- (3) 內政部建築研究所(2010)。智慧綠建築推動方案。
- (4) 內政部建築研究所(2016)。永續智慧城市-智慧綠建築與社區推動方案。
- (5) 內政部建築研究所(2018)。創新低碳綠建築環境科技計畫。
- (6) 內政部建築研究所(2019a)。綠建材解說與評估手冊(2020 年版本)。
- (7) 內政部建築研究所(2016)。智慧建築評估手冊。
- (8) 內政部建築研究所(2019)。《綠建築解說與評估手冊》。
- (9) 低碳建築聯盟(2015)。由低碳建築聯盟輔導申請全球第三個「建築物碳足跡產品類別規則 (CFP-PCR)」由行政院環保署核准通過。<http://www.lcba.org.tw/news/view/90/>。(瀏覽日期:2021.01.23)
- (10) 林憲德、黃儒覺(2019)。集合住宅管線系統初期蘊含碳排簡易推算法之研究。臺灣建築學會「建築學報」第 109 期，39~51 頁，2019 年 9 月，秋季號。
- (11) 林憲德(2015)。建築碳足跡(二版)，詹氏書局。2015 年 07 月。
- (12) 林憲德、林子平、蔡耀賢(2014)。綠建築評估手冊 基本型。內政部

建築研究所。2014 年 08 月。

- (13)趙又嬋、鄭維亮(2015)。街屋再利用之軀體與裝修建材減碳評估--以餐飲類空間為例。臺灣建築學會「建築學報」第 91 期，63~79 頁，2015 年 3 月，春季號。
- (14)蘇瑛敏、林韻茹(2018)。從建築生命週期觀點探討綠建築管理維護之研究。物業管理學報，9 (1)，27-40。
- (15)單明陽(2009)。節能減碳運用於建築物改建之探討。現代營建 353 期 2009 年 05 月。

建築規劃設計導入循環經濟發展理念之研究

主講人簡歷

姓 名：黃榮堯

服務單位：財團法人臺灣營建研究院 營建循環經濟推動辦公室

職 稱：執行長/教授

聯絡電話：02-8919-5028

傳 真：02-8665-3021

電子信箱：ryhuang@ms24.hinet.net

學 歷：美國普渡大學土木工程博士

經 歷：財團法人臺灣營建研究院營建循環經濟推動辦公室執行長、
國立中央大學營管所所長、國立中央大學教授

主要著作：

1. 黃榮堯，許維庭（2009），「以資源再利用為導向之建築拆除施工網要規範之研擬」，技術學刊，第二十四卷，第一期，pp. 1-16。
2. 黃榮堯，蔡宗益，陳文正，胡盟宗（2012年2月），「永續水利工程之評估指標探討」，中國土木水利工程會刊，第三十九卷，第一期，pp. 44。
3. 黃榮堯（2016年3月），「營建工程剩餘土石方資源回收處理與資訊交流及總量管制計畫」，成果報告，內政部營建署。
4. 黃榮堯（2017）。營建產業在國家循環經濟發展的角色與推動思維。混凝土科技，十一(四)。
5. Huang, R. -Y. and Hsu, W. -T. "Framework development for state-level appraisal indicators of sustainable construction", Civil Engineering and Environmental Systems, Volume 28 (2), June 2011, pp. 143-164. (SCI)
6. Huang, Rong-Yau and Chou, Hung-Yu, "Strategies for Using Recycle Materials in Sustainable Roadway Construction in Response to the Climate Change", The 8th International Symposium on Social Management Systems, Kaohsiung, Taiwan, May 02, 2012, pp152.

中文摘要

黃榮堯¹ 林維欣² 王婉芝³

關鍵字：建築規劃設計、循環經濟、永續建築

營建及建築產業每年耗費大量資源及原生材料，面臨地球資源耗竭、氣候變遷、生態破壞及環境污染等問題，近年先進國家積極摸索將循環經濟發展的理念導入於建築之規劃設計中，如歐盟於 2015 年推出「建材銀行計畫(Building as a material bank, BAMB)」，包含「建材護照(Material Passport)」、「可逆式建築設計(Reversible Building Design)」等創新系統以輔助建築營造業的循環經濟轉型；國內亦逐步引進如被動能源(passive housing)、都市農場(urban farming)及共享生活(sharing life)等理念手法於建築工程的規劃設計中。

本研究蒐集國內外文獻與案例研究，分析探討建築規劃設計導入循環經濟理念之範疇定義與內涵，並邀集國內專家學者進行對談與交流，歸納整理出「建築循環設計」架構。「建築循環設計」內容包含「物料循環」、「能源循環」、「空間循環」、「水循環」及「生物循環」五大循環系統之設計手法。

此外，本研究依建築物生命週期提出循環設計三大階段——「設計興建」、「維護使用」與「改造翻新」可導入的循環設計策略供產業利益相關者參考。最後通過釐清國內外發展現況，進一步探討國內法規、技術或市場層面推行建築循環設計可能遭遇之主要問題，並研擬後續可發展方向與研究課題，作為未來推動發展方向與研究課題之參考。

¹財團法人臺灣營建研究院 執行長/教授

²財團法人台灣建築中心 副工程師

³財團法人台灣建築中心 副執行長

ABSTRACT

Keywords : Building planning and design, Circular economy, Sustainable building

Building and construction industry is considered as one of the most resource-consuming sectors. While resource scarcity, climate change, ecological damage and environment pollution become major challenges worldwide, developed countries have been actively trying to introduce the concept of circular economic(CE) development into building planning and design. Meanwhile, some conceptual practices, such as passive housing, urban farming and sharing life, have been introduced gradually into domestic building planning and design process.

In this study, literature review and case study were conducted to provide an overview of potential CE strategies and the concrete actions applied from local to global. Based on the data analysis and expert interviews, the strategy framework of circular building designs consists of 5 fundamental themes of resource circulation: 1) materials; 2) energy; 3) spatial; 4) water; and 5) biological. Besides, the circular building design strategies were incorporated into 3 phases of building lifecycle: 1) design and construction phase; 2) use phase; and 3) retrofit and renovation phase to provide as a reference for industry related stakeholders.

Furthermore, the expert interviews revealed the major possible challenges that arise in regulation, technical and market sectors of materials and spatial circular design strategies. This study develops a list of research topics need to be further developed to advance the CE in the domestic construction sector.

壹、緒論

工業革命以來社會追求經濟成長，然而傳統的線性經濟模型基於「獲取、製造、消費、丟棄」的模式，資源隨著產品週期的結束一起被丟棄，加上過程中產生各式各樣的廢棄物及環境污染，長此以往造成地球資源耗竭、全球暖化、氣候變遷及生態破壞等問題。在循環經濟中，產品及其所含之材料價值均受到高度重視，它盡可能地實現長時間共享、租賃、再利用、維修、翻新和再循環現有的材料和產品，使產品的生命週期得以延長，依循「從搖籃到搖籃」(cradle to cradle)的概念，將廢棄物轉變成為有價值的資源，是一個資源可恢復且可再生的系統。

先進國家近年積極摸索將循環經濟發展的理念導入於建築之規劃設計中。歐盟尤其荷蘭等國家近年來提倡「建材銀行(BAMB)」、「建材護照」等概念，將建築物當作建材物資的倉庫，希望將建築構件重複使用以減少天然建材資源之耗用，帶動循環經濟的發展。在此趨勢推動下，國內政府亦積極逐步引進循環經濟發展概念於建築工程的規劃設計中，例如台糖沙崙智慧綠能循環住宅的規劃設計就納入了被動能源(passive housing)、都市農場(urban farming)、綠色能源(green energy)及共享生活(sharing life)等理念手法；又如台北市南港機廠社會住宅納入了建物共享、零耗能、回收系統、屋頂農園、房屋模組化和設備租賃等理念手法。

目前將循環經濟發展理念導入到建築規劃設計的發展剛起步，國內外實踐循環經濟理念及項目手法多種，本研究蒐集整理國內外相關文獻及建築規劃設計案例的理念與手法，系統性地探討建築循環設計之範疇定義與內涵，彙整各種手法項目供建築師與設計人員參考。此外，本研究透過舉辦專家學者諮詢會獲取專家實務意見回饋，彙整國內推行建築循環設計可能遭遇之主要問題，及研擬後續於建築規劃設計推動循環經濟的方向與研究課題，作為國內未來推動政策之參考。

國內為推動循環經濟產業鏈發展，2017 提出營建產業在國家循環經濟發展的角色與推動思維^[4]；而於 2018 年展開「綠建材循環經濟產業鏈結推廣計畫」^[2]；並於針對新建建築的資材循環設計進行研究，提出可在建築結構、外殼、服務系統及空間配置層次導入之循環策略^[1]。2019 年 12 月，環保署與歐盟成長總署共同主辦「2019 臺歐盟循環經濟研討會」^[3]，經由此次交流發現，臺灣推行事業廢棄物回收有成，並朝提升再生粒料使用方面持續精進。

二、建築循環設計內涵

本研究參考國內外文獻建築營造產業導入循環經濟相關策略，並蒐集國內外共 20 個建築案例（臺灣 5 例、荷蘭 5 例、德國 2 例、瑞士 2 例、丹麥 1 例、法國 2 例、日本 2 例及澳洲 1 例），針對其應用手法進行研究彙整。這些案例包含新建及舊建築改造，建築類型包括住宅單位、住宅建築或社區、商業建築或園區、臨時性展館、棕地開發之實驗社區和社宅等。各案例依其規劃設計理念、功能需求及當地環境條件等不同因素，採用的循環手法不一，皆以提升建築物永續性，並在建築物全生命週期減少廢棄物和對環境產生的負面影響為考量要點。譬如，荷蘭 Park20|20 強調永續經營與機能性，園區建築物採用可回收/租賃建材、系統牆面及易拆卸設計，並透過中央整合系統管理可再生能源、水資源、冷熱儲存及廢棄物；荷蘭 ABN AMRO CIRCL 則採用許多再生材料與可回收建材，如舊牛仔褲製成天花板絕緣材料、舊工作服製成塗灰泥牆壁和毛氈、剩餘木材製成鑲木地板等手法，結合節能措施實踐循環經濟。

參、研究發現

一、建築循環設計五大循環

本研究參考國內外於建築規劃設計導入之循環經濟策略，同時彙整 20 個國內外案例採用的循環設計手法，將各項循環設計依資源循環屬性區分為與建材材料、能源耗用、空間活化利用、水資源有效利用或生物

質環境相關之應用手法，歸納整理出「建築循環設計」架構(圖 2)。此外，將涉及建築結構主體的循環設計項目以「建築軀體」作分類，如材料選用與系統設計等項目；另將建築主體以外延伸的範疇以「環境空間營造」加以區分，如建築環境改善和設施設備選用等項目。



圖 2 建築循環設計架構

- (一) 物料循環：提升建築物物料價值利用及再循環潛力的策略，包含提升建築物耐久性與調適性的設計及避免使用毒性材料或污染的手法。以租代買模式可避免設備在不符使用者需求情形下被丟棄，鼓勵廠商設計更耐用且易於維修、回收的產品，延續材料產品的價值。而藉由設置分類回收系統空間及二手物料交易平臺空間，可有效地促進物料循環再利用。
- (二) 能源循環：能源循環的核心理念為減少建築物使用過程及材料設備製造過程中的能源消耗，如採用短時間可再生且過程中不會產生污染物的綠能電網系統（太陽能、風能、地熱能、潮汐能、生質能等）、使用節能設備及在地生產製造之材料或產品，直接和

間接地減少能源消耗及溫室氣體排放量。此外，透過建築物外殼與內裝節能設計可提高建築物氣密性、隔熱性及自然採光，有效降低加熱和冷卻成本，減少建築物的能耗需求。

(三) 空間循環：建築是由不同使用功能的空間組成，因此能夠充分並靈活利用建築物空間，如開放式設計、活化舊有設施、共享機制及出租空間等方式，可降低新建建築需求及營運維護成本，創造極大經濟效益，此即空間循環的概念。

(四) 水循環：建築設計可遵循水資源減量及再循環利用的原則，採用製程低耗水材料或設備、省水/無水設施，及污水/雨水回收再利用系統機制，優化水資源管理，減緩水資源短缺問題。

(五) 生物循環：泛指使用可循環再生的生物資源，並可透過生物技術（如生物降解）等方式回歸至生態系統中重新再利用，以及增加環境生物多樣性之策略。

表 1 建築循環設計五大循環策略說明

設計策略	說明
物料循環策略	
可逆式組拆設計	建築構件與材料系統為可恢復式連結設計，可依功能需求進行組合及拆解。
易維修設計	建築結構、外殼、服務系統等具備容易進行檢修的設計，包含便於故障診斷與維修，得以保持或恢復到特定狀態的能力。
耐久化設計	可延長產品服務生命週期的設計，包含可抵抗外在環境或使用行為等因素之影響。
高效化設計	在滿足建築物機能需求下最小化建材資源使用量體的設計。
採用再生建材	採用回收材料再製造的建材產品。
採用既有建材構件（建材銀行）	採用經整理後可直接使用之舊有建材構件。
採用材料可回收之建材(如避免複合材料)	採用已確立回收管道之建材，避免使用複合材料。
採用舊有傢俱/設備	採用回收之舊傢俱和設備設施。
採用租賃傢俱/設備	以租賃模式設置傢俱和設備設施。
設置生活垃圾分類回	在建築物內設置廢棄物分類回收系統的空間。

設計策略	說明
收系統空間	
設置二手物品物料(設備/傢俱/建材)交易維修平台空間	在建築物內設置供二手設備、傢俱或建材交易交流和維修的平台空間。
能源循環策略	
外殼節能設計	建築物外殼(屋頂、屋頂透光天窗、窗、外牆)具熱性能及節能設計。
內裝節能設計	具節能效益的建築物內部裝修設計。
採用低耗能/低碳建材	採用減少製程及運輸耗能與碳排放之建材。
採用低耗能/低碳設備	採用減少製程及運輸耗能與碳排放之設備。
採用節能空調設備	以不降低室內舒適度為原則，採用應用節能技術之空調設備。
採用節能照明設備	採用應用節能技術之照明設備。
採用節能昇降設備	採用應用節能技術之昇降設備。
採用節能供熱設備	採用應用節能技術之供熱設備。
設計綠能電網系統	設置綠能電網系統，包含再生能源系統、儲能系統與智慧電網。
採用能源管理系統	採用建築能源管理系統，具監視、警報、運轉控制、計量、能源效率或控制管理功能者。
空間循環策略	
開放式設計	可滿足應用需求變化的空間設計。
舊有設施活化再利用/設計	利用或改造既有建築物設施，增加或改變其功能與用途的設計。
設計共享設施	設計可共同分享利用的設施或空間。
建築空間以租代售	以租賃方式供居住或使用的建築空間。
水循環策略	
採用製程低耗水建材	使用製造過程降低水資源耗用之建材。
中水、雨水回收再利用系統設計	設置中水、雨水收集再利用之設施。
採用製程低耗水設備	使用製造過程降低水資源耗用之設備。
採用省水衛浴設備	使用節水效率高的器材與設備。
採用智慧控水系統	設置智慧儀表傳輸水流數據和進行管理。
生物循環策略	
構造採用可循環再生建材	構造採用可快速再生之自然建材，如竹子、木材等材料。
採用生態建材(可回歸生質圈)	採用快速循環，可回歸生質圈之建材。

設計策略	說明
設計中庭/屋頂農場	利用建築物中庭/屋頂空間種植作物。
設計屋頂及垂直綠化	利用建築物屋頂、陽台或立面栽植植物，增加綠化面積。
自然土地植生綠化	於自然之土壤地面栽植植物、設置生物棲地及設置人工淨化池。
表土生態保存	針對原有表土進行適當堆置、養護及再利用。
堆肥植生(落葉、廚餘、廁所廢棄物等)	設置廚餘、落葉與廁所堆肥處理設施。
中庭/屋頂農產品市集	利用建築物中庭/屋頂生產的農產品成立市集。

二、建築循環設計三大階段

本研究另從「設計興建」、「維護使用」與「改造翻新」三個建築生命週期階段的角度探討可導入的循環設計策略(圖3)，供產業利益相關者參考與評估，以加速產業循環經濟轉型。

建築生命週期循環設計



圖 3 建築生命週期循環設計架構

(一) 設計興建：設計團隊與建築師應考量資產全生命週期，發展可提升再循環潛力的設計，並將未來環境變遷與使用者需求變動的可能性納入考量，建構具良好適應性及彈性，且不為環境帶來負面影響的建築物。營造及施工廠商應採用減少天然資源耗用的的營

建技術，並確保建築各部件的維修、拆解與更新能力，優先選用低碳/再生/可回收的材料，避免使用含毒或受污染物質。

- (二) 維護使用：使用者或業主應在使用階段透過良好的保養和維修來提升建築物耐久性，利用空間共享及租賃模式達到建築物使用效益，延長建築物的生命週期。而除了建築物隔熱設計外，使用者也應選用節能及省水設備，或採用二手或租賃的傢俱設備，提升各設施的服務品質與彈性，降低維護與能耗成本。
- (三) 改造翻新：以經濟有效的方式改造既有建築物，可延續建築物生命週期並在滿足市場需求的同時加強原建築物的隔熱性能和彈性使用用途，作為高度土地開發需求、資源短缺、舊建築耗能等問題的解決方案。此外，若能在建築物拆除前針對可回收資源進行再利用潛力評估，事先擬訂資源恢復措施，並在基地內執行精細拆解與分選，可最大程度地保留有價值的物料，達成更高價值的再利用。

三、建築循環設計可能遭遇之主要問題

建築循環設計不僅考量個別產業的資源循環系統，還將橫跨多個產業的經濟領域，產業資源供應鏈結、財務架構與政策制訂更是實現規模化轉型的關鍵。本年度研究計畫透過三場專家學者會議之專業經驗分享與意見彙整，初步蒐集彙整目前產業落實循環設計遭遇之困難。由於國內建築法訂定之《建築技術規則》、《建築物節約能源設計技術規範》及內政府建築研究所訂定之《綠建築評估手冊》中已涵蓋大部分與能源循環、水循環與生物循環相關之指標規範，本研究聚焦物料與空間循環設計可能遭遇的問題與挑戰供產業參考，以期調整及協調發展政策，加速產業循環經濟轉型。

表 2 建築循環設計可能遭遇之主要問題彙整表

建築循環設計		可能遭遇之主要問題
物料循環	可逆式組拆設計	法規面：未建立建築物構件可逆性評估或規範；國內製作建築物構件預鑄模組化系統的廠商不足三家，將遭遇採購法限制。 技術面：缺乏可逆式系統構件連接方式之技術指引與規範，大多數採用可逆式組拆設計之建築結構為鋼構或木構，有關鋼筋混凝土構件可逆式連結尚未發展。 市場面：缺乏經濟效益評估方法，組拆設計易因初期投資成本較高而遭否決。
	高效化設計	法規面：待發展建築材料使用量體之基準規範。
	採用既有建材構件 (建材銀行)	法規面：(1)拆併建工程期限緊湊，加上近年缺工情形嚴重，難在期限內妥善執行建材構件精細拆除分類再利用。 (2)缺乏舊建材構件性能評估方法，若主結構構件使用舊建材將衍生安全疑慮。 技術面：(1)由於未建立統一建材履歷和建材銀行系統辦法機制，因此各案建立的建材履歷及模型資訊架構不一，且有資訊安全疑慮故未對外公開資訊，導致有意願採用舊材的人員不易搜尋合適之建材。 (2)建材構件大多為非標準化材料，若未具備一定規模材料流，不易媒合指定材料型式及供應鏈。 市場面：由於欠缺驗證機制，市場對舊建材構件存有疑慮而不採用。
	採用材料可回收之建材 (如避免複合材料)	法規面：目前國內綠建材評定基準僅針對產品使用回收材料及比率等要求有所規定(再生綠建材)，或要求天然材料佔比(生態綠建材)，未針對建材是否可回收進行評估，缺乏相關政策引導。 技術面：產品製造商未考量未來材料分離與可回收性。
	採用租賃傢俱/設備	法規面：目前大多廠商無法提出租賃契約，難以取得三家以上廠商報價，遭遇採購法限制。 技術面：(1)租賃模式需負責產品維護、保養與回收，大多數國內廠商未能進行中長期成本、維護及回收估算，加上需投入之初期投資成本及風險因素較高，因此無法提出租賃契約。 (2)產品設計製造廠商缺乏產品後續管理與維護經驗，最終實際投標租賃服務契約者多為裝設維護廠商。倘若無法透過以租代買帶動改良產品設計，例如模組化、依維護維修等方式延長產品服務壽命、降低服務成本，則此模式與分期付款模式無異，難以獲得機關主計認可。 市場面：目前採用租賃服務的市場規模小，無經濟誘因導致設計製造廠商投標意願不高。
	設置二手物品物料(設備/傢俱/建材) 交易平台空間	技術面：待宣導推廣，強化提升國內二手物品物料交易管理機制/空間平台。
空間循環	開放式設計	法規面：待進一步發展空間規劃設計相關技術與規範。
	建築空間以租代售	法規面：待政策引導，提升公宅佔比。
	舊有設施活化再利用/ 設計	法規面：國內舊建築改造未有明確規範和做法。 技術面：舊建築經常有未經法令許可額外增建的情形，加上若申請變用途則需進行結構補強及檢討機電設備，整體耗資龐大，應先進行效益評估。

四、國內建築規劃設計導入循環經濟發展理念之發展方向與研究課題

建築規劃設計導入循環經濟發展理念之範疇涵蓋全建築生命週期、各建築層次、跨領域之系統創新與產業鏈結等，並且涉及各領域的產業參與者。本研究針對目前國內較欠缺之技術研究，參考專家學者反映在實踐過程中遭遇的問題與意見觀點，以及其他需進一步探討和發展之議題，研擬後續國內建築規劃設計導入循環經濟發展理念之研究課題（圖4），以「整體政策策略」、「設計興建階段」、「維護使用階段」與「改造翻新階段」作為主軸，作為未來進一步推動政策或技術研發之參考。

未來研究課題



圖 4 國內建築規劃設計未來研究課題參考架構

肆、結論

循環經濟的理念重視資源可恢復性及可再生性，「建築循環設計」由物料、能源、空間、水和生物性資源面向全盤綜整循環設計相關手法，而國內建築法訂定之《建築技術規則》與《建築物節約能源設計技術規範》及內政部建築研究所訂定之《綠建築評估手冊》中已涵蓋大多與能源、水及生物循環有關之指標項目，本研究藉由專家分享之實務經驗，彙整物料與空間循環設計可能遭遇的主要問題與挑戰，供產業參考及調整發展策略。

隨著建築營建產業原物料如水泥、鋼鐵等價格攀升，以及國內缺工情形，部分企業已導入可促進資源循環之手法，政府機關亦逐步引進循環經濟理念至公共工程規劃設計中。本研究從整體政策策略、設計興建、維護使用及改造翻新階段研擬國內建築規劃設計導入循環經濟發展理念後續研究發展課題，期望透過進一步發展評估工具與發展指標，加速產業循環經濟轉型。此外，可考量臺灣地理環境、經濟法律制度、社會結構與建築型態，研擬適宜國內建築環境推廣之循環設計架構及策略，加速臺灣建築環境的永續循環，將循環經濟理念原則整合至既有政策機制當中。

伍、參考文獻

中文文獻

- (1) 呂良正、林玟慧、張芸翠 (2019)。建立新建築循環設計之策略。營建知訊，(441)，6-19。
- (2) 財團法人環境與發展基金會 (2018 年 12 月)。綠建材循環經濟產業鏈結推廣計畫。內政部建築研究所業務委託計畫成果報告。
- (3) 張子敬、賴瑩瑩、林淑鈴、何春玲、盧秀卿、湯鎔毓、王瑞鉉、游

惇蓉 (2020 年 2 月 12 日)。參加「2019 臺歐盟循環經濟研討會暨參訪交流」。行政院環境保護署出國報告書。

- (4) 黃榮堯(2017)。營建產業在國家循環經濟發展的角色與推動思維。混凝土科技，十一(四)。

英文文獻

- (5) Ben Kubbinga, Max Bamberger, Edwin van Noort, Dirk van den Reek, Merlijn Blok, Gerard Roemers, Justin Hoek, Kees Faes. (2018). A-Framework-For-Circular-Buildings: indicators for possible inclusion in BREEAM. Circle Economy, DGBC, Metabolic, SGS Search and Redevco Foundation.
- (6) Christine Ruiz Durán, Dr. Christine Lemaitre, Dr. Anna Braune, Ulrike von Gemmingen, Manuel Schwarz, Felix Jansen, Cornelius Würfel, Katrin Fischer, Raphael Montigel. (2019). Circular Economy: Closing loops means being fit for the future, DGNB.
- (7) Ellen Macarthur Foundation & Arup. (2018). The Circular Economy Opportunity For Urban & Industrial Innovation In China, Ellen Macarthur Foundation & Arup. 循環經濟：中國城市與工業的創新機遇(中文報告)。
- (8) Ellen Macarthur Foundation & Arup. (2019). Circular economy in cities: Urban buildings system summary.
- (9) Elma Durmisevic. (2019). Circular economy in construction: Design strategies for reversible buildings. BAMB document.
- (10) European Commission. (2015). Closing the loop – An EU action plan for the Circular Economy.
- (11) European Commission. (2020). Circular Economy – Principles for Building design.
- (12) Guglielmo Carra & Nitesh Magdani. (2017). Circular economy business models for the Built Environment. Arup & BAM.

