

# 智慧綠建築 發展現況與未來展望



何明錦

內政部建築研究所所長

## 一、全球面對的挑戰

近年來，人類對於大自然的破壞規模已逐漸擴大至地球尺度，引發嚴重環境生態問題，包括氣候異常、海平面上升、臭氧層破壞、能源耗竭及糧食危機等，甚至直接威脅人類的健康與生存；另外，持續增加的人口，預估2050年將達到90億，加上人口結構惡化，高齡人口急遽增加，生產力降低及照顧需求增加等，如何降低建築開發對環境的衝擊、減少能源消耗、減少溫室氣體排放量，並利用新科技設備提升人類福祉，為全球當前各國皆須面對的迫切課題。

世界各國，包括聯合國的環境規劃署（UNEP）、世界經濟論壇（WEF）及美國、歐盟、日本等國際組織及國家，皆積極倡導環境保護，發展節能減碳的綠建築，期降低對環境的衝擊，除綠建築規劃設計技術外，將ICT應用於節能亦為各國認為極具發展潛力的作法，而利用網路提升各項整合服務，也是最能有效滿足使用者需求的方法，因此結合綠建築技術與ICT設備、系統之智慧綠建築，為全球建築發展的重點，相對於國內地狹人稠、且高齡人口數量及比例持續上升，智慧綠建築的推動更是勢在必行，期望可以由建築、社區、城市，逐步推動以建設節能永續的智慧新臺灣。

## 二、國內綠建築發展

因應全球氣候變遷，20世紀後期全球開始重

視「環境永續發展」議題，思考如何與環境共生共榮，在確保舒適健康的環境下，儘量降低對環境的衝擊，減少資源及能源耗用、製造較少之廢棄物，綠建築的發展最早可追溯到1970年代的石油危機，由於能源匱乏造成全球性的恐慌，於是各國開始紛紛致力於節約能源的研究發展，建築節能技術亦為重要研發項目之一，加上溫室氣體排放造成氣候變遷等問題，世界各國均積極推動發展「綠建築」（Green Building）。

### （一）綠建築評估系統沿革

在全球氣候變遷之問題下，臺灣的溫度變化相較於世界之平均變化更高，依據中央氣象局統計資料顯示，臺灣在過去100年的平均溫度較過去上升約1-1.34度，相較於全球的0.7度，且國內的能源99%以上皆依賴進口，加上都市化人口集中的熱島現象等，凡此皆迫使台灣必須及早因應環境惡化之問題。有鑑於此，內政部建築研究所（以下簡稱建研所）從1991年尚在籌備處階段即展開建築節能與居住環境議題相關研究，1995年「建築節約能源設計」研究成果正式納入建築技術規則，強制規範新建建築物之節約能源設計。

自1997年起建研所陸續規劃辦理4階段綠建築科技計畫，包括第1階段4年期「綠建築與居住環境科技專案中程綱要計畫」、第2階段5年期「綠建築與居住環境科技專案中程綱要計畫」、第3階段4年期「綠建築與永續環境科技中程綱要計畫」及第4階段4年期「永續綠建築與節能減

# 智慧綠建築 發展現況與未來展望



何明錦

內政部建築研究所所長

## 一、全球面對的挑戰

近年來，人類對於大自然的破壞規模已逐漸擴大至地球尺度，引發嚴重環境生態問題，包括氣候異常、海平面上升、臭氧層破壞、能源耗竭及糧食危機等，甚至直接威脅人類的健康與生存；另外，持續增加的人口，預估2050年將達到90億，加上人口結構惡化，高齡人口急遽增加，生產力降低及照顧需求增加等，如何降低建築開發對環境的衝擊、減少能源消耗、減少溫室氣體排放量，並利用新科技設備提升人類福祉，為全球當前各國皆須面對的迫切課題。

世界各國，包括聯合國的環境規劃署（UNEP）、世界經濟論壇（WEF）及美國、歐盟、日本等國際組織及國家，皆積極倡導環境保護，發展節能減碳的綠建築，期降低對環境的衝擊，除綠建築規劃設計技術外，將ICT應用於節能亦為各國認為極具發展潛力的作法，而利用網路提升各項整合服務，也是最能有效滿足使用者需求的方法，因此結合綠建築技術與ICT設備、系統之智慧綠建築，為全球建築發展的重點，相對於國內地狹人稠、且高齡人口數量及比例持續上升，智慧綠建築的推動更是勢在必行，期望可以由建築、社區、城市，逐步推動以建設節能永續的智慧新臺灣。

## 二、國內綠建築發展

因應全球氣候變遷，20世紀後期全球開始重

視「環境永續發展」議題，思考如何與環境共生共榮，在確保舒適健康的環境下，儘量降低對環境的衝擊，減少資源及能源耗用、製造較少之廢棄物，綠建築的發展最早可追溯到1970年代的石油危機，由於能源匱乏造成全球性的恐慌，於是各國開始紛紛致力於節約能源的研究發展，建築節能技術亦為重要研發項目之一，加上溫室氣體排放造成氣候變遷等問題，世界各國均積極推動發展「綠建築」（Green Building）。

### （一）綠建築評估系統沿革

在全球氣候變遷之問題下，臺灣的溫度變化相較於世界之平均變化更高，依據中央氣象局統計資料顯示，臺灣在過去100年的平均溫度較過去上升約1-1.34度，相較於全球的0.7度，且國內的能源99%以上皆依賴進口，加上都市化人口集中的熱島現象等，凡此皆迫使台灣必須及早因應環境惡化之問題。有鑑於此，內政部建築研究所（以下簡稱建研所）從1991年尚在籌備處階段即展開建築節能與居住環境議題相關研究，1995年「建築節約能源設計」研究成果正式納入建築技術規則，強制規範新建建築物之節約能源設計。

自1997年起建研所陸續規劃辦理4階段綠建築科技計畫，包括第1階段4年期「綠建築與居住環境科技專案中程綱要計畫」、第2階段5年期「綠建築與居住環境科技專案中程綱要計畫」、第3階段4年期「綠建築與永續環境科技中程綱要計畫」及第4階段4年期「永續綠建築與節能減

碳科技綱要計畫」，整合綠建築與永續環境技術的發展，擴大應用層面至社區與都市設計層次，拓展我國營建部門推動永續發展之範疇。依據第1階段科技研究成果，建研所於1999年完成研訂「綠建築評估系統」，並自同年9月開始推動實施，2001年並由行政院核定「綠建築推動方案」，全面啟動我國的綠建築運動；同時為因應我國建築業界的發展，第3階段及第4階段前期之綠建築科技發展，再納入永續、健康、生態與室內環境等課題深入研究，從環境、建築以迄室內空間，陸續達成促進人本健康、維護環境永續及帶動產業發展的目標。

## (二) 綠建築評估內容

依據「綠建築評估系統 (EEWH)」對綠建築的定義為：在建築生命週期中，消耗較少資源，使用較少能源、產生較少廢棄物，及兼顧健康舒適之建築物，

並以臺灣亞熱帶氣候為基礎，充分掌握本土建築特性，依生態(Ecology)、節能(Energy Saving)、減廢(Waste Reduction)及健康(Health)四大指標群，再細分為9項指標，包括生物多樣性、綠化量、基地保水、水資源、日常節能、室內環境、CO2減量、廢棄物減量、污水垃圾改善等，以量化之標準作為評估依據，構成完整的

大指標群	指標名稱	
	92年(修訂版)	評估要項
生態	1. 生物多樣性指標	生態綠網、小生物棲地、植物多樣化、土壤生態
	2. 綠化量指標	綠化量、CQ固定量
	3. 基地保水指標	保水、儲留滲透、軟性防洪
節能	4. 日常節能指標(必要)	外殼、空調、照明節能
減廢	5. CO <sub>2</sub> 減量指標	建材 CQ排放量
	6. 廢棄物減量指標	土方平衡、廢棄物減量
健康	7. 室內環境指標	隔音、採光、通風、建材
	8. 水資源指標(必要)	節水器具、雨水、中水再利用
	9. 污水垃圾改善指標	雨水污水分流、垃圾分類處理、堆肥

表1 EEWH評估內容概要

「綠建築評估系統 (EEWH)」。本(2012)年並擴大評估範圍，將原有一體適用的綠建築評估通用版本，參酌美、日、英等國家之綠建築評估制度，發展完成綠建築評估家族，包括基本型 (EEWH-BC)、住宿類 (EEWH-RS)、廠房類 (EEWH-GF)、舊建築改善類 (EEWH-RN) 及社區類 (EEWH-EC) 等不同建築分類之綠建築評估內容，使我國正式邁入綠建築分類評估時代。而且為有效區分判別綠建築的高下優劣，以鼓勵申請者爭取良好形象與榮耀，綠建築評估依其得分高低，依序分為合格、銅、銀、黃金及鑽石五個等級。

## (三) 綠建築手法與效益

「綠建築評估系統」之評估重點，在設計規劃上強調簡潔的造型，避免濫用建材資源、過量設計，鼓勵藉由適當建築座向、開窗面積、基地綠化及基地保水等設計手法，以達到建築物自然通風及採光之節能要求，同時具有淨化空氣、減少噪音、調節氣候、增加大地涵養水能力、增進土壤生態等功能，達到緩和都市氣候高溫化及減少都市洪水發生率，進而提供使用者一個健康舒適的生活環境。實施綠建築後可達到之基礎效益主要有以下幾項：

1. 節約能源：平均節約用電量20%。



圖1 EEWH家族評估體系適用範圍

- 2.節約水資源：平均節水量約可達30%。
- 3.創造健康室內環境，增進居住環境品質。
- 4.綠建材研發，促使傳統產業轉型，提升競爭力。
- 5.廢棄物再生利用技術研發與推動產業化。

#### (四) 綠建築標章執行成效

綠建築標章評估制度在設計上包括了針對完工建築物頒發之「綠建築標章」，以及針對規劃設計完成以書圖評定方式通過的「候選綠建築證書」兩項，主要是希望藉由候選證書的評定，提供事先評估並調整不適當設計的機會，減少建築物完成後無法修改或必須耗費更大成本改正的狀況。由於「日常節能」及「水資源」2項為獲得綠建築標章之必要指標，且其約有節水30%及節電20%以上的效益。截至2012年5月底止，國內已有3,412件綠建築標章或候選綠建築證書，其中尤其是民間自發性申請標章之比例，更從早期

的6%逐年提升，到2011年已達到18%。估算這些獲得綠建築標章之建築物，每年約可節省用電約10.14億度，節省用水約4,509萬噸，合計減少之CO2排放量約68.2萬公噸，約等於1.68個台北市面積人造林所吸收的CO2量，估計每年節省水電費約達28.9億元。

### 三、綠建材發展

依據統計，人在室內空間的時間約為90%，所以室內環境之良窳影響健康至鉅，為提升室內環境之健康性及舒適性、降低建材製程中對環境造成之衝擊，並帶動傳統建材產業升級，本所繼綠建築標章後陸續建立綠建材標章制度。綠建材標章制度係參酌國際間相關建材標章精神、檢測程序及評定基準，並依本土氣候環境、產業現況，擬定綠建材標章相關制度，提出評定項目及評定基準，並自2004年7月開始受理綠建材標章申請。

#### (一) 綠建材標章四大範疇

我國綠建材標章制度將綠建材分為四大範疇：生態、健康、高性能及再生綠建材（詳圖4），其中：「生態綠建材」是指使用無匱乏危機之天然材料（例如竹材、再生林木材等），以低人工處理方式製成之建材；「健康綠建材」是指低甲醛及揮發性有機化合物（TVOC）逸散之建材；「高性能綠建材」則包括防音、透水、節能等性能上有高度表現之建材；「再生綠建材」是指將本土廢棄物依一定摻配比例再利用製成之建材。

#### (二) 綠建材使用規定

綠建材標章制度初期屬推廣及自願申請性質，惟自2006年7月起，內政部於建築技術規則明訂，供公眾使用之建築物室內裝修應採用5%以上的綠建材，2009年提高其使用率為30%，本（2012）年更將使用率提升至45%，並增列戶外

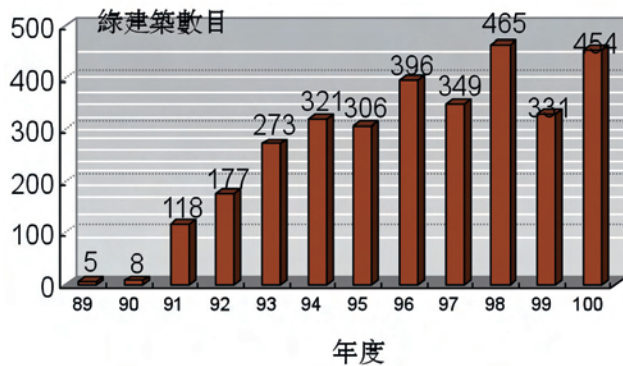


圖2 綠建築標章核發數統計圖

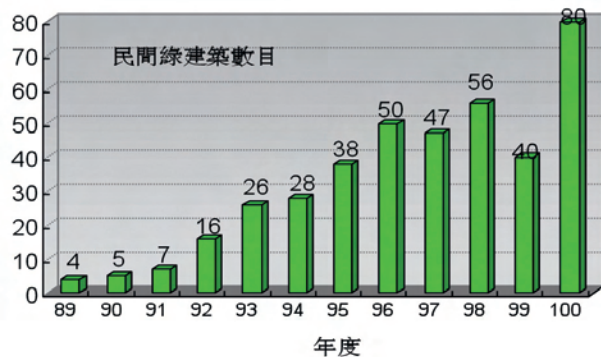


圖3 民間綠建築標章核發數統計圖

鋪面部分需使用10%以上的綠建材。一舉帶動了國內綠建材的產製及消費風潮，

### （三）綠建材標章執行成效

建研所自2004年推動綠建材標章制度以來，每年核發之標章數持續成長，截至2012年5月底止，已累計核發710件標章（562件健康、2件生態、52件再生與94件高性能，詳圖5），產品包括塗料、天花板材料、地板材料、隔間牆材料、吸音材及構件、磁磚、透水磚、高壓混凝土地磚、填縫劑、接著劑、節能玻璃、隔音門窗等共5,621個產品，顯見綠建材標章制度已成功獲得產業界重視與迴響，並有效帶動國內綠建材的產製及消費風潮，民眾可選購之綠建材產品趨於豐富多元。

## 四、智慧建築發展

隨著科技進步，尤其是電腦與網路之應用，利用新科技產品技術與建築結合以提升生活環

境品質逐漸受到重視，「智慧建築」在國際上名稱並未一致，也缺乏嚴格定義，有稱為Smart Building、Intelligent Building或Smart Home等，客觀的說，通常是指藉由資通訊設備與主動感知控制等系統，結合智慧型高科技技術、材料、產品之應用，使建築物更加安全、節能、健康、舒適、便利。世界各國包括美國、英國、日本、韓國及中國大陸等皆積極推動智慧建築，並在節能、安全監控及提供引進網路服務之基礎具有極大之成效。

### （一）智慧建築評估系統沿革

由於我國ICT產業在世界具領先之地位，同時又面對能源、高齡人口急遽增加及民眾對多元服務之需求提高等問題，以智慧建築為基礎，配合數位匯流、雲端運算、智慧生活等發展，以建設「科技化」、「資訊化」、「人性化」又兼顧「永續化」的生活空間與環境，乃當前重要議題。本所於1992年開始進行相關研究，並於2002年完成智慧建築評估系統研訂，2003年開始推動「智慧建築評估系統」，2011年因應世界發展趨勢及科技之演進，並彙整執行智慧建築相關業務的經驗與問題，更新評估系統內容，以使智慧建築之評估得以更加完備，並符合科技之發展趨勢與使用者需求。

### （二）智慧建築評估內容

依據「智慧建築評估系統」，對智慧建築之定義為：建築物導入節能概念與智慧化相關產業技術，建構主動感知，及滿足使用者需求之建築空間；並以臺灣本土生活習慣及民眾生活需求為基礎，提出8項評估指標，作為「智慧建築標章」之評估依據。評估內容分成兩大群組，包括「基礎設施」及「功能設施」，包括綜合佈線、資訊通信、系統整合、設施管理、安全防災、健康舒適、貼心便利及節能永續；並參考綠建築採分級制度，依建築物之智慧程度分成五個等級，

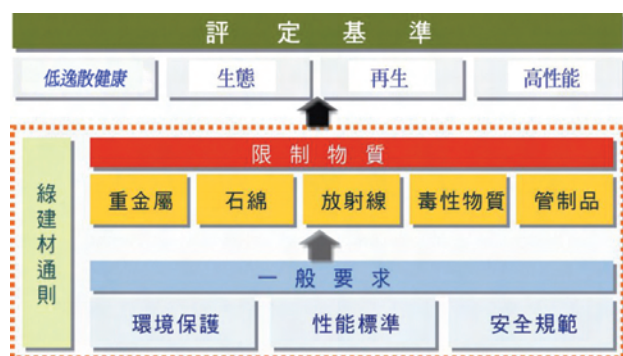


圖4 綠建材標章四大分類及通則

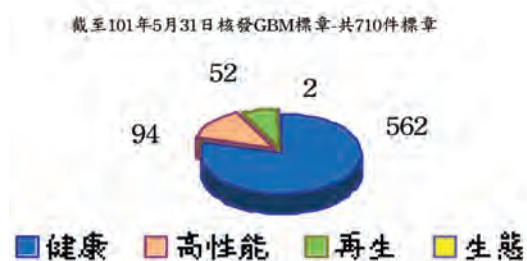


圖5 綠建材標章核發數統計圖

即「合格、銅、銀、黃金及鑽石級」。

### (三) 智慧建築手法與效益

「智慧建築評估系統」之重點，主要著重在建築物規劃設計時導入智慧化相關技術及應用，以滿足使用者的舒適性、操作者的方便性、設備的節能性、管理的高效性與資訊化的服務性，透過資訊通信之傳遞與綜合佈線及系統整合達到建築物智慧化的基本效能，並藉由智慧化技術提升建築物整體安全防災功能，以及設備連動監控技術達成建築節能效益與提升室內外環境之健康舒適品質，同時再藉由優良之設施管理，以維持導入之智慧化功能都能正常運作，發揮應有之功能效益，促使整體建築物品質進階升級。

相較於一般建築，獲得智慧建築標章之建築物，具有以下較佳之性能與效益：

- 1.具整合性之智慧建築使用管理功能，可節省管理維護費用約10-20%。
- 2.藉由主動感知與控制及能源管理系統，在相同空調環境下，可節省10%的能源耗用。
- 3.具擴充性及系統性之資通信設備與網路系統，利於建築物未來因應科技進步之提升彈性。
- 4.藉由主動感知監控之設備與網路，可有效加強防盜及防止與降低災害意外等，提升居住環境之安全性。

5.經由有效的設施管理，達到節能、節約人力，降低管理維護費用及延長建築物壽命之目標。

### (四) 智慧建築標章執行成效

智慧建築標章評估系統，在制度設計上亦比照綠建築標章，分為「智慧建築標章」及「候選智慧建築證書」。智慧建築標章自2004年推出正式受理，採志願申請方式，作為業界檢視所建設之建築物其智慧化程度之參考。截至2012年5月底止，計有35件智慧建築標章或候選智慧建築證書。為強化推動落實成效，未來將從公有建築率先推動，自2013年7月1日起造價達新台幣2億以上之公有辦公廳舍等建築，須取得智慧建築候選證書與標章，屆時推動成效將會更為顯著。

## 五、智慧綠建築推動方案

由於綠建築主要係以被動的技術手法，追求節能減碳、環境永續發展為主要目標，而智慧建築則希望藉由科技主動感知之設備技術，達到提升生活環境品質並兼顧節能永續的目標，所以行政院於2010年核定「智慧綠建築推動方案」，期結合綠建築技術與智慧建築科技設備的手法，達到提升居住環境品質、促進節能減碳及帶動產業發展三贏的目標。



圖6 智慧綠建築推動現況示意圖

### (一) 智慧綠建築定義

所謂「智慧綠建築」，係指以建築為載體基礎，導入綠建築技術及智慧型高科技技術、材料產品之應用，使建築物更安全健康、便利舒適、節能減碳又環保。至於推動策略經參考國際趨勢，並考量現行法令制度與技術發展等因素，及配合目前都市更新容積獎勵之規定等，採「綠建築標章」及「智慧建築標章」並行推動之方式。

### (二) 智慧綠建築相關產業

由於智慧綠建築係結合綠建築技術及智慧綠建築設計，並結合各類先進智慧化產品與服務，達到建築效能升級之目的。相關的產業可廣泛的分為以下2種類型：

1. 建築本體相關產業：建築設計、施工營造、綠建材，能源管理設備系統、安全監控設備系統、節能家電設備系統、自動控制設備系統、空調節能設備系統、室內環境品質設備系統、節水設備系統、照明節能設備系統等。

2. 外部服務相關產業：公共服務、資訊通

信、物業管理、健康照護、遠距醫療、居家保全、影音娛樂等。

依據本所委託野村總和研究所調查研究顯示，2010年智慧建築國內相關產業產值約2,300億，其中智慧建築加值服務之產值約310億。

### (三) 智慧綠建築推動的問題與對策

國內ICT產業雖在世界居領先地位，惟過去多著重於生產及代工，對於系統整合部分較不重視，且對於不同設備間亦缺乏通訊協定，再加上建築產業對於資通信產業之隔閡，造成現階段推動智慧建築面臨部分，「智慧綠建築推動方案」正推動各項措施，整合各個部會資源，積極推展智慧綠建築相關產業，相關問題與對策如下：

1. 加強研發能量：針對業界缺乏自行投入設計及技術研發能力問題，加強推動普及智慧建築，創造市場需求，以加強營建業界研發能量。

2. 加強資訊交流：建築師對資通訊技術的掌握不足，系統整合及創新服務人才缺乏，將加強技術講習推廣，並建立資訊交流平台，加強建築師與機電計師等業界對於相關資訊技術之瞭解與

應用。

3. 研擬通訊協定：目前建築物各廠牌間智慧化系統設備相容性差且缺乏共通平台，難以提供整合加值服務，未來將整合相關業界，探討研訂共同通訊協定與建立標準化之可行性。

4. 研訂鼓勵措施：智慧綠建築產業之推動初期，需

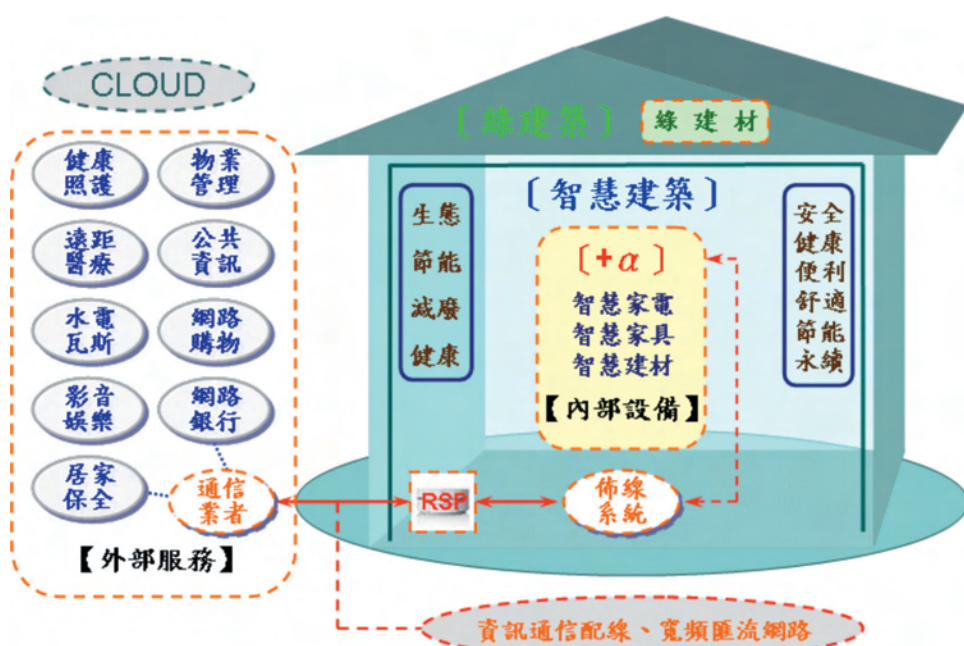


圖7 智慧綠建築關聯產業

有實質誘因，目前都市更新容積獎勵辦法已訂定採用智慧建築或獲得銀及以上綠建築標章之建築物可獲得容積獎勵。

5.持續掌握民間需求：目前建築物再生能源及智慧節能系統設置成本較高，不易推動普及，且目前僅公有建築強制規定申請綠建築標章，一般建築係自願性辦理。未來將持續針對非公共建設訂定設計規範，並推動民眾體驗參與，以確實了解並增加民眾需求。

6.加強技術整合：推動智慧化將陸續有新的功能或商業服務模式的產生，但要如何進入現有產業服務鏈必須再加以整合，且硬體設備製造商也意識到必須結合服務提高附加價值，後續將推動以建築業為主導，透過業主及需求角度推動技術整合工作。

4.推動智慧住宅普及化，考慮住宅居住者特性與負擔能力，引入適當智慧化設備，提升一般住宅品質以符合未來生活需求。

5.研擬建置產品資訊平台：連結供應端與需求端，以利於推廣智慧產品應用於建築物，提升建築環境品質，及促進產業發展。

6.加強辦理既有建築物能源效率提升及智慧化改善示範計畫，引導建築品質及使用效能提升並帶動產業發展。

智慧綠建築涵括範圍極為廣泛，包括建築、ICT產業、建材及系統設備等，甚至必須包括外圍各項支援性服務，方能真正達到智慧綠建築之效益。期望未來產政學研各界共同努力，積極推動我國智慧建築，以達到全面提升居住環境品質、促進節能減碳與帶動產業發展強化國家競爭力之三贏目標。

## 六、智慧綠建築未來展望

由於過去建築強調設計美學和品味已不能滿足人們面對21世紀資訊化現代社會的生活需求，目前所之推動智慧綠建築就是要讓建築成為科技的載具，並且能符合人本需求及人性化的應用，使生活更安全、健康、便利、和舒適，以及能更有智慧、高效率的使用能源，符合永續環保節能的趨勢。因此，如何將綠建築技術及ICT科技融入建築與生活中，將是關鍵所在。本所作為智慧綠建築之主要推手，後續將著重於下列工作之推動：

1.加強推動綠建築標章，擴大綠建築評估範圍，以全面提升節能減碳效益。

2.加強普及綠建築理念，持續辦理示範基地參訪活動、製作宣導短片及加強媒體傳播，擴大宣導推廣普及綠建築。

3.加強推動智慧建築標章，簡化評估內容及操作程序，以鼓勵更多建築採用智慧化系統設備，提升建築品質並參與認證。