

行政院原子能委員會
委託研究計畫研究報告

既有建築物節能改善之評估研究

The study on evaluation of energy-efficient
performance improvement in existing building

計畫編號：1042001INER008

受委託機關(構)：財團法人成大研究發展基金會

計畫主持人：李訓谷

聯絡電話：06-2081469

E-mail address：李訓谷 sklee@stu.edu.tw

核研所聯絡人員：蔡丁貴

報告日期： 104 年 12 月 14 日

目 錄

目 錄.....	I
中文摘要.....	1
英文摘要.....	2
壹、計畫緣起與目的.....	3
一、計畫背景.....	3
二、計畫之主要目的.....	7
三、計畫重要性.....	7
四、國內外有關本計畫執行情況.....	8
貳、研究方法與過程.....	14
一、文獻分析.....	14
二、專家諮詢法.....	14
三、實驗量測法.....	14
(一) 新型建材開發.....	14
(二) 建材光學與熱學性能量測.....	15
(三) 建材對於建築節能效益之評估.....	21
(四) 創新建材對於建築節能效益之全尺寸實驗.....	26
(五) 提出節能的成本效益及面臨困難的解決方案.....	30
參、主要發現與結論.....	32
一、隔熱膜貼附玻璃之光學與熱學量測結果.....	32
二、全尺度實驗屋節能效益評估.....	35
(一) 建材對於建築節能效益之評估.....	35
三、創新建材對於建築節能效益之全尺寸實驗結果.....	42
(一) 隔熱膜貼附玻璃之實驗屋實地量測數據.....	42
肆、參考文獻.....	54

中文摘要

世界各國於環境發展方面皆致力提倡節能減碳運動，而佔全球約 30~40% 能源消耗量之建築相關領域近年來逐漸受到各國重視。以市場的現況而言，舊建物目前約佔 97% 之樓地板面積，若要徹底落實建築物的節能減碳，絕對不能忽略既有建築物的節能改善效益。本計畫之主要目的在於橋接核能研究所之技術與建材產業界之市場需求，開發出創新透光隔熱綠建材，並且以核能研究所測試平台為驗證平台執行建築物節能改善效益之評估，以驗證本研究所開發建材之應用競爭力。本計畫之研究成果不僅能使核能研究所在相關技術上具領先地位，甚至能提升相關產業在國際間之競爭力。

關鍵字：節能，減碳，綠建材。

Abstract

In environmental development aspects, countries around the world are committed to promoting energy saving and carbon reduction campaign, and the building related fields account for about 30 to 40 percent of global energy consumption becoming more noticed in the world recently. However, the floor area of existing building is around 97% of total floor area. Therefore, there are more potentials in energy saving and carbon reduction of the existing buildings. The objective of the project is to bridge the gap between Technology of Institute of Nuclear Energy Research and the market of building materials, and develop new transparent green building materials. Besides, the performance of energy saving is estimated with the test platform in Institute of Nuclear Energy Research. This project is raising not only the technology of Institute of Nuclear Energy Research, but also the competitiveness of market in building materials.

Keywords : Energy saving, Carbon reduction, Green building materials

壹、計畫緣起與目的

一、計畫背景

二十一世紀由於二氧化碳濃度持續上升（參閱圖 1），導致地球環境加速溫暖化現象，造成全球氣候變遷問題，因此國際上於 2009 年推動的減碳 350 運動、全球前二十大經濟體元首高峰會（G20， group of 20）至哥本哈根會議（COP15）之後均注重於討論二氧化碳減量課題，思考如何有效降低二氧化碳排放量。

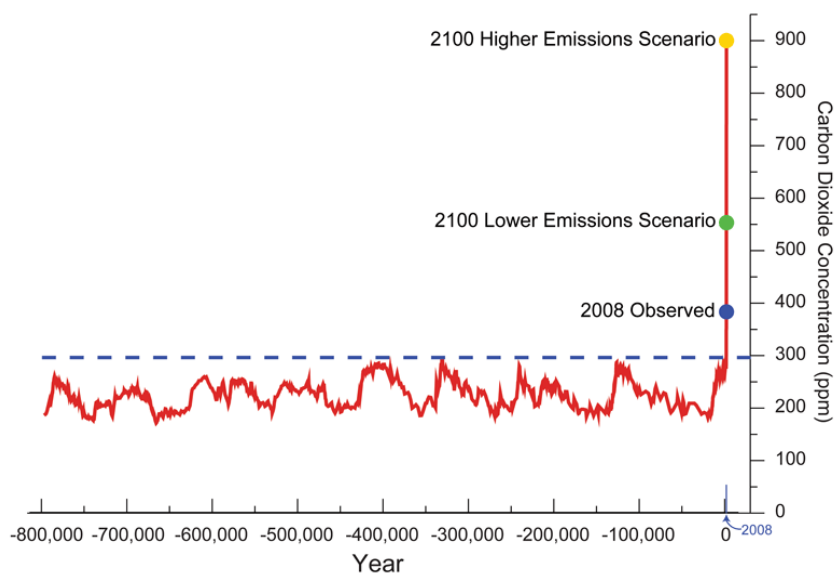


圖 1 IPCC 統計十萬年週期全球二氧化碳排放量

國際上針對節能減碳議題已具體落實至生活環境中，例如：英國標準協會（BSI）提出碳足跡（PAS2050）計算各產品之碳足跡，藉由日常生活中使用之各項產品累計碳足跡；日本亦於 2009 年也以英國標準協會提出之方法為基礎發展理想碳足跡制度方案（發展カーボンフットプリント制度の在り方(案)）顯示碳足跡議題正快速發展中。建築部門的環境足跡(environmental footprint)包含 40% 能源使用、30% 原物料使用、25% 的固體廢

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

而我國對於節能減碳的因應對策，行政院於 2008 年推動「生態城市綠建築推動方案」、「節能減碳行動方案」及全國能源會議有關「低碳家園」等低碳施政，明訂二氧化碳減量為政策推動之首要目標。另根據統計資料顯示，台灣每年約釋放 25 億公噸二氧化碳於大氣中，其中建築產業耗能約佔總排放量的 27%，顯示建築部門為推動二氧化碳減量促進永續發展的關鍵之一。

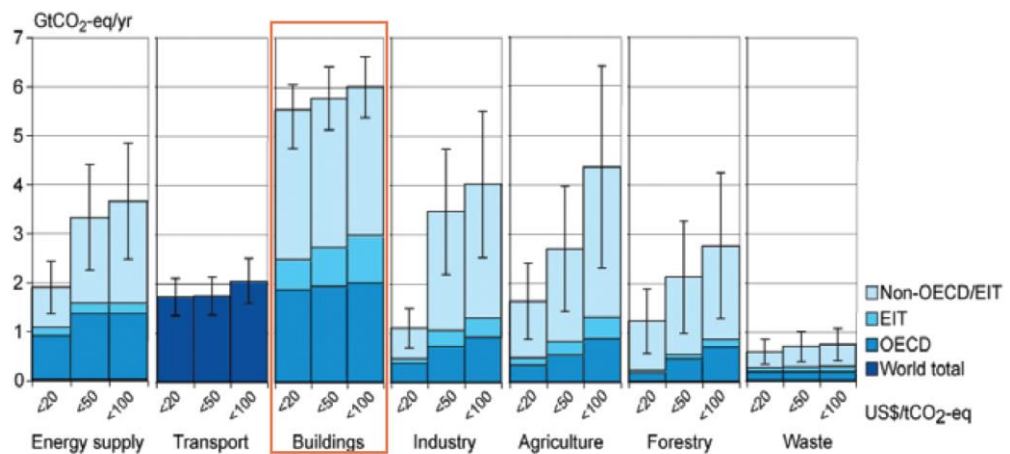


圖 2 各部門溫室氣體減量潛勢

我國減碳情境規劃係以落實能源密集度每年下降 2% 為目標，預期可於 2020 年減 CO₂ 共 76 百萬噸，達到全國減碳目標的 36%。而國家節能減碳總體計畫在節能目標上期望未來 8 年

每年提高能源效率 2% 以上，使能源密集度於 2015 年較 2005 年下降 20% 以上；並藉由技術突破及配套措施，2025 年下降 50% 以上。減碳目標則是全國二氧化碳排放減量，於 2020 年間回到 2005 年排放量，於 2025 年回到 2000 年排放量。圖 3 為「節能減碳年」之主要行動計畫。

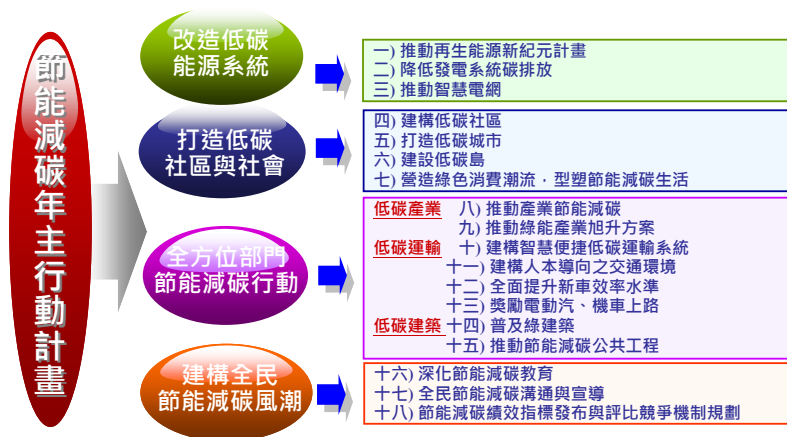


圖 3 節能減碳年主行動計畫架構

現今世界各國為了解決氣候變遷與地球暖化問題，皆投注大量人力與物力進行解決之道的研究發展。由於建築能耗佔一個國家的全國總能耗的比例相當大，例如美國的建築能耗約佔美國總能耗 40%，台灣大約為 30%，中國大約 25%。因此，降低建築能耗與都市熱島效應之策略已成為全世界關注的重點。對於降低建築能耗之策略除了提高建築設備的能源使用效率（例如：使用高能源效率的空調、照明設備等）外，另一發展重點為降低建築外殼能耗。因此，開發高隔熱的建築材料已成為世界各國認為在建築節能減碳中相當具有成本效益的作為之一，亦是具有市場價值之產品之一。過去的隔熱建材的發展趨勢大多朝向厚度加大與多層化的方向發展，例如：膠合玻璃所組成的雙層或是三層玻璃建材已被視為隔熱性能優異的玻璃建

材。然後，此類複層玻璃建材會因為其本身的重量增加而造成建築物結構必須承受較大的負載，甚至必須額外考量此類玻璃建材墜落所造成之人員安全問題。

根據能源局之資料顯示(如圖 4 所示)，進入建築物的熱量所佔比例以屋頂、外牆以及玻璃三者為最高，因此，最有效的建築外殼手法即是開發高隔熱外牆與屋頂建材以及高透光高隔熱的玻璃建材。再者，2013 年全球的建築隔熱建材的市場從 2008 年的 8 千 3 百萬美金成長到 6 億 4 千 6 百萬美元，因此全世界相關廠商無不致力於高效能的新隔熱建材產品研發與成本降低。故此，在臺灣建材相關業界急需提升產品設計及新產品開發產製能力，並開發一低成本與高性能的外殼建材，以期有足夠的利基切入市場，並提升國際競爭力。

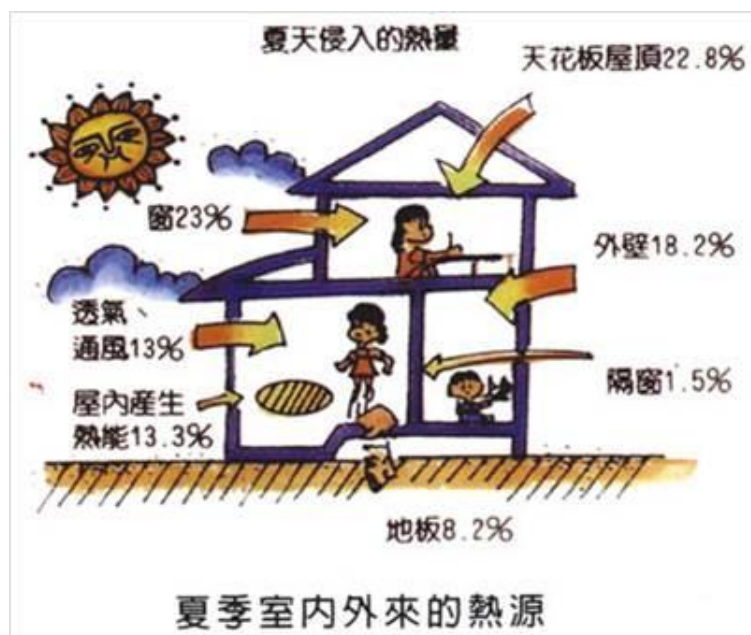


圖 4 建築物室內外熱源所佔比例

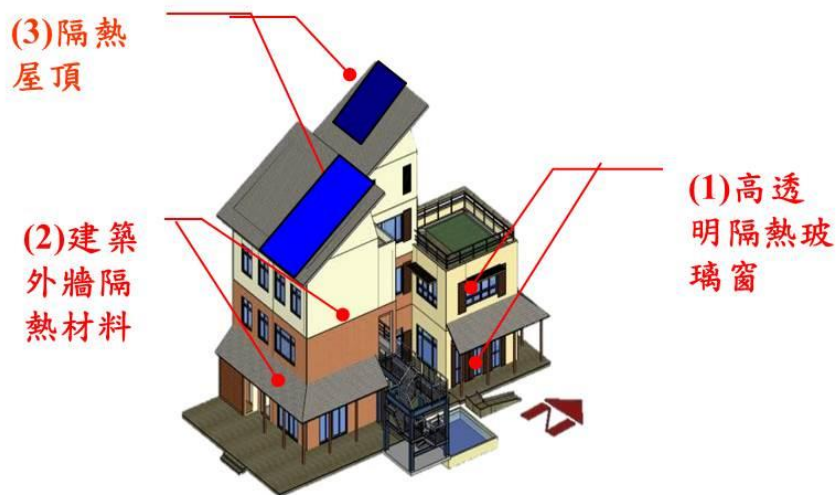


圖 5 建築外殼節能手法

因此，若本研究計畫可針對成本、工法與穩定度三方面進行考量，橋接核能研究所之技術與建材產業界之市場需求，進而開發出具競爭力的應用建材，不僅能使核能研究所在相關技術上具領先地位，甚至能提升相關產業在國際間之競爭力。

二、計畫之主要目的

本計畫之主要目的在於橋接核能研究所之技術與建材產業界之市場需求，開發出創新透光隔熱綠建材，並且以核能研究所測試平台為驗證平台執行建築物節能改善效益之評估，以驗證本研究開發建材之應用競爭力。

三、計畫重要性

全世界相關廠商無不致力於研發高效能的新隔熱建材產品與降低成本。故此，在台灣建材相關業界急需提升產品設計及新產品開發產製能力，並開發一低成本與高性能的外殼建材，以期有足夠的利基切入市場，並提升國際競爭力。本計畫之研究成果不僅能使核能研究所在相關技術上具領先地位，甚至能提升相關產業在國際間之競爭力。

四、國內外有關本計畫執行情況

本節對玻璃節能技術之發展、目前問題及相關驗證方法做一陳述。

在節能減碳的議題上，由於京都議定書中開始關注全球二氧化碳排放限制的議題，使得世界各國對玻璃建材的節能特性部分開始出現相關的法規要求。此外，除了在建築法規中限制了玻璃建材應用在建築物的要求規定外，在玻璃建材對於建築物節能影響之評估上，目前美國(DOE,2009) [1]、英國(BFRC, 2007) [2]、澳洲、歐盟(Avasoo, 2004) [3]各國以及台灣(內政部建築研究所，2007)均設有節能玻璃標章獎勵消費者多使用此類節能玻璃以節省能源 [4]。

表 1 各國節能玻璃評定制度的

	標章名稱	評定等級
美國	Energy Star	核定標章
歐盟	European Window Energy Rating System (EWERS)	A-G 七等級
英國	BFRC Rating System	A-G 七等級
加拿大	Canadian Energy Star	核定標章
澳洲	Window Energy Rating Scheme (WERS)	0~10 顆星(級距：半顆星) <ul style="list-style-type: none"> ■ Heating Star ■ Cooling Star
紐西蘭	Window Efficiency Rating System (WERS)	0~5 顆星(級距：半顆星) <ul style="list-style-type: none"> ■ Heating Star ■ Cooling Star
台灣	高性能節能玻璃綠建材	核定標章

目前有關節能玻璃之發展方向仍著重在節能玻璃之性能提升上，而最大的研發重點在於節能塗層的開發，其中以低輻射 Low-E 玻璃為代表。現在市面上計有三種 Low-E 玻璃製程，亦即 pyrolytic low-E, magnetron-sputtered vapor deposition (MSVD) low-E and solar selective MSVD low-E (Russo et al., 2001)，而其組成亦相當多樣。另外，亦有與智慧建築互相結合的液晶玻璃 (Sottile, 2005) [6]、相變化玻璃 (Ismail and Henriquez, 2002) [7]、太陽發電整合建築玻璃 BIPV (Benemann et al., 2001) [8]、高隔熱性的真空玻璃 (Collins and Simko, 1998) [9] 等玻璃建材被應用在建築節能上。

目前既有玻璃帷幕建築的節能改善策略，最常採用的方式是在玻璃內側貼附或塗裝隔熱膜。當太陽輻射穿過貼附隔熱膜的玻璃時，部分的輻射能量會被隔熱膜反射與吸收，使進入室內的能量減少，達到節能的效果。然而隔熱膜表面溫度會因吸收太陽輻射而升高，根據 Alvarez et al. (Alvarez et al., 1998) [10] 實驗結果顯示鍍膜玻璃(吸收率=67%，表面輻射率=0.56) 室內側表面溫度會比清玻璃(沒有鍍膜)室內側表面溫度高 7.9°C，其室外側表面溫度也會高出清玻璃的室外側表面溫度 5.3°C，而 6 mm 鍍膜玻璃的室內外側表面溫度差為 4°C。Etzion & Erell (Etzion & Erell, 2000) [11] 也指出吸收玻璃在雙層玻璃的內層時其表面溫度會比吸收玻璃在外層時的表面溫度高出大約 5°C。因此在室內塗裝隔熱膜所造成的玻璃表面溫度上升會使得在靠近玻璃外周區的人員對於室內舒適不滿意度提高，Chaiyapinunt et al. (Chaiyapinunt et al., 2005) [12] 指出有貼附隔熱膜的玻璃之表面

溫度升高所造成的不滿意度(Predicted Percentage of Dissatisfied, PPD)較沒有貼附隔熱膜者高，其中以雙層玻璃貼附隔熱膜的不滿意度最高。

另外，在 Chaiyapinunt et al.的研究中有無貼附隔熱膜對於以傳導、對流形式進入室內的熱量沒有顯著影響；但是隔熱膜的光學性能是影響太陽輻射直接進入室內的主要參數。再者，根據玻璃業者所提供之經驗指出，隔熱膜吸收太陽輻射熱量造成之玻璃表面溫度升高會致使玻璃發生自行爆裂之現象。故對於解決 Low-E 玻璃或隔熱膜表面溫度過高的議題上，Rosencrantz et al.(Rosencrantz et al., 2005) [13]發現將 Hard Low-E 玻璃內外塗附二氧化矽抗反射膜後會增加玻璃的日光與可見光穿透率但會減少玻璃的反射率。Rosencrantz et al. 的研究顯示增加抗反射膜的玻璃雖然會增加少許的 SHGC，但是會降低 Low-E 玻璃表面溫度以及增加室內照度。Takeda et al. (Takeda et al., 2005) 的模擬與實驗結果指出在建築物表面塗上 TiO_2 可以有效改善室內環境溫度與降低空調負荷。He & Hoyano (He & Hoyano, 2006) [15]進一步探討在建築物外牆塗上 TiO_2 並且裝設灑水系統可以使得外牆表面溫度降低 $2\sim 7^{\circ}C$ ，建築外殼室內平均輻射溫度 (Mean Radiant Temperature, MRT)降低 $2\sim 6^{\circ}C$ ，使得建築物空調負載減少 30~40%。另一方面，2001 年 Pilkington 玻璃公司已經將 TiO_2 奈米光觸媒塗附在玻璃上，並且製造出奈米光觸媒玻璃建材—Activ TM。Mills et al. (Mills et al., 2003) [16]在光觸媒活性 (photocatalytic activity)與接觸角實驗中指出 Activ TM 的親水性良好。由上述的文獻調查，吾人可知鍍膜表面溫度過高的問題

已經獲得關注；也已有研究提出將鍍膜面向室外側的觀念，甚至利用抗反射膜或 TiO_2 膜來改善此類問題。

建築節能材料之性能受到諸多影響，如氣候、方位、經緯度、建物中其他材料之表現等等，因此測試時常使用大尺度或實尺度測試，直接將建築節能材料裝置於既有或實驗用建築物上，實際量測其節能表現。

在美國有相當多的實際案例證實建築物的節能效益，其驗證方式即為大尺度驗證。圖 6 與圖 7 為節能屋頂對於非住宅建築物在夏季的節能效益成果，其中夏季的節能效益可達到 10~30% 範圍(最低到 2%，最高則有 40%)。Konopacki 等人(1998) [17]於夏季每天測量三個加州非住宅建築(兩個醫療辦公室位於戴維斯和吉爾羅伊，和一個零售商店位於聖何塞)之屋頂，其每單位面積之節能成效分別為 67 Wh/m^2 、 39 Wh/m^2 、 4 Wh/m^2 (18%、13%、2%)。假設其屋頂的太陽能反射率為 0.55，預計一年可節省之用電為(每日節省 \times 一年節省的天數)，則年省能分別為 6.4 kWh/m^2 、 3.7 kWh/m^2 、 0.6 kWh/m^2 (16%、11%、2%)，而尖峰功率需求減少為 3.3 W/m^2 、 2.4 W/m^2 、 1.6 W/m^2 (12%、8%、9%)。Hildebrandt 等人(1998) [18]於夏季每天測量包括一間辦公室、一棟博物館和一間收容所(皆位於加州)之冷屋頂，其每單位面積之節能成效分別為 23 Wh/m^2 、 44 Wh/m^2 、 25 Wh/m^2 (17%、26%、39%)。預估之年省能為 1.3 kWh/m^2 、 2.6 kWh/m^2 、 2.2 kWh/m^2 (假設其屋頂的太陽能反射率為 0.55)。

Konopacki and Akbari(2001) [19]量測位於德州的大型零售量販店於夏季使用節能屋頂可以節能 39 Wh/m^2 (11%) 和降低尖

峰功率需求 3.8 Wh/m²(14%)，預估之年省能為 6.8 kWh/m²(假設其屋頂的太陽能反射率為 0.55)。Parker 等人(1998a) [20]量測位於佛羅里達州的一所學校於夏季使用冷屋頂可以節能 44Wh/m²(25%)和降低尖峰功率需求 6 Wh/m² (30%)，預估之年省能為 4.7 kWh/m² (假設其屋頂的太陽能反射率為 0.55)。

上述皆為節能建材進行大尺度或實尺度之測試結果，透過此方式能評估該建材實際使用之節能效益。而本研究之節能玻璃亦為常見之建材，因此將節能玻璃裝設於既有或實驗用建築物上，可評估出玻璃建材之節能效益。

	(A) DAVIS MEDICAL OFFICE	(B) GILROY MEDICAL OFFICE	(C) SAN JOSE RETAIL STORE	(D) SACRAMENTO OFFICE	(E) SACRAMENTO MUSEUM	(F) SACRAMENTO HOSPICE
Roof						
Area (m ²)	2950	2210	3060	2290	455	557
Type	Built-up	Built-up	Built-up	Four-ply with capsheet	Built-up gravel	Composite shingle/ flat built up
Material	Asphalt capsheet with light grey granules	Asphalt capsheet with light grey granules	Asphalt capsheet with tan granules	Asphalt capsheet with light grey granules	Asphalt capsheet with light grey granules	Asphalt capsheet with tan granules
Insulation thermal resistance (m ² K/W)	1.4 (R-8 rigid)	3.4 (R-19 fibreglass)	Radiant barrier	3.4 (R-19)	None	1.9 (R-11)
Structure	Metal deck	Wood deck	Wood deck	Metal deck	Wood deck	Wood deck
Plenum type	Return plenum	Ventilated plenum	Ventilated plenum	Return plenum	Ventilated plenum	Ventilated plenum
Ceiling type	Tiles	Tiles	Tiles	Tiles	Tiles	Tiles
Pre-coating condition	25% granule loss and bubbling	25% granule loss and cracking	25% granule loss and cracking	25% granule loss and bubbling	25% granule loss and cracking	25% granule loss and cracking
Pre-coating solar reflectance	0.24	0.25	0.16	0.24	0.25	0.16
Post-coating solar reflectance after one year	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
Degraded (weathered) solar reflectance	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55

圖 6 加州六種非住宅建築之冷屋頂節能效果

	(A) DAVIS MEDICAL OFFICE	(B) GILROY MEDICAL OFFICE	(C) SAN JOSE RETAIL STORE	(D) SACRAMENTO OFFICE	(E) SACRAMENTO MUSEUM	(F) SACRAMENTO HOSPICE
Supply duct						
Insulation thermal resistance (m ² K/W)	Uninsulated	0.81 (R-4.6)	0.35 (R-2)	Uninsulated	0.81 (R-4.6)	0.35 (R-2)
Location	Conditioned space	Plenum	Plenum	Conditioned space	Plenum	Plenum
Savings						
Measured daily cooling energy savings (Wh/m ²)	67 (18%)	39 (13%)	4 (2%)	23 (17%)	44 (26%)	25 (39%)
Cooling days/year	110	110	165	165	165	165
Degraded annual cooling energy savings (KWh/m ²)	6.4	3.7	0.6	1.3	2.6	2.2
Degraded peak-power demand reduction (W/m ²)	3.3	2.4	1.6	n/a	n/a	n/a

Note: n/a = not available

Source: (a)–(c) Konopacki et al (1998); (d)–(f) Hildebrandt et al (1998)

圖 7 加州六種非住宅建築之冷屋頂節能效果

貳、研究方法與過程

一、文獻分析

本研究計畫將依照計畫之研究議題，蒐集包含各國節能建材相關文獻資料，並與核能研究所既有技術進行比較分析與歸納整理，作為進一步發展先進且具競爭力節能材料方向之基礎參考。另外，研究團隊將收集節能建材量測標準方法與相關儀器設備規格，使用核能研究所所開發的驗證平台建立對於建材節能量測之能力。

二、專家諮詢法

原訂於二月份召開產學會議邀請核能研究所同仁、節能玻璃相關廠商代表共同討論節能玻璃的開發規格與實驗試件的型式，因執行期限緊迫，改採個別拜訪廠商之形式。本研究計畫共計與 3M 公司、台灣節能膜、中和製漆以及綠晶玻璃 4 家廠商討論節能玻璃現況以及特色，最後本研究計畫選定以清玻璃室內面貼附 3M、台灣節能膜以及核能研究所 A、B 型隔熱膜之不同形式的隔熱膜以比較其節能特性。核能研究所 A、B 型隔熱膜為紅外線全反射型；台灣節能膜 i999 為紅外線吸收型；3M 為紅外線部分反射型。

三、實驗量測法

本研究計畫針對新型建材研究開發、建材節能量測之能力及各種量測法敘述如下：

(一) 新型建材開發：

本計畫首先邀請相關建材廠商一同與核能研究所研究人員針對核能研究所現有之技術以及建材廠商之市場需求，彙整

出新型透光隔熱綠建材產品開發項目。本計畫選定玻璃節能膜作為第一項開發建材，針對市場之現況以及規格進行研擬；經討論後本研究計畫選定以清玻璃室內面貼附 3M、台灣節能膜以及核能研究所 A、B 型隔熱膜之形式比較其節能特性。

1. 實驗試件收集與試件製作：

本研究計畫目前已製作出四款節能玻璃產品原型，包括：

(1)以「3M」及「台灣節能膜」廠商提供之 3M 隔熱膜及 i999 等兩款隔熱膜，貼於清玻璃室內面，製成「3M 隔熱膜玻璃」及「i999 隔熱膜玻璃」等兩款產品原型；

(2)以核研所提供之「A 型隔熱膜」及「B 型隔熱膜」，貼於清玻璃室內面，製成「A 型隔熱膜玻璃」及「B 型隔熱膜玻璃」等兩款產品原型。總共四款產品原型進行性能測試。

(二) 建材光學與熱學性能量測：

本工作項目為針對所產出的建材進行性能量測，量測項目包含光學以及熱學性能，其量測方法分述如下：

1. 光學性能量測

玻璃建材在建築物節能部分可區分為遮陽效能與隔熱效能兩方面。所謂遮陽效能係指玻璃建材阻擋日光輻射熱進入室內之部分，其評估指標為遮蔽係數。隔熱效能是指熱能經熱傳導、對流穿透玻璃建材，其評估指標為熱穿透係數—U 值。所謂日光輻射熱係指照射在玻璃建材之輻射熱除了來自於太陽直接照射外，另外尚有來自間接的輻射，包括空氣

和灰塵等的散射輻射熱及周邊物體的反射輻射熱等直射光、
散射光及反射光之總和，如圖 8 所示。

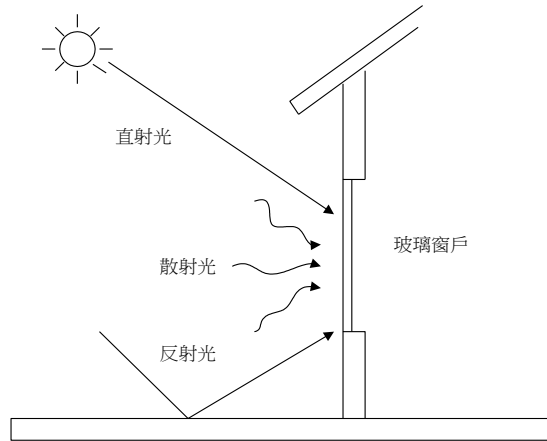


圖 8 照射玻璃的 3 種光源型式

而照射於玻璃建材之日光輻射熱一部份會因穿透而直接進入室內，此比率稱為透射率；一部份則會因反射而保留在室外，此比率稱為反射率；最後一部份則為玻璃所吸收，此比率稱為吸收率。但玻璃所吸收之熱能又分為兩部分：一部份會再傳回室外，另一部分則傳入室內。故傳至室內之日光輻射熱，包括日光透射之輻射熱及玻璃所吸收再傳入室內之輻射熱，其所佔日光輻射熱之比率稱為日光輻射熱取得率 (SHGC)，如圖 9 所示。

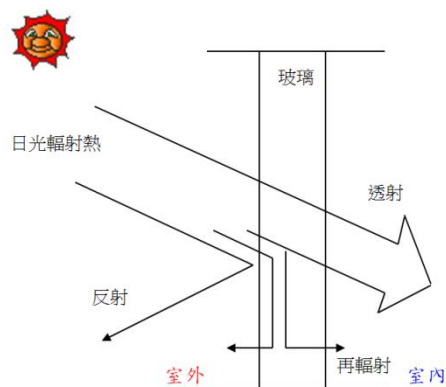


圖 9 玻璃之日光輻射熱取得率

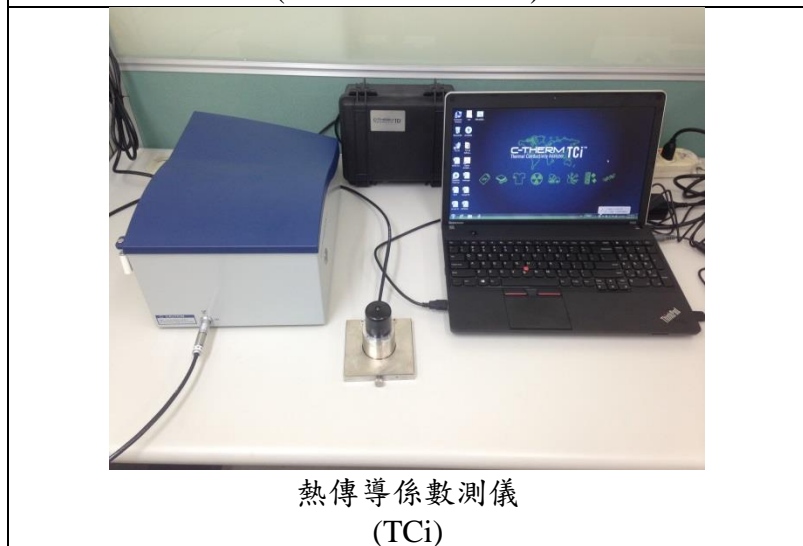
玻璃所吸收之日光輻射熱形成顯熱後，會以兩種熱傳形式向外傳熱(包括傳出室外及傳回室內)，其中之一為熱對流方式，另一部份為熱輻射方式。熱輻射方式即為玻璃表面之輻射熱，須由玻璃表面之輻射率量測求得。本工作項目係完成建材光學性能量測，以利計畫開發產品之後續工作項目所用。研究團隊在製作樣本後，接著利用玻璃光學性能檢測儀器獲得包含紫外線穿透率／反射率、可見光穿透率／反射率、太陽輻射穿透率／反射率、表面輻射率、遮蔽係數等性能數據。有關本研究計畫玻璃之光學與熱學性能檢測，研究計畫依據中國國家標準 CNS12381-R3161“平板玻璃透射率、反射率及日光輻射熱取得率試驗法”做為主要之參考，完成先進智慧節能玻璃性能檢測。所需量測之儀器包括如下：



穿透反射率光譜儀
(HITACHI U4100)



表面輻射率量測儀
(Thermo iS50 FTIR)



熱傳導係數測儀
(TCi)

圖 10 光學及熱學實驗儀器

(1) 節能玻璃光學性能計算

依據 ISO 9050 與 ISO 15099 量測之數據代入光學與熱學性能計算公式即可求得建材之光學與熱學性能，光學與熱學性能計算公式如下所述：

A. 單層玻璃之日光(太陽熱能)透射率與反射率之計算

單層玻璃之日光透射率 τ_e 與反射率 ρ_e 是將測得之分光透射率按照公式(1)~(2)計算之。

$$\tau_e = \frac{\sum_{300nm}^{2500nm} \tau(\lambda) S_\lambda \Delta\lambda}{\sum_{300nm}^{2500nm} S_\lambda \Delta\lambda} \dots\dots\dots(1)$$

$$\rho_e = \frac{\sum_{300nm}^{2500nm} \rho_0(\lambda) S_\lambda \Delta\lambda}{\sum_{300nm}^{2500nm} S_\lambda \Delta\lambda} \dots\dots\dots(2)$$

B. 單層玻璃之日光吸收率之計算：

單層玻璃之日光吸收率 α_e ，可由公式(3)計算得之。

$$\alpha_e = 1 - \tau_e - \rho_e \dots\dots\dots(3)$$

C. 日光輻射熱取得率之計算

經由上述玻璃性質量測後，再藉由上述計算公式可求出單層玻璃之光學性能，接著可利用下述之公式求出單層玻璃之日光輻射熱取得率。

單板玻璃之日光輻射熱取得率之計算：

單板玻璃之日光輻射熱取得率 g ，按照公式(4)計算出玻璃所吸收日光輻射熱傳送至室內之比率 qi ，再帶入(5)計算得之。

$$qi = \alpha_e \cdot \frac{hi}{he + hi} \dots\dots\dots(4)$$

$$g = \tau_e + qi \dots\dots\dots(5)$$

2. 隔熱性能(U 值)實驗

一般建築材料 U 值的計算通常都利用熱傳學理論的熱阻原理計算複合建材的總 U 值，然而利用公式計算所獲得的 U 值，往往無法顯現出建材運用在建築物中的實際動態熱傳現象。過去國內僅國立成功大學陳寒濤教授利用小型熱箱實驗量測玻璃表面溫度再利用逆算法求出。而本研究計畫將利用研究團隊與東方設計學院以及台灣建築中

心共同開發之大型門窗隔熱性能量測設備進行隔熱性能-U 值之量測。本設備是依照 ISO 12567-1: 2010 Thermal performance of windows and doors. Determination of thermal transmittance by the hot-box method. Complete windows and doors 以及 JIS A 4710: Windows and door sets: Thermal resistance test 所建立之門窗隔熱性能量測設備。本儀器係依照 ISO 8990 之規定，將受測試之門窗放置於分別模擬室內、外環境的兩個門窗室外側試驗室與門窗室內側試驗室之中間位置，利用熱電偶線量測待測門窗之室內、外兩側表面溫度分佈，再依據 ISO 12567-1 求得測試門窗之隔熱性能。儀器設備說明如下(規格、尺寸)：

(1) 模擬室外環境試驗室溫度：-20°C 至 40°C.

(2) 模擬室內環境試驗室溫度：+10°C 至 40°C.

(3) 門窗測試前準備室：

A. 溫度：+10°C 至 40°C.

B. 濕度：40% 至 90%RH.(At +20°C 至 40°C)

(4) 溫度控制精度：±0.5°C；±3.0%RH.

(5) 內箱尺寸：

模擬室外環境試驗室：160×310×340 cm (W×H×D) 含風路、高架地板

模擬室內環境試驗室：95×310×206 cm(W×H×D) 含風路、高架地板

門窗測試前準備室：145×310×340 cm (W×H×D) 含風路

(6) 外箱尺寸：600×335×360 cm (W×H×D) 含機房

(7) 試體最大尺寸：250×200cm

- (8) 空氣速度：室外側必須不小於 1.5 m/s；室內側必須小於 0.3 m/s



圖 11 門窗隔熱量測設備外觀

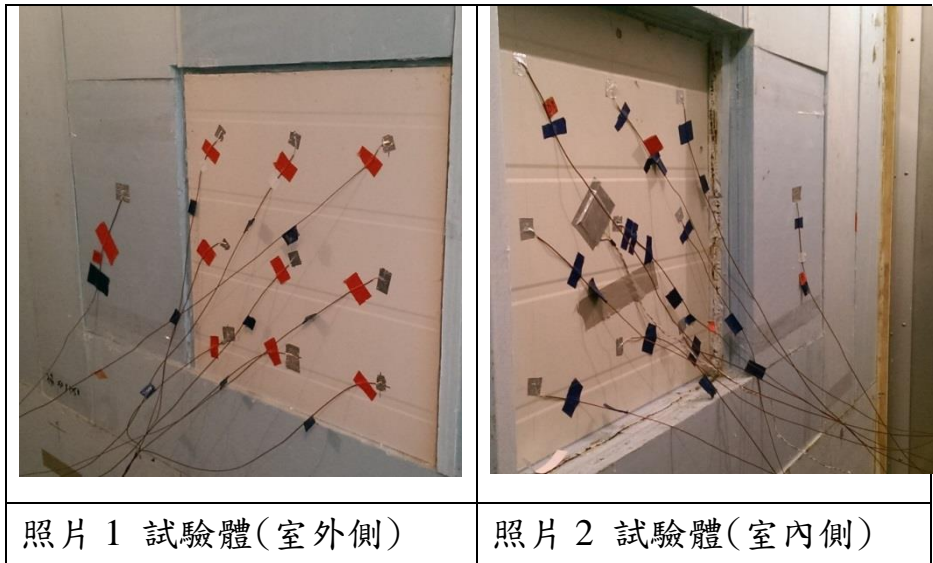
(三) 建材對於建築節能效益之評估

本研究計畫在獲得步驟產出之創新透光隔熱建材產品之製程設計與相關性能數據之後，將進一步進行隔熱膜玻璃對於建築物能耗之效益評估。由於創新透光隔熱膜玻璃產品具備在外殼節能與照明節能之優點，因此以建築物能耗模擬軟體來進行評估。根據本研究團隊的規劃，同時分析創新透光隔熱膜玻璃產品在建築外殼與照明環境之影響效益，故採用 DesignBuilder、Ecotect 及 eQuest 等能耗模擬軟體作為本工作項目之研究工具。本項目之主要模擬對象為成功大學位於台中的兩座實驗屋，過程中並採用能耗模擬軟體進行位於核能研究所的 EcoHouse 實驗屋之節能效益模擬的交叉比對與驗證，其研究步驟如下：

1. 進行全尺度實驗屋材料 U 值量測(冷凍庫板)，提供建築物能耗模擬軟體設定 U 值等參數。

(1) 安裝實驗屋材料試驗體於試驗設備進行全尺度實驗屋材

料 U 值量測



照片 1 試驗體(室外側)

照片 2 試驗體(室內側)

圖 12 冷凍庫板安裝於隔熱試驗設備之照片

(2) 試驗體各溫度測量點結果

試驗體各溫度測量點結果

測定位置		溫度(°C)	測定位置		溫度(°C)
室外側	1	40.1	室內側	10	22.2
	2	40		11	21.7
	3	40		12	21.8
	4	39.6		13	21.7
	5	39.6		14	21.5
	6	39.5		15	21.6
	7	39.3		16	22
	8	39.4		17	21.7
	9	39.6		18	21.8

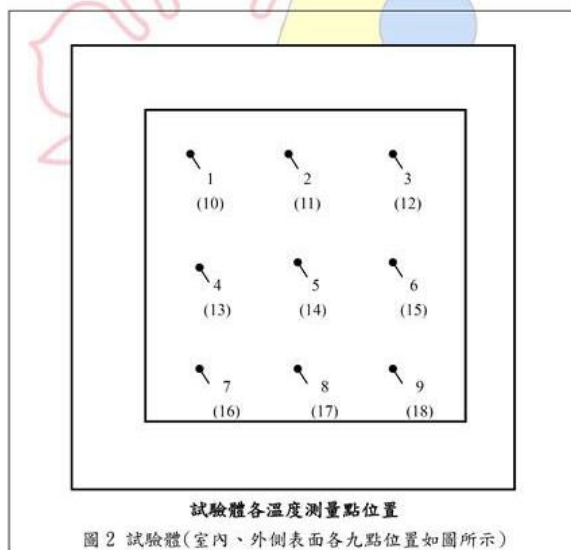


圖 13 實驗屋牆體材料隔熱性能試驗各溫度測量點結果

(3)將測試結果設定為模擬軟體參數，試驗結果如下表：

表 2 實驗屋材料隔熱性能試驗結果

試驗結果	試驗體面積 (m ²)	0.3600
	通過試驗體熱流密度 (W/m ²)	4.54
	室外側送風口空氣溫度 (°C)	40.40
	室外側空氣溫度 (°C)	39.80
	室內側送風口空氣溫度 (°C)	20.50
	室內側空氣溫度 (°C)	20.50
	室內外側空氣溫度差 (°C)	19.30
	試驗體平均空氣溫度 (°C)	30.15
	測定熱貫流率 (U 值) [W/(m ² · K)]	0.24
試驗期間	104 年 03 月 06 日	

2. 將實驗得到之數據輸入模擬軟體中並設置實驗屋模型如下

圖：

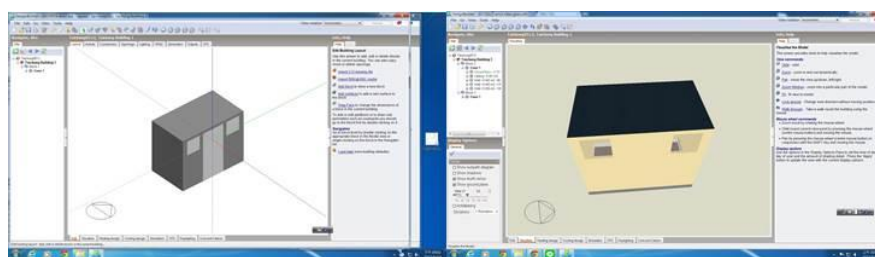


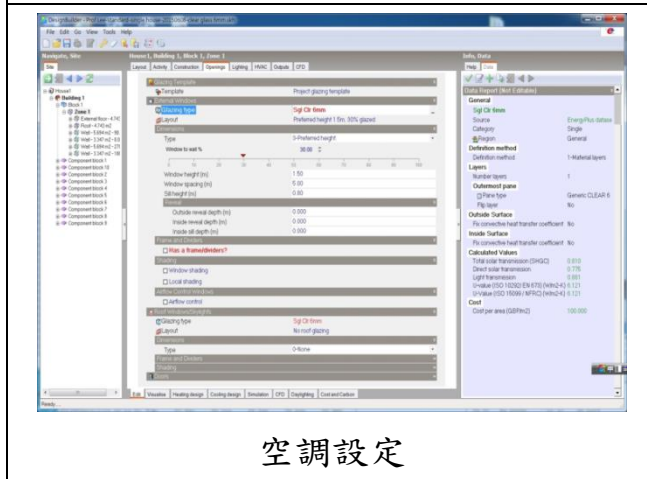
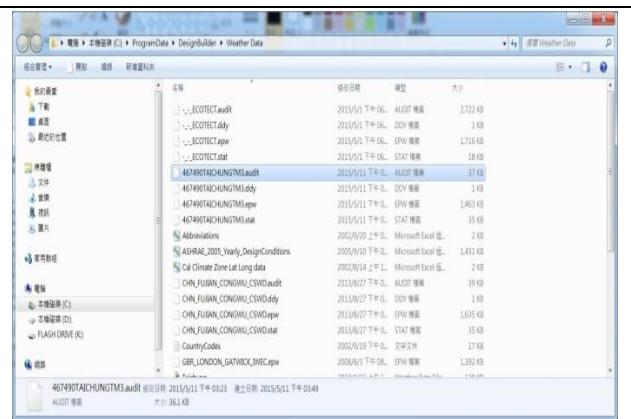
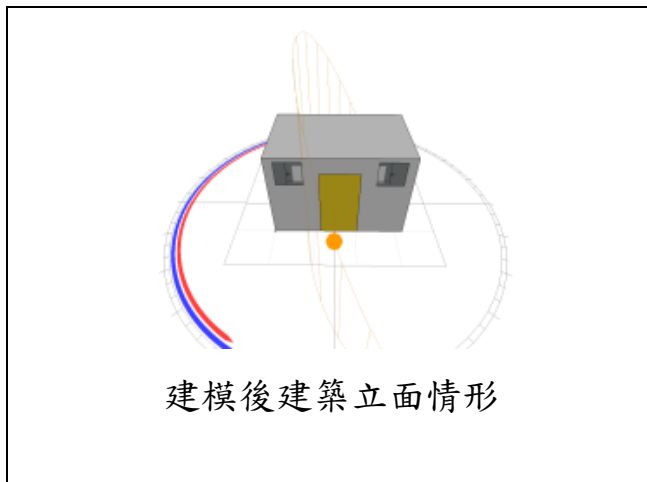
圖 14 實驗屋設置 BIM 模型

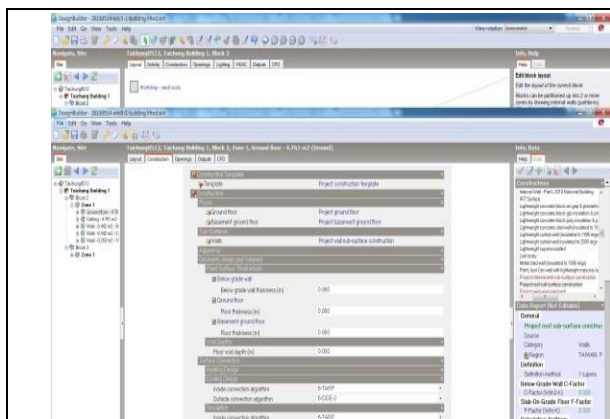
3. 實驗屋之模擬流程：

本研究採用 Design Builder 等三種軟體將受量測的建築物直接以軟體個別進行描繪建置模型的工作，採用實驗

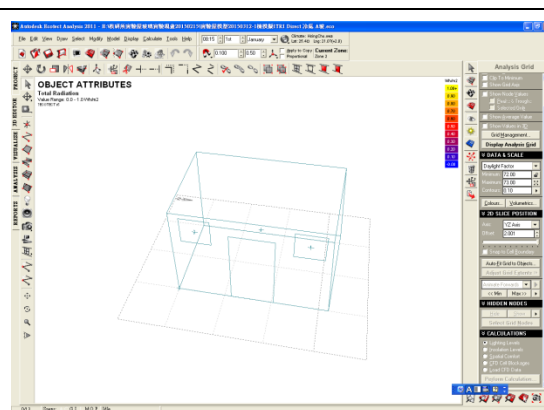
所得數據做為模擬參數，並且同時擷取中央氣象局建立之氣象資料 TMY3 作為模擬之氣候依據，此氣象資料取樣自台灣 1990~2012 年間 23 年之中的 15 個標準年製作為標準氣象資料的電腦模擬數據，並配合現有之 TMY3 氣象資料選定北、中、南 3 個代表城市藉以分析熱得、空調耗電估計等。

(1)依照場址建立 BIM 模型-





設定建築材料之光學性質及 U 值等參數



模型模擬分析情況

圖 15 能耗模擬軟體模擬流程表

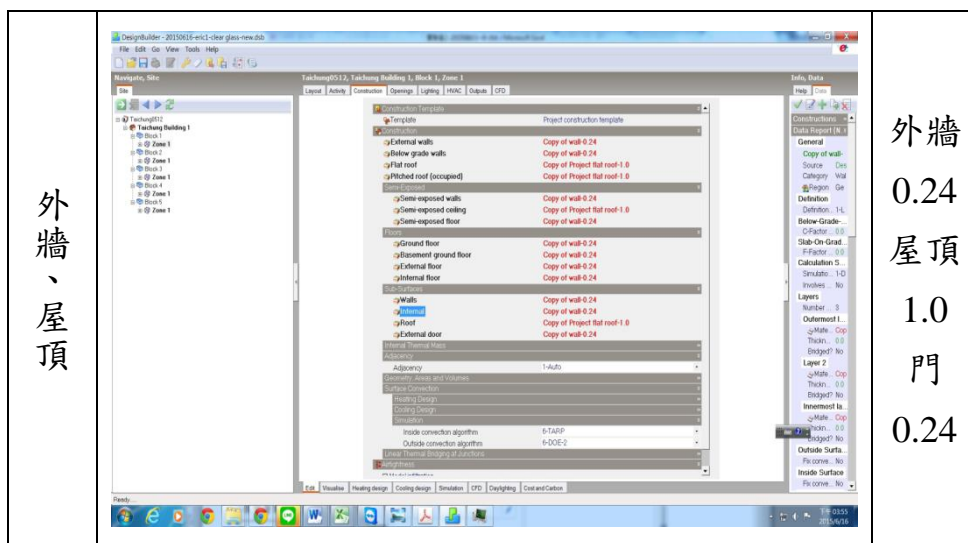
(2) 空調負荷用電量模擬-實驗屋之電腦模擬材質參數設定如下表：

下表：

此步驟的工作主要是針對數值模型輸入各類構件熱傳導計算參數。

表 3 模擬材質設置表

參數 類別 構件 及材 質	厚度(mm) 密度(kg/m ³) 比熱容(J/kg.K) 熱傳導係數(w/m.k)	總熱 傳透 率 U 值 (w/ m ² .k)
---------------------------	---	---



(四) 創新建材對於建築節能效益之全尺寸實驗

本工作項目是分別利用核能研究所的測試平台以及成功大學的兩個實驗屋(外部尺寸: 長 3.058m 寬 2.38m 高 2.59m) 進行建築節能效益之全尺寸實驗, 研究團隊將所開發出的節能建材安裝在一個實驗屋上, 另外一個對照組實驗屋則是安裝一般建材, 透過室內環境溫度控制, 逐時記錄兩實驗屋的用電量、建材室內外表面溫度以及日照量等環境氣象資料, 藉此評估核研所與研究團隊所共同開發之節能建材的節能效益改善情況。建築節能效益全尺寸實驗步驟如下:

1. 實驗屋設計之規劃: 設置實驗屋兩組, 於其正東方向開窗 60*60cm, 開窗位置以不受圍牆陰影遮擋日照為原則。空調機電設備置於屋外以不遮住實驗屋之日照為原則, 先進行兩組實驗屋之日照之 Ecotect 日照模擬再以吊車進行實驗屋位置擺設, 使兩組實驗屋之日照量相同。實驗屋之 Ecotect 日照模擬如下圖:

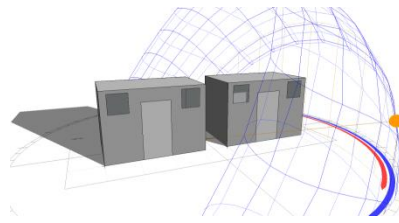


圖 16 實驗屋之 Ecotect 日照模擬結果

2. 安裝實驗建材



圖 17 建築節能效益全尺寸實驗施工

3. 設定實驗進行之條件(與電腦模擬設定條件相同)：

空調溫度設定在 25°C、空調運作時間設定 9:00~18:00、每天開啟、實驗期間共進行六組實驗，前三組以 7 天有效日為一組實驗週期，實驗結果發現需要再提高準確性，再追加更長時間的實驗，以 21 天有效日為一組實驗週期，以後三組實驗週期為有效實驗結果。

實驗量測條件：實驗組及對照組之牆體材料皆為冷凍庫板，屋頂皆為 10 公分厚度之水泥，結構無熱橋產生。試驗件之清玻璃為 5mm 厚度。實驗分為實驗組及對照組，對照組之試驗件以 A Type 隔熱膜加上清玻璃之組合為基準值，實驗組則分別以 3M 隔熱膜加上清玻璃、清玻璃、i999 隔熱膜加上清玻璃共

三種。(實驗期間若發生颱風導致結構破壞而產生熱橋則不計入實驗有效期間)

4. 購置遠端控制系統透過無線網路對實驗室進行控制及監測

5. 使用熱像儀及熱流計檢查實驗屋以確保實驗組及對照組之條件相同並無熱橋產生。



圖 18 實驗屋之隔熱性能檢查

6. 校正實驗屋之溫控裝置及空調輸出設定。

7. 校正溫度(熱電偶)、濕度(濕球溫度計)、用電量(瓦時計)以及日照量測系統。

8. 安裝量測感測器與遠端控制監測系統，實驗屋設計如圖 19~21 所示。

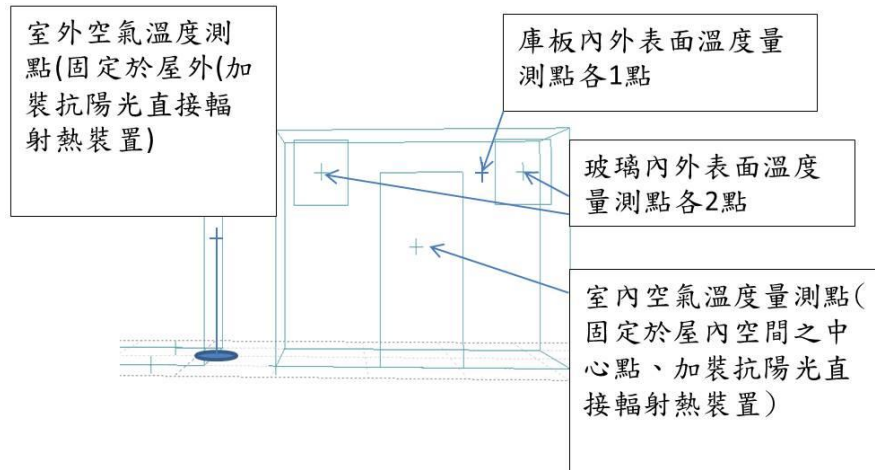


圖 19 實驗屋設計圖 A



圖 20 實驗屋實驗現況

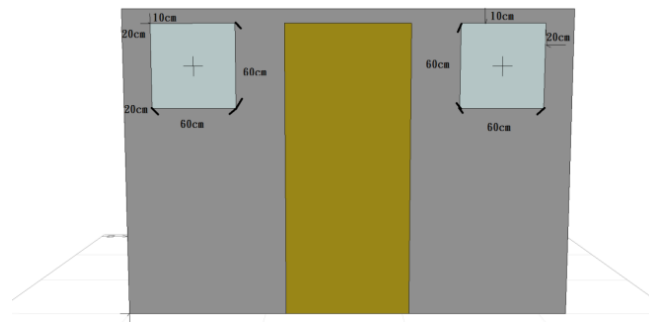


圖 21 實驗屋設計圖 B

9. 實驗前(不開冷氣)之數據量測(空白實驗)：控制實驗條件實驗組及對照組相同。進行兩座實驗屋的空白實驗-以減少系統誤差(將儀器校正、進行空白試驗扣除誤差等)以提高準確度和精確度。本實驗的固定誤差包含兩座空調機電系統及實

驗屋結構本身造成的差異，其固定誤差為本空白實驗所要求之目的，如下圖為空白實驗之結果。

(實驗期間 8/15~16) 項目	實驗1 (對照組)	實驗2 (實驗組)	每日固定誤 差平均值
玻璃室內側 平均溫度(°C)	25.29	25.79	0.50
室內空氣平 均溫度(°C)	25.59	25.32	0.27
每日總用電 量(度/日)	1.778	1.907	0.129

圖 22 空白實驗之結果

10. 開始室內環境控制之數據量測



圖 23 室內環境控制之數據量測介面

11. 實驗數據整理與分析並減少系統誤差(將空白試驗結果與實驗數據整理後之結果整合並扣除誤差等)

(五) 提出節能的成本效益及面臨困難的解決方案

本計畫將同時針對成本、製程與穩定度三方面進行考量，利用實驗設計法以尋求製程參數最佳化組合為首要工作，並且確保在此製程參數下所製成的產品穩定性高、變異性小，因此，產品使用時對社會之損失較小，且不需要使用最高級昂貴的零

件或材料，因此可在低成本之狀況下達成高品質的目的。以產業應用價值而論，本研究後續將可產出相關產學合作計畫，延伸研究成果至有效協助合作廠商做日後研發路徑，建立最適當的製程設計方案。

本研究計畫之相關工作流程如下圖所示：

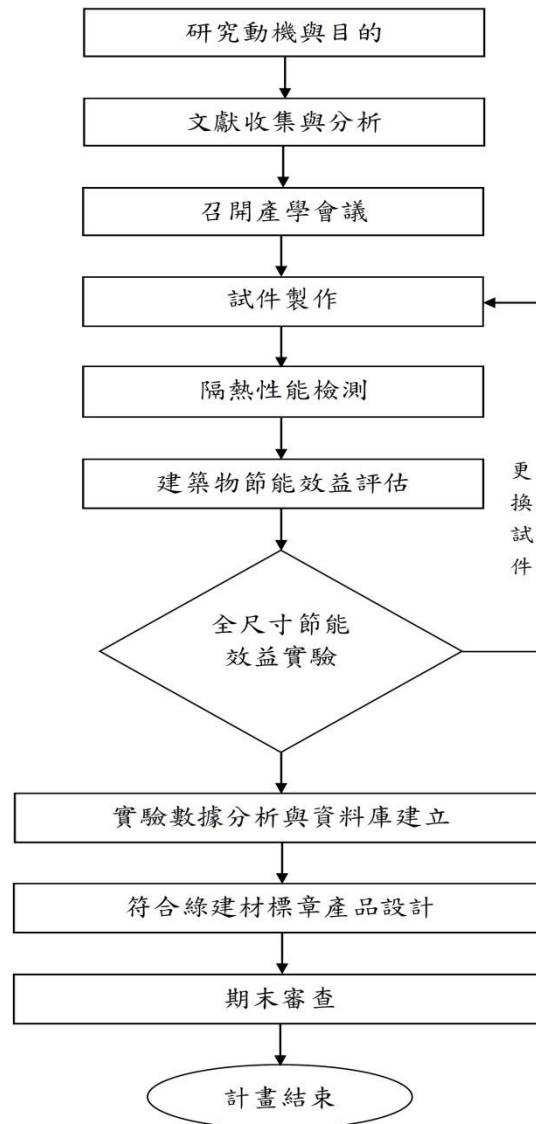


圖 24 計畫之相關工作流程圖

參、主要發現與結論

一、隔熱膜貼附玻璃之光學與熱學量測結果

可見光穿透率、可見光反射率、日光穿透率、日光反射率、日光輻射熱取得率 SHGC (夏)、日光輻射熱取得率 SHGC (冬)、遮蔽係數 Sc (夏)、遮蔽係數 Sc (冬)、紫外線穿透率、紫外線反射率、熱傳導係數、總熱傳係數 U (夏)、總熱傳係數 U (冬)，皆已依照 CNS 與 ISO 相關標準量測完畢。四種隔熱膜貼附玻璃之光學與熱學量測數據及光譜圖如表 4、5 所示。

量測結果顯示核能研究所 A、B 型隔熱膜為紅外線全反射型；台灣節能膜 i999 為紅外線吸收型；3M 為紅外線部分反射型。再者，決定玻璃節能效益的參數主要為 SHGC(或是遮蔽係數 Sc)，其次為可見光穿透率。四種隔熱膜貼附玻璃之節能效益以 A Type 玻璃的節能效益為最佳，其次為 3M 玻璃。B Type，i999 以及 3M 玻璃三者的 SHGC 雖然相近，但是因為可見光穿透率以 3M 為最低，因此 3M 玻璃的節能效益是僅次於 A Type 玻璃。

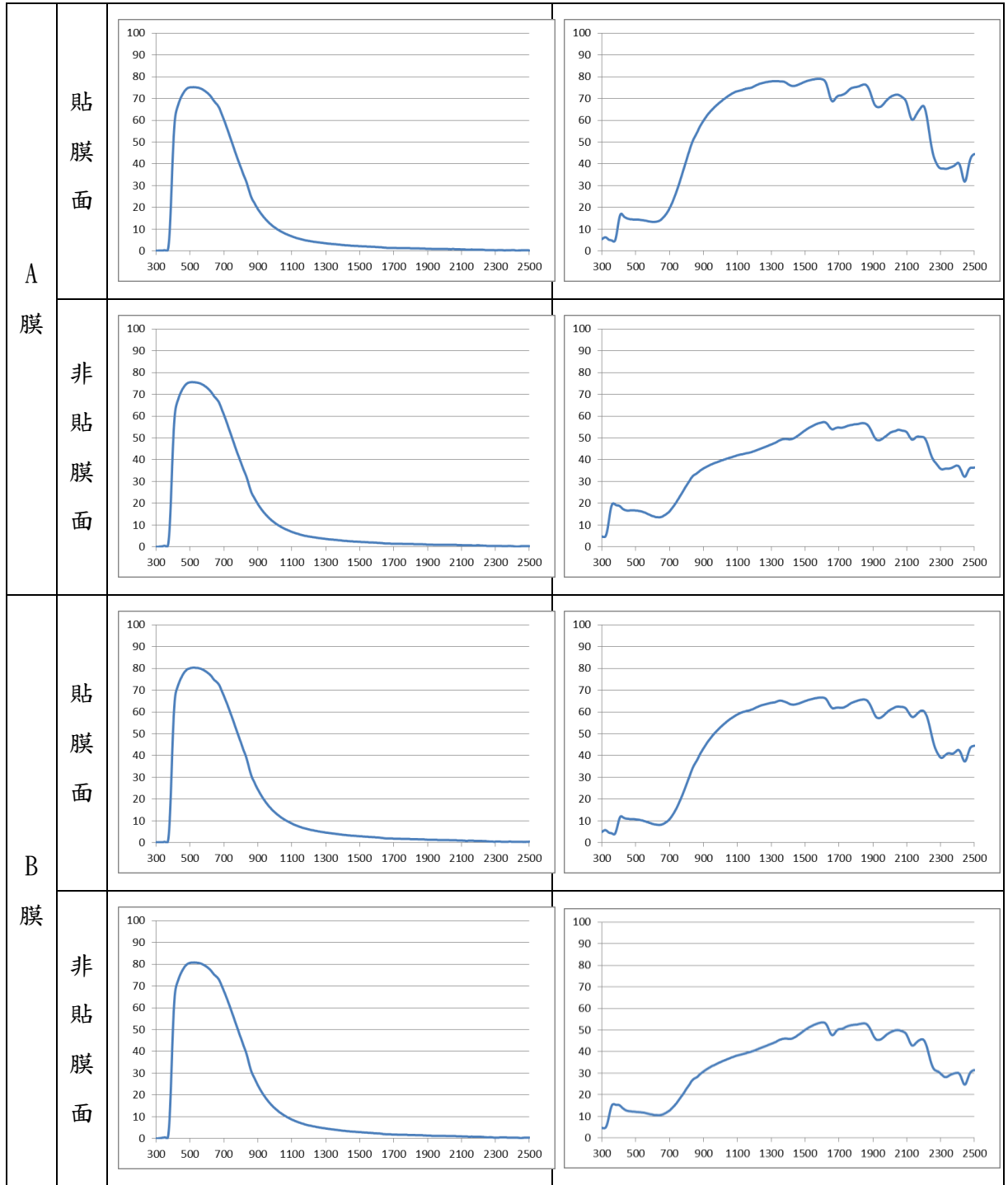
表 4 光學與熱學性能量測數據

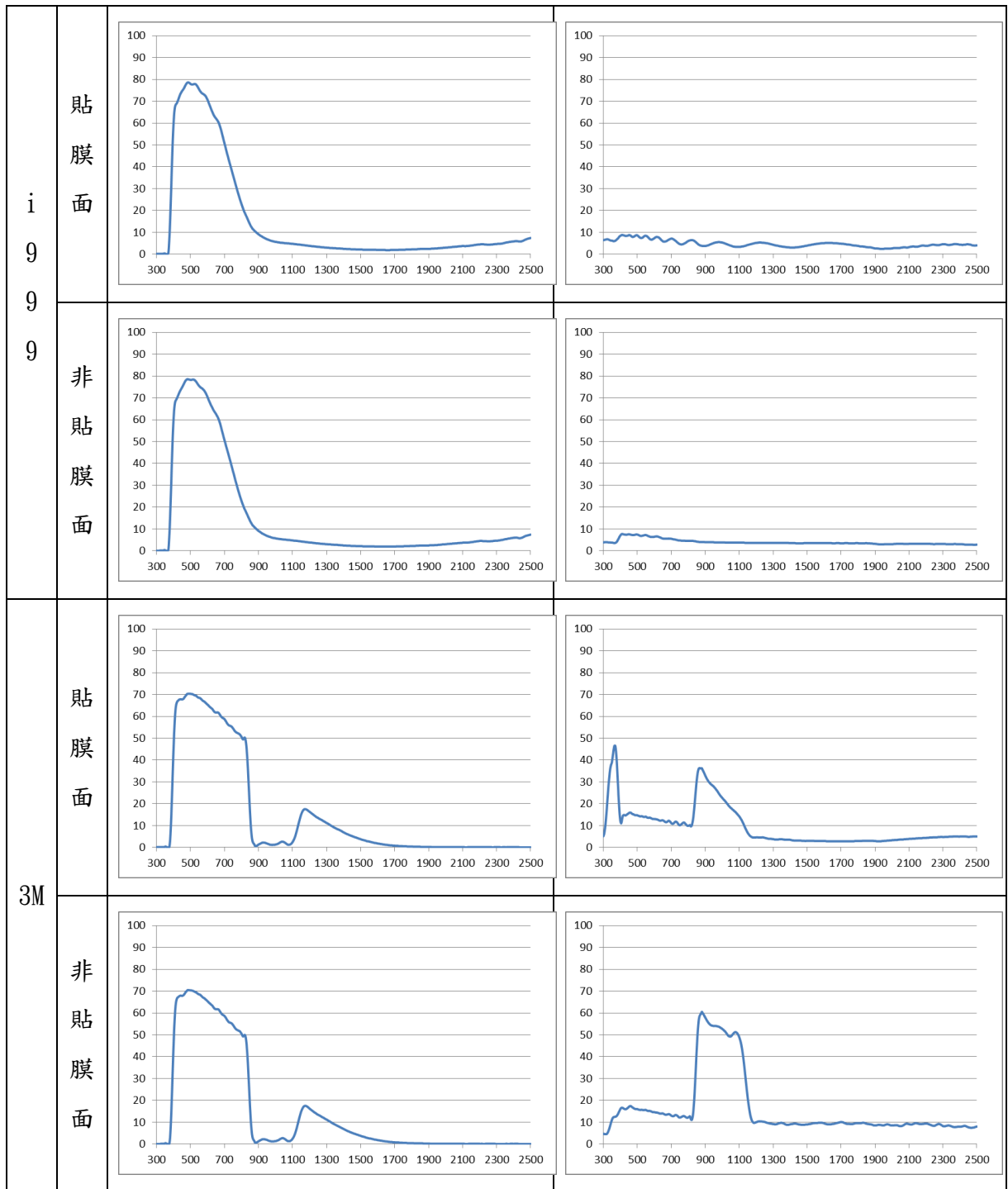
測試項目	TYPE A+ 5mm 清玻		TYPE B+ 5mm 清玻		i999+ 5mm 清玻		3M+ 5mm 清玻	
	貼膜 面	非貼膜 面	貼膜 面	非貼膜 面	貼膜 面	非貼膜 面	貼膜 面	非貼膜 面
可見光穿透率 (380nm~780nm)	73.93	74.30	79.24	79.72	74.12	74.29	67.70	67.72
可見光反射率 (380nm~780nm)	13.93	15.43	11.47	9.67	7.64	6.77	13.72	15.24
日光穿透率 (300nm~	38.87	39.18	43.29	43.49	35.27	35.38	36.35	36.38

2500nm)								
日光反射率 (300nm~ 2500nm)	40.12	28.77	24.60	30.61	5.90	5.02	14.20	21.39
日光輻射熱取得 率 SHGC (夏)	0.4606	0.5015	0.5428	0.5236	0.5541	0.5578	0.5328	0.5084
日光輻射熱取得 率 SHGC (冬)	0.4475	0.4815	0.5228	0.5075	0.5174	0.5206	0.5019	0.4821
遮蔽係數 Sc (夏)	0.5295	0.5765	0.6240	0.6018	0.6369	0.6412	0.6124	0.5844
遮蔽係數 Sc (冬)	0.5144	0.5535	0.6009	0.5833	0.5948	0.5984	0.5769	0.5541
紫外線穿透率 (300nm~380nm)	1.10	1.16	1.19	1.27	1.66	1.65	0.28	0.27
紫外線反射率 (300nm~380nm)	5.05	15.33	12.29	4.48	6.31	3.74	38.14	10.33
熱傳導係數 W/m-K	1.179	1.179	1.176	1.176	1.176	1.167	1.15	1.15
總熱傳係數 U (夏) W/m ² -K	5.931	5.931	5.916	5.916	5.894	5.893	5.891	5.891
總熱傳係數 U (冬) W/m ² -K	5.645	5.645	5.637	5.637	5.625	5.624	5.622	5.622
表面輻射率	0.892	0.84	0.871	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84

表 5 光學性能量測結果圖示

		穿透率(%/波長)	反射率(%/波長)
--	--	-----------	-----------





二、全尺度實驗屋節能效益評估

(一) 建材對於建築節能效益之評估結果：

以 5mm 清玻璃為比較基準，四種貼附節能膜玻璃之節能效益模擬值的趨勢幾乎一致，以 A Type 玻璃的節能效益為最佳，

其次為 3M 玻璃。整體模擬評估的結果如下所述：

1. 使用 Ecotect 進行實驗屋之日照模擬，並分析熱得、空調負荷用電量估計。結果如表 6 所示。

表 6 各種玻璃節能效益評估表

新竹	<p>(一般清玻)耗能分析</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 熱能傳導通過牆壁：21096kJ ● 熱能傳導通過窗戶：1609.2kJ ● 太陽透射通過窗戶：17218.8kJ <p>空調耗電：253.3 度/yr</p>	<p>(A 玻璃)耗能分析</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 熱能傳導通過牆壁：21096kJ ● 熱能傳導通過窗戶：1609.2 kJ ● 太陽透射通過窗戶：8737.2kJ <p>空調耗電：216.1 度/yr</p>	<p>(B 玻璃)耗能分析</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 熱能傳導通過牆壁：21096kJ ● 熱能傳導通過窗戶：1609.2kJ ● 太陽透射通過窗戶：11041.2kJ <p>空調耗電：226.3 度/yr</p>
	<p>(i999 玻璃)耗能分析</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 熱能傳導通過牆壁：21096kJ ● 熱能傳導通過窗戶：1609.2kJ ● 太陽透射通過窗戶：10544.4kJ <p>空調耗電：224.1 度/yr</p>	<p>(3M 玻璃)耗能分析</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 熱能傳導通過牆壁：21096kJ ● 熱能傳導通過窗戶：1609.2kJ ● 太陽透射通過窗戶：9248.4kJ <p>空調耗電：218.4 度/yr</p>	
台中	<p>(一般清玻)耗能分析</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 熱能傳導通過牆壁：29419.2kJ ● 熱能傳導通過窗戶：3718.8kJ ● 太陽透射通過窗戶：20660.4kJ <p>空調耗電：315.4 度/yr</p>	<p>(A 玻璃)耗能分析</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 熱能傳導通過牆壁：29419.2kJ ● 熱能傳導通過窗戶：3718.8kJ ● 太陽透射通過窗戶：10504.8kJ <p>空調耗電：270.6 度/yr</p>	<p>(B 玻璃)耗能分析</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 熱能傳導通過牆壁：29419.2kJ ● 熱能傳導通過窗戶：3718.8kJ ● 太陽透射通過窗戶：13248kJ <p>空調耗電：282.4 度/yr</p>

	(i999 玻璃)耗能分析 ● 熱能傳導通過牆壁： 29419.2kJ ● 熱能傳導通過窗戶： 3718.8kJ ● 太陽透射通過窗戶： 12654kJ 空調耗電：280 度/yr	(3M 玻璃)耗能分析 ● 熱能傳導通過牆壁： 29419.2kJ ● 熱能傳導通過窗戶： 3718.8kJ ● 太陽透射通過窗戶： 11116.8kJ 空調耗電：273.2 度/yr	
高雄	(一般清玻)耗能分析 ● 熱能傳導通過牆壁： 36410.4kJ ● 熱能傳導通過窗戶： 7563.6kJ ● 太陽透射通過窗戶： 19947.6kJ 空調耗電：358 度/yr	(A 玻璃)耗能分析 ● 熱能傳導通過牆壁： 36410.4kJ ● 熱能傳導通過窗戶： 7563.6kJ ● 太陽透射通過窗戶： 10134 kJ 空調耗電：306.6 度/yr	(B 玻璃)耗能分析 ● 熱能傳導通過牆壁： 36410.4kJ ● 熱能傳導通過窗戶： 7563.6kJ ● 太陽透射通過窗戶： 12808.8kJ 空調耗電：320.7 度/yr
	(i999 玻璃)耗能分析 ● 熱能傳導通過牆壁： 36410.4kJ ● 熱能傳導通過窗戶： 7563.6kJ ● 太陽透射通過窗戶： 12200.4kJ 空調耗電：317.9 度/yr	(3M 玻璃)耗能分析 ● 熱能傳導通過牆壁： 36410.4kJ ● 熱能傳導通過窗戶： 7563.6kJ ● 太陽透射通過窗戶： 10702.8kJ 空調耗電：309 度/yr	

2.本計畫接著以 DOE 所發展的 eQuest 軟體，按照上述之模型尺寸以及設定參數，進行能耗模擬分析，結果如下：

表 7 eQuest 模擬結果

新竹	(一般清玻)耗能分析 ● 熱能傳導通過牆壁：	(A 玻璃)耗能分析 ● 熱能傳導通過牆壁：	(B 玻璃)耗能分析 ● 熱能傳導通過牆
----	----------------------------------	----------------------------------	--------------------------------

	1039.175 MJ ● 熱能傳導通過窗戶： 317.555 MJ ● 太陽透射通過窗戶： 914.685 MJ 空調耗電：231.75 度/yr	1038.12 MJ ● 熱能傳導通過窗戶： 310.17 MJ ● 太陽透射通過窗戶： 529.61 MJ 空調耗電：204.29 度/yr	壁：1039.175 MJ ● 熱能傳導通過窗戶： 312.28 MJ ● 太陽透射通過窗戶： 593 MJ 空調耗電：211.2 度/yr
	(i999 玻璃)耗能分析 ● 熱能傳導通過牆壁： 1039.175 MJ ● 熱能傳導通過窗戶： 312.28 MJ ● 太陽透射通過窗戶： 639.33 MJ 空調耗電：212.1 度/yr	(3M 玻璃)耗能分析 ● 熱能傳導通過牆壁： 1039.175 MJ ● 熱能傳導通過窗戶： 312.28 MJ ● 太陽透射通過窗戶： 611.9 MJ 空調耗電：210.18 度/yr	
台中	(一般清玻)耗能分析 ● 熱能傳導通過牆壁： 1225.91 MJ ● 熱能傳導通過窗戶： 358.7 MJ ● 太陽透射通過窗戶： 1009.635 MJ 空調耗電：248.93 度/yr	(A 玻璃)耗能分析 ● 熱能傳導通過牆壁： 1225.91 MJ ● 熱能傳導通過窗戶： 349.205 MJ ● 太陽透射通過窗戶： 589.745 MJ 空調耗電：217.73 度/yr	(B 玻璃)耗能分析 ● 熱能傳導通過牆壁： 1225.91 MJ ● 熱能傳導通過窗戶： 352.37 MJ ● 太陽透射通過窗戶： 696.3 MJ 空調耗電：225.82 度/yr
	(i999 玻璃)耗能分析 ● 熱能傳導通過牆壁： 1225.91 MJ ● 熱能傳導通過窗戶： 352.37 MJ ● 太陽透射通過窗戶： 711.07 MJ 空調耗電：226.97 度/yr	(3M 玻璃)耗能分析 ● 熱能傳導通過牆壁： 1225.91 MJ ● 熱能傳導通過窗戶： 351.315 MJ ● 太陽透射通過窗戶： 683.64 MJ 空調耗電：224.77 度/yr	
高雄	(一般清玻)耗能分析 ● 熱能傳導通過牆壁：	(A 玻璃)耗能分析 ● 熱能傳導通過牆壁：	(B 玻璃)耗能分析 ● 熱能傳導通過牆

1401.04 MJ ● 熱能傳導通過窗戶： 450.485 MJ ● 太陽透射通過窗戶： 1076.1 MJ 空調耗電：307.13 度/yr	1401.04 MJ ● 熱能傳導通過窗戶： 439.935 MJ ● 太陽透射通過窗戶： 628.78 MJ 空調耗電：271.72 度/yr	壁：1401.04 MJ ● 熱能傳導通過窗戶： 443.1 MJ ● 太陽透射通過窗戶： 741.665 MJ 空調耗電：280.08 度/yr
(i999 玻璃)耗能分析 ● 熱能傳導通過牆壁： 1401.04 MJ ● 熱能傳導通過窗戶： 443.1 MJ ● 太陽透射通過窗戶： 757.49 MJ 空調耗電：281.15 度/yr	(3M 玻璃)耗能分析 ● 熱能傳導通過牆壁： 1401.04 MJ ● 熱能傳導通過窗戶： 442.045 MJ ● 太陽透射通過窗戶： 727.95 MJ 空調耗電：279.10 度/yr	

3. 本計畫接著以 Design Builder 軟體，按照上述之模型尺寸以及設定參數，進行能耗模擬分析，結果如下：

表 8 Design Builder 全年空調負荷量模擬結果(台中實驗屋)

測試項目 (台中實驗屋)	Sensible Cooling(成大)	Sensible Cooling(核研所)	能耗比
TYPE A+5mm 清玻	362.82	363.00	0.8011
TYPE B+5mm 清玻	366.37	366.17	0.8090
5mm 清玻	452.88	455.00	1
I999+5mm 清玻	391.80	392.01	0.8651
3M+5mm 清玻	368.78	368.99	0.8143

4. 本計畫最後以 Design Builder 與 Ecotect 軟體，建立

Ecohouse 之模型尺寸以及設定參數，進行能耗模擬分析，並且由執行團隊與核能研究所團隊個別模擬後進行比較，其結果如下：

表 9 Design Builder 全年空調負荷量模擬結果(Ecohouse)

測試項目 (Ecohouse)	Sensible Cooling(成大)	Sensible Cooling(核研所)	能耗比 (核研所)	能耗比 (成大)
TYPE A+5mm 清玻	789.31	807.64	0.8621	0.8397
TYPE B+5mm 清玻	784.07	800.34	0.8543	0.8342
5mm 清玻	939.94	936.81	1	1
I999+5mm 清 玻	885.22	903.39	0.9643	0.9418
3M+5mm 清 玻	843.68	829.49	0.8854	0.8976

表 10 Ecotect 節能效益驗證模擬結果 (EcoHouse)

(一般清玻)耗能分析	(A 玻璃)耗能分析	(B 玻璃)耗能分析
<ul style="list-style-type: none"> ● 熱能傳導通過牆壁： 45,237.6 kJ ● 熱能傳導通過窗戶： 46,926 kJ ● 太陽透射通過窗戶： 110,023.2 kJ 空調耗電：994.28 度/yr	<ul style="list-style-type: none"> ● 熱能傳導通過牆壁： 45,237.6 kJ ● 熱能傳導通過窗戶： 46,926 kJ ● 太陽透射通過窗戶： 76,107.6 kJ 空調耗電：843.41 度/yr	<ul style="list-style-type: none"> ● 熱能傳導通過 牆壁： 45,237.6 kJ ● 熱能傳導通過 窗戶： 46,926 kJ ● 太陽透射通過 窗戶： 96,055.2 kJ 空調耗電：926.20 度/yr

(i999 玻璃)耗能分析 ● 熱能傳導通過牆壁： 45,237.6 kJ ● 熱能傳導通過窗戶： 46,926 kJ ● 太陽透射通過窗戶： 91695.6 kJ 空調耗電：908.94 度/yr	(3M 玻璃)耗能分析 ● 熱能傳導通過牆壁： 45,237.6 kJ ● 熱能傳導通過窗戶： 46,926 kJ ● 太陽透射通過窗戶： 80,553.6 kJ 空調耗電：862.28 度/yr	
---	--	--

5. 討論

由於 Ecotect、Design Builder 與 eQuest 的計算全年空調負荷預測模式並不相同，導致空調負荷模擬結果有所不同。但若以 5mm 清玻璃為比較基準，四種貼附節能膜玻璃之節能效益整理如表 11 顯示，三者節能效益的趨勢幾乎一致，以 A Type 玻璃的節能效益為最佳，其餘依序為 3M 玻璃、i999 玻璃。

表 11 各軟體能耗模擬分析之比較(台中實驗屋)

新竹	清玻璃	A Type 玻璃	B Type 玻璃	i999 玻璃	3M 玻璃
Ecotect	0	-14.7%	-10.7%	-11.5%	-13.8%
eQuest	0	-11.8%	-8.9%	-8.5%	-9.3%
台中	清玻璃	A Type 玻璃	B Type 玻璃	i999 玻璃	3M 玻璃
Ecotect	0	-14.2%	-10.5%	-11.2%	-13.4%
eQuest	0	-12.5%	-9.3%	-8.8%	-9.7%
Design Builder	0	-19.8%	-19.1%	-13.4%	-18.5%

高雄	清玻璃	A Type 玻璃	B Type 玻璃	i999 玻璃	3M 玻璃
Ecotect	0	-14.4%	-10.4%	-11.2%	-13.7%
eQuest	0	-11.5%	-8.8%	-8.5%	-9.1%

三、創新建材對於建築節能效益之全尺寸實驗-隔熱膜貼附玻璃之 實驗屋實地量測結果

(一)隔熱膜貼附玻璃之實驗屋實地量測數據

1.3M 及 A 型隔熱膜貼附玻璃之實驗屋實地量測

圖 25 為 3M 隔熱膜玻璃及 A 型隔熱膜玻璃室內外側表面溫度差之比較圖，圖中 21 個波段分別為 21 天週期的量測紀錄數據。本實驗的玻璃室內外側表面溫度差為玻璃室外側表面溫度減掉室內側表面溫度。室內外側表面溫度差最低值為 -0.2°C ，紀錄時間為午夜。其原因在於夜晚時室外側之玻璃表面溫度因戶外氣溫較低之影響，故建築物之熱量是由室內經由玻璃傳導到室外。

實驗結果顯示，A 型隔熱膜玻璃之室內外側表面溫度差明顯大於 3M 隔熱膜玻璃的室內外側表面溫度差。由於 A 型隔熱膜玻璃及 3M 隔熱膜玻璃在夜晚的室內外側表面溫度差很相近，可由實驗結果得知太陽輻射能量為影響實驗屋空調耗能的主要變因，而 A 型隔熱膜玻璃在日光直射的白天具有較好的遮陽效果。A 型隔熱膜玻璃室內外側

表面溫度差最高接近 1.6°C ，而 3M 隔熱膜玻璃之室內外側表面溫度差最高約為 0.5°C 。

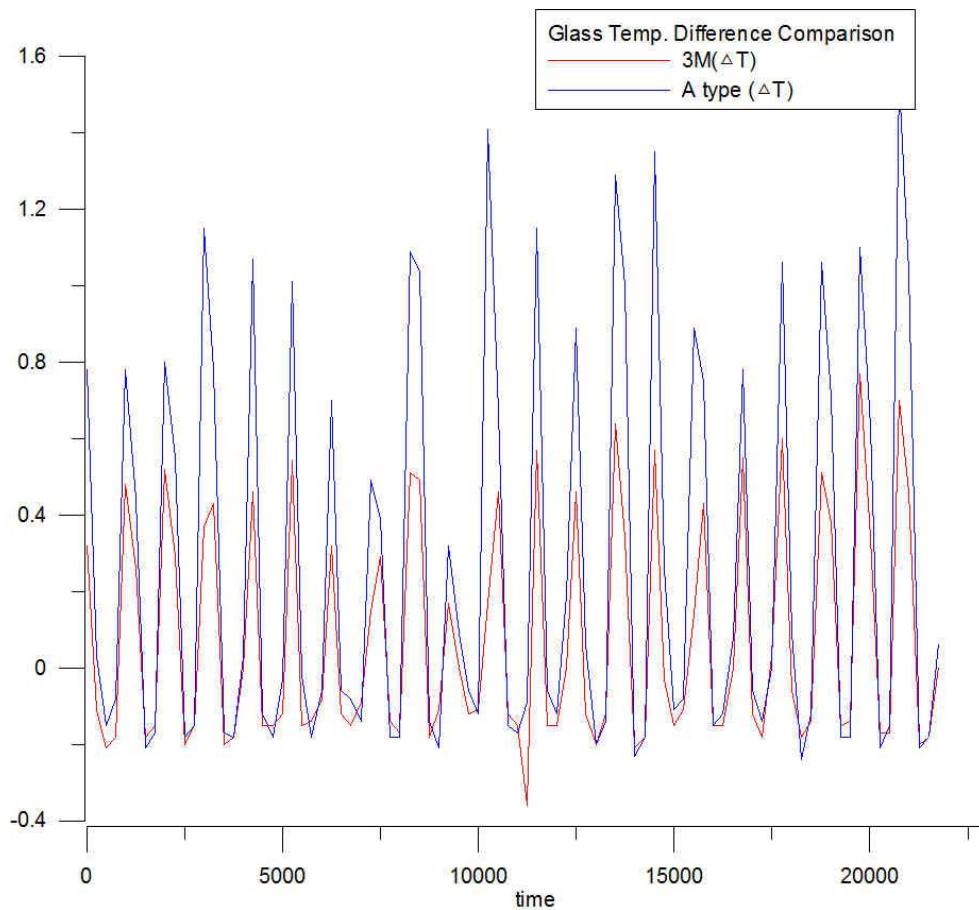


圖 25 3M 及 A 型隔熱膜玻璃室內外側表面溫度差異比較圖

從 3M 隔熱膜玻璃及 A 型隔熱膜玻璃之室內側表面溫度之比較圖(圖 26)，可以發現 3M 隔熱膜玻璃之室內側表面溫度最高溫可上升到 47°C ，而 A 型隔熱膜玻璃之室內側表面溫度最高溫上升到 45°C ，兩者相差在 $2^{\circ}\text{C}\sim 3^{\circ}\text{C}$ 之間。此結果乃是因為 3M 隔熱膜玻璃的日光輻射吸收率(0.4223)高於 A 型隔熱膜玻璃的日光輻射吸收率(0.3205)

所致。另一因素是由於 A 型隔熱膜玻璃的日光輻射反射率高於 3M 隔熱膜玻璃的日光輻射反射率所致。

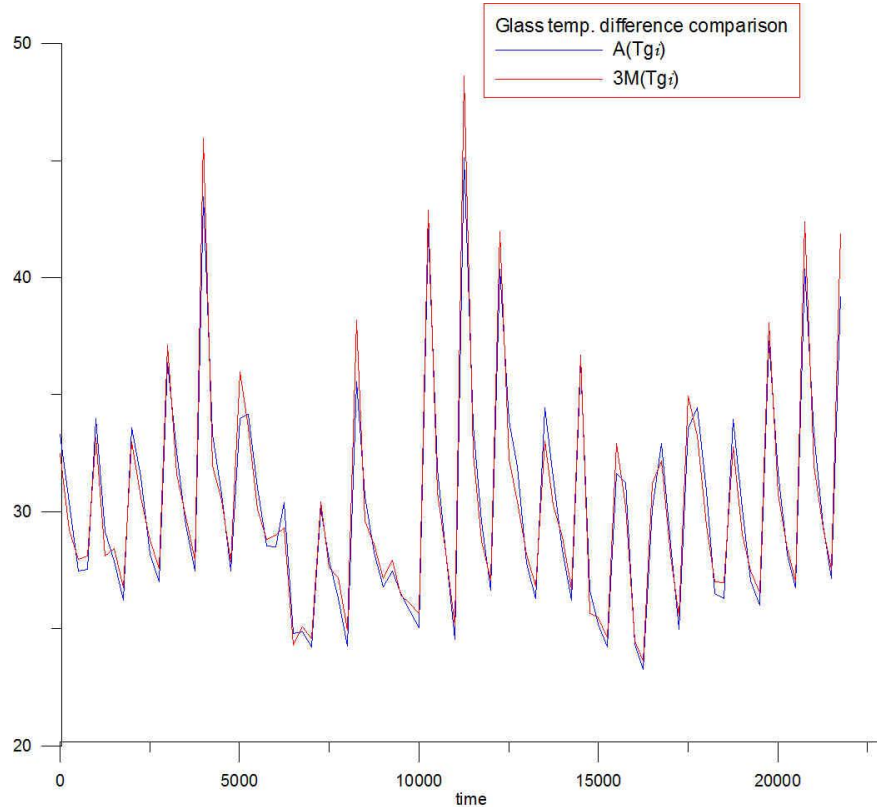


圖 26 3M 及 A 型隔熱膜玻璃之室內側表面溫度之比較圖

從圖 27 的每日空調耗電量比較圖顯示，A 型隔熱膜玻璃之實驗屋用電量小於 3M 隔熱膜玻璃實驗屋的用電量。由於空調耗電量之大小與隔熱膜玻璃之 Sc 值有正相關，雖然 A 型隔熱膜玻璃的可見光穿透率大於 3M 隔熱膜玻璃的可見光穿透率，但在晴朗的天氣，A 型隔熱膜玻璃之實驗屋用電量會小於 3M 隔熱膜玻璃實驗屋的用電量。21 天的 A 型隔熱膜玻璃實驗屋的用電量總和為 44.391 度，3M

隔熱膜玻璃驗屋的用電量總和為 49.851 度，A 型隔熱膜玻璃實驗屋的用電量為 3M 隔熱膜玻璃驗屋的用電量的 89%。

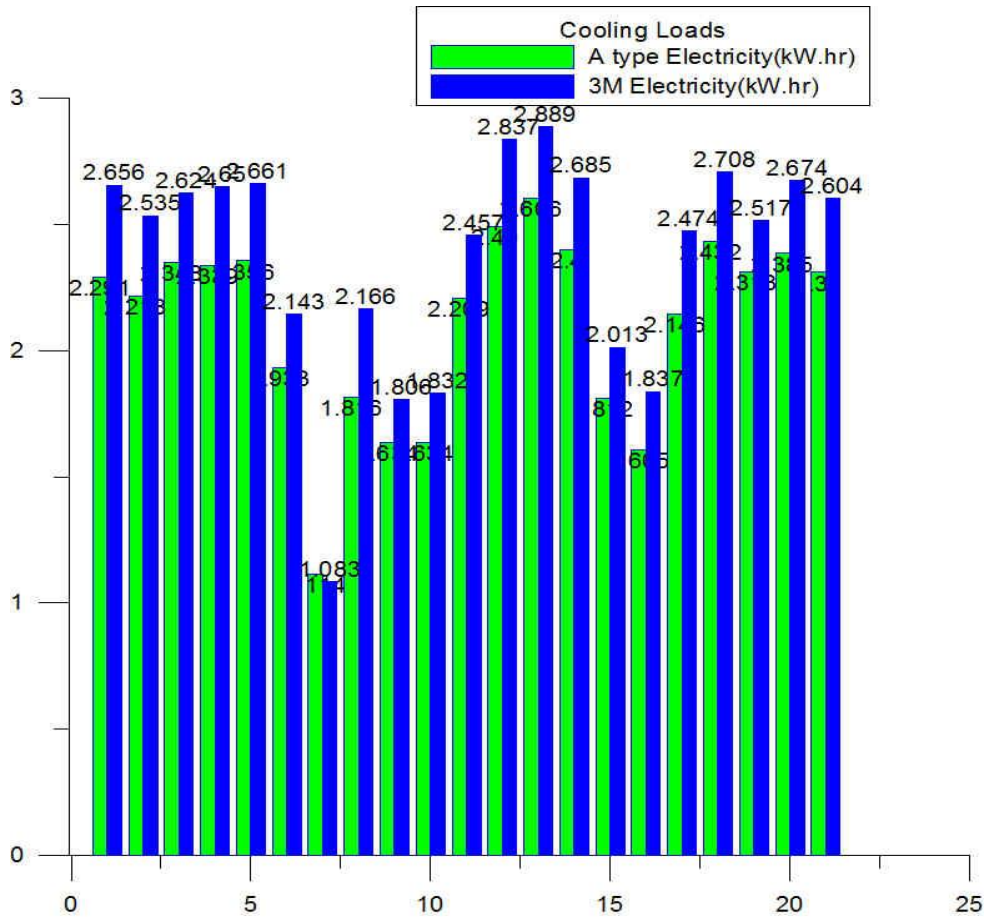


圖 27 3M 及 A 型隔熱膜玻璃每日空調耗電量之比較圖

2.i999 及 A 型隔熱膜貼附玻璃之實驗屋實地量測

實驗結果顯示，A 型隔熱膜玻璃之室內外側表面溫度差及 i999 隔熱膜玻璃的室內外側表面溫度差相近。由於 A 型隔熱膜玻璃及 i999 隔熱膜玻璃在白天的室內外側表面溫度差最大為 1.2°C，而 i999 隔熱膜玻璃在夜晚的室內外

側表面溫度差最大為 -0.2°C ，可由實驗結果得知太陽輻射能量為此實驗的主要變因，而在熱傳導的部分 A 型隔熱膜玻璃及 i999 隔熱膜玻璃有相近的隔熱效果。

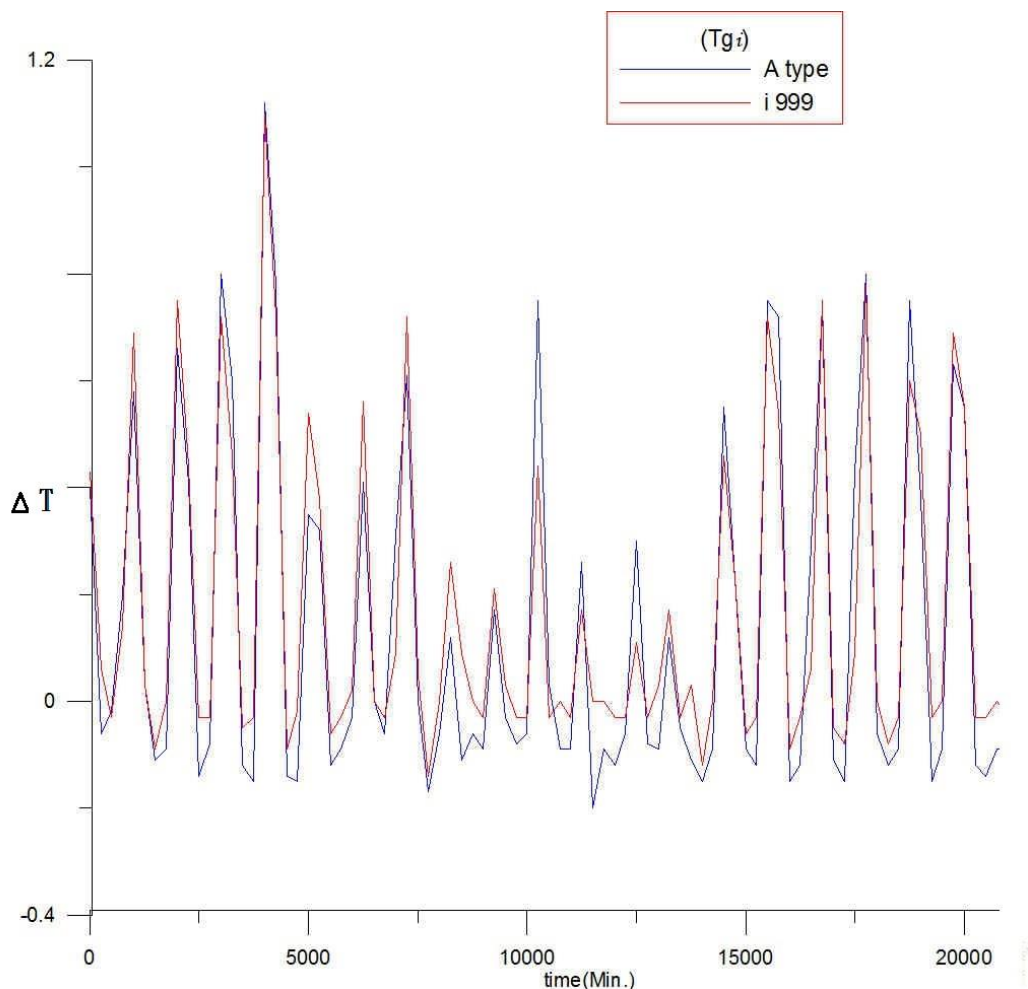


圖 28 i999 及 A 型隔熱膜玻璃室內外側表面溫度差比較圖

從 i999 隔熱膜玻璃及 A 型隔熱膜玻璃之室內側表面溫度之比較圖(圖 29)，可以發現 i999 隔熱膜玻璃之室內側表面溫度最高溫可上升到 47°C ，而 A 型隔熱膜玻璃之室內側表面溫度最高溫上升到 43°C ，兩者相差在 $3^{\circ}\text{C}\sim 4^{\circ}\text{C}$ 之

間。此結果乃是因為 i999 隔熱膜玻璃的日光輻射熱取得率 SHGC (0.5541)以及日光輻射吸收率高於 A 型隔熱膜玻璃的日光輻射熱取得率 SHGC (0.4606) 以及日光輻射吸收率所致。比較 A 型、3M 與 i999 三種隔熱膜玻璃的室內表面溫度可知，室內側表面溫度與隔熱膜的太陽輻射吸收率有關，太陽輻射吸收率大小依序為 i999、3M 及 A 型，而室內表面溫度大小依序則是 i999、3M 及 A 型。玻璃室內側溫度高代表玻璃表面輻射熱量高，進而會造成室內人員的熱舒適度指標 PMV(Predicted Mean Vote)提高。

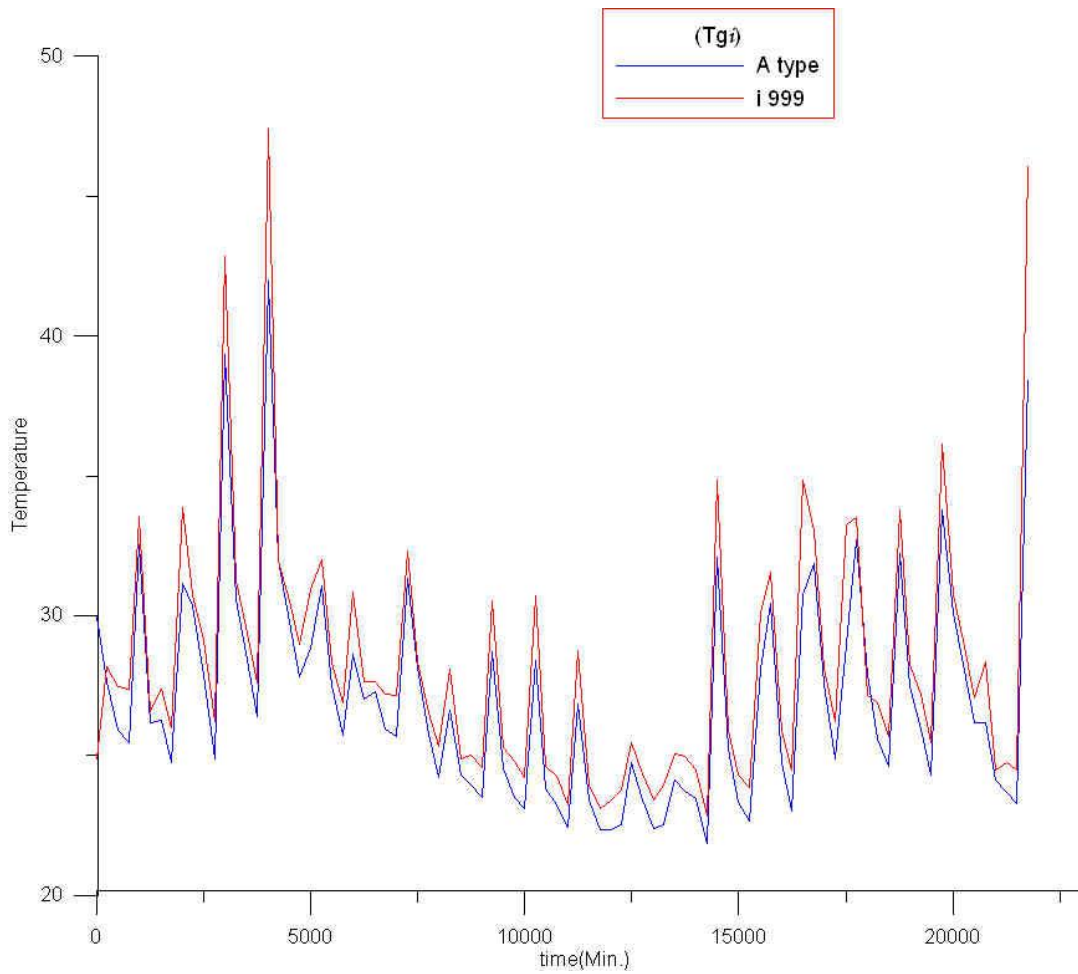


圖 29 i999 及 A 型隔熱膜玻璃之室內側表面溫度之比較圖

從每日空調耗電量之比較圖可發現 A 型隔熱膜玻璃之實驗屋用電量小於 i999 隔熱膜玻璃實驗屋的用電量。由於空調耗電量之大小與隔熱膜玻璃之 S_c 值有正相關，在晴朗的天氣，A 型隔熱膜玻璃之實驗屋用電量會明顯小於 i999 隔熱膜玻璃實驗屋的用電量，雖然第 6 天到第 15 天受蘇迪勒颱風影響，此期間的天氣均為雨天，實驗屋用電量差異較小。21 天的 A 型隔熱膜玻璃實驗屋的用電量總

和為 33.32 度，i999 隔熱膜玻璃驗屋的用電量總和為 39.7 度，A 型隔熱膜玻璃實驗屋的用電量為 i999 隔熱膜玻璃驗屋的用電量的 83.9%。

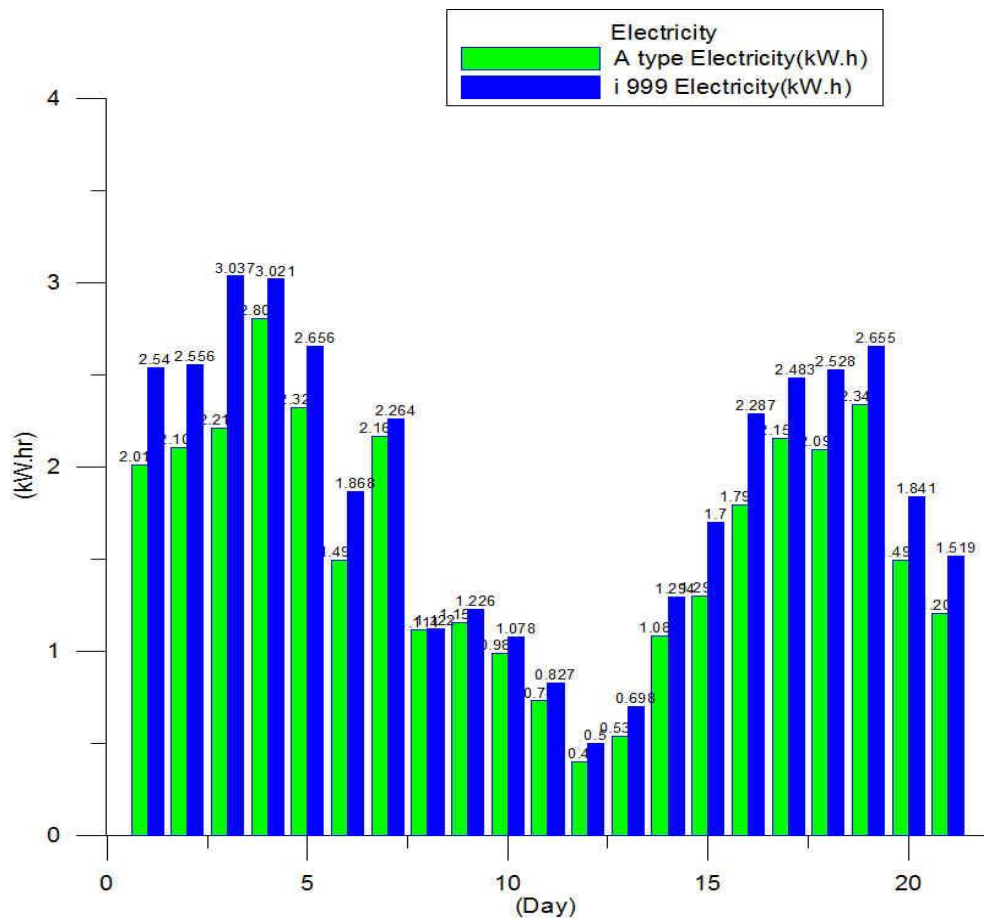


圖 30 i999 隔熱膜玻璃及 A 型隔熱膜玻璃每日空調耗電量之比較圖

3. 清玻及 A 型隔熱膜貼附玻璃之實驗屋實地量測

圖 31 實驗結果顯示，A 型隔熱膜玻璃之室內外側表面溫度差明顯大於清玻璃的室內外側表面溫度差，可看出有較佳的遮陽效果。由於 A 型隔熱膜玻璃及清玻璃在夜晚的室內外側表面溫度差都降低了，而 A 型隔熱膜玻璃在

日光直射的白天具有較大的室內外側玻璃表面溫度差，這是因為 A 型隔熱膜雖屬於紅外線反射型隔熱膜，把大部分的輻射熱反射到室外，但是 A 型隔熱膜玻璃的日光輻射吸收率(32.05%)仍然高於 5mm 清玻璃的日光輻射吸收率。故此，A 型隔熱膜玻璃室內外側表面溫度差最高接近 1.6°C，而清玻璃之室內外側表面溫度差最高約為 0.7°C。

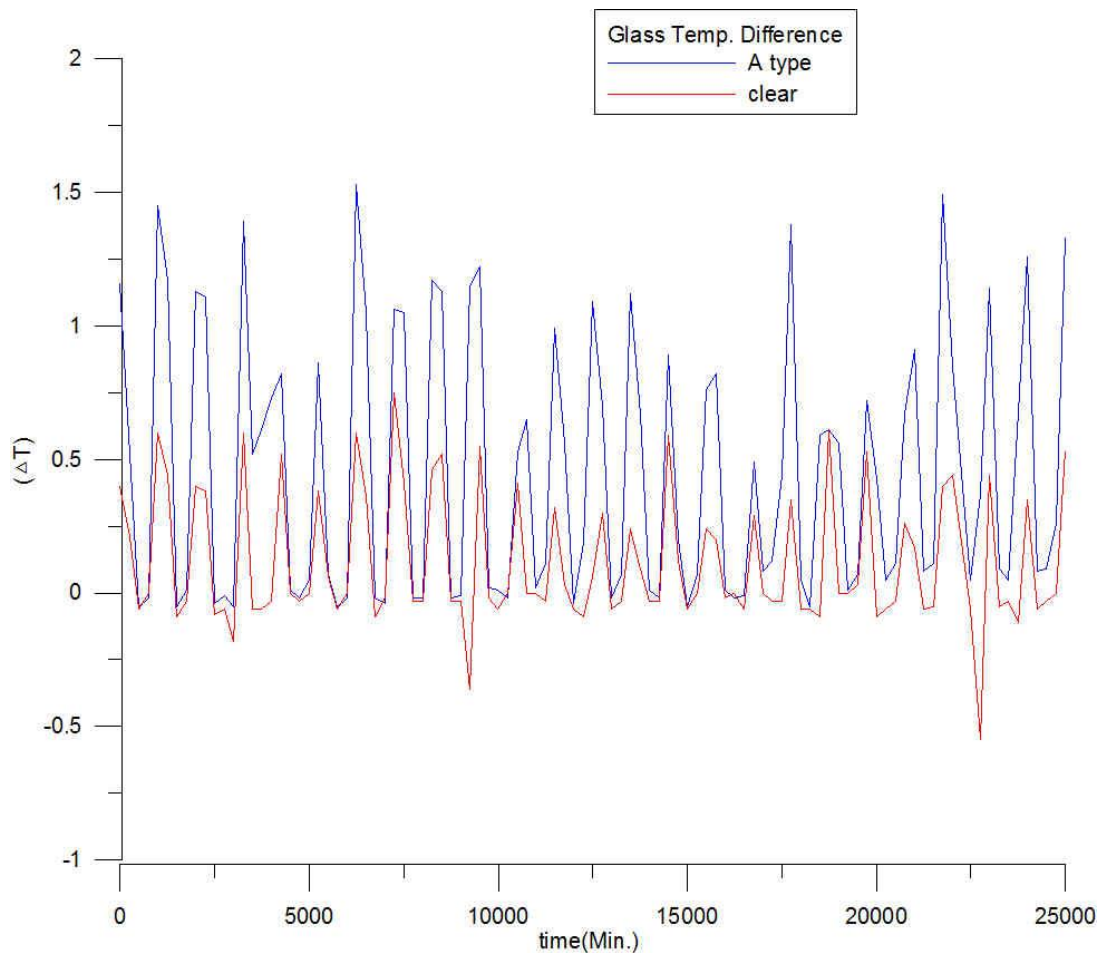


圖 31 清玻璃及 A 型隔熱膜玻璃之表面內外側溫度差異之比較圖

從圖 32 之清玻璃及 A 型隔熱膜玻璃之室內側表面溫度比較圖，可以發現清玻璃之室內側表面溫度最高溫可上

升到 43°C，而 A 型隔熱膜玻璃之室內側表面溫度最高溫上升到 40°C，兩者相差在 2°C~3°C 之間。雖然 A 型隔熱膜玻璃吸收了較多的太陽輻射熱，但是貼附在室內側的 A 型隔熱膜會反射大部分的紅外線輻射，致使 A 型隔熱膜玻璃之室內側表面溫度比清玻璃之室內側表面溫度低，但是 A 型隔熱膜玻璃之室內外側表面溫度差卻大於清玻璃的室內外側表面溫度差。

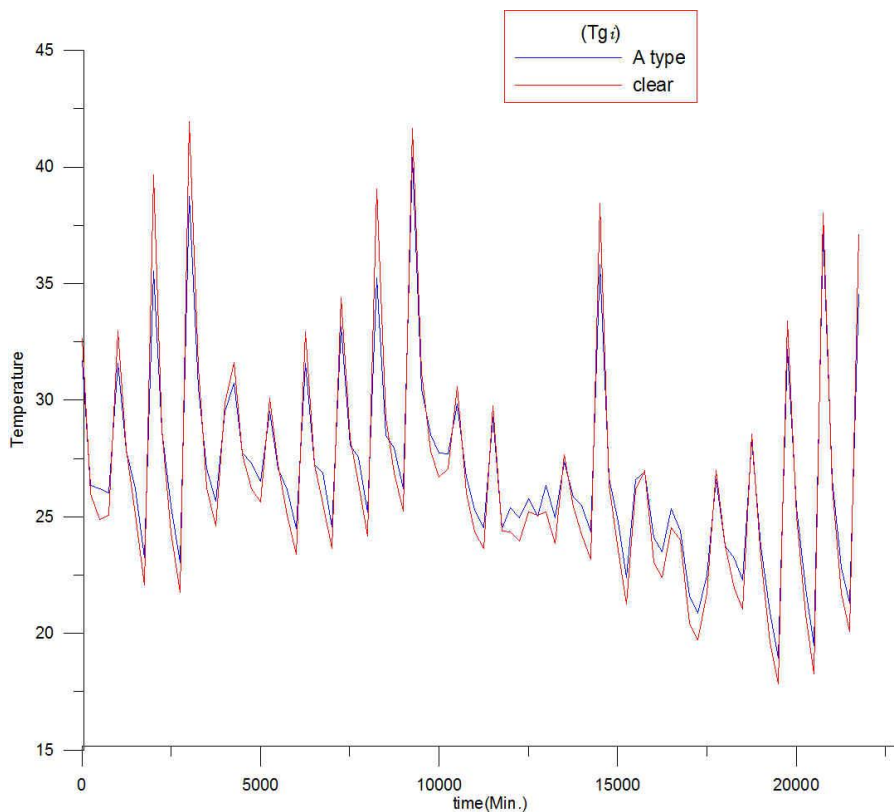


圖 32 清玻璃及 A 型隔熱膜玻璃之室內側表面溫度比較圖

從每日空調耗電量之比較圖可發現 A 型隔熱膜玻璃之實驗屋用電量小於清玻璃實驗屋的用電量。21 天的 A 型

隔熱膜玻璃實驗屋的用電量總和為 36.508 度，清玻璃實驗屋的用電量總和為 43.211 度，A 型隔熱膜玻璃實驗屋的用電量為清玻璃實驗屋的用電量的 83.2%。

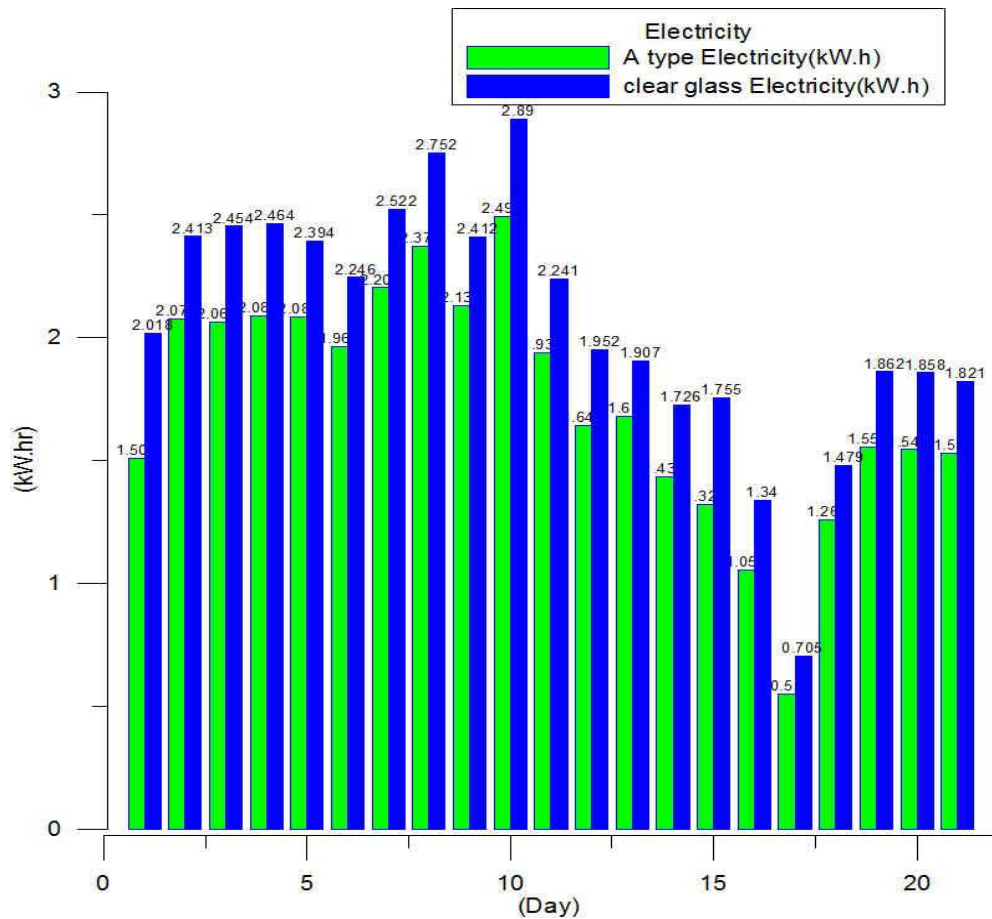


圖 33 清玻璃及 A 型隔熱膜玻璃每日空調耗電量之比較圖

4. 結論

綜合上述全尺寸實驗屋實際量測結果，整理貼附節能膜玻璃之節能效益如表 12。此結果發現以 A 型隔熱膜玻璃的節能效益為最佳。若以 A 型隔熱膜玻璃為比較基準值 1，3M 隔熱膜玻璃的空調耗電量是 A 型隔熱膜玻璃的

1.124 倍，i999 隔熱膜玻璃的空調耗電量是 A 型隔熱膜玻璃的 1.185 倍，5mm 清玻璃的空調耗電量是 A 型隔熱膜玻璃的 1.202 倍。

表 12 全尺寸實驗量測結果之節能效益比較

空調耗電量 (kW-hr)	對照組	實驗組	實驗組/對照組
實驗 3	A 型玻璃	5mm 清玻璃	
104/09/16~104/10/07	36.2	43.5	1.202
實驗 2	A 型玻璃	i999 玻璃	
104/08/16~104/09/08	33.5	39.7	1.185
實驗 1	A 型玻璃	3M 玻璃	
1007/13~104/08/03	44.4	49.9	1.124

由表 13 之結果顯示，電腦模擬與全尺寸實驗屋實際量測結果兩者節能效益的趨勢相近，A Type 玻璃的確優於 3M 玻璃等已上市產品。然而，由於進行 i999 及 A 型隔熱膜貼附玻璃之實驗期間遭遇颱風，故 i999 隔熱膜貼附玻璃在 21 天的全尺度實驗的節能效益僅為 1.5%。

表 13 各軟體能耗模擬分析之比較

台中	清玻璃	A Type 玻璃	B Type 玻璃	i999 玻璃	3M 玻璃
Ecotect	0	-14.2%	-10.5%	-11.2%	-13.4%
eQuest	0	-12.5%	-9.3%	-8.8%	-9.7%

Design Builder	0	-19.8%	-19.1%	-13.4%	-18.5%
全尺寸實驗屋實際量測	0	-16.8%		-1.5%	-6.5%

(以清玻璃之能耗為基準值，節省之能耗以負號表示)

基於計畫目的，本核能研究所開發的隔熱膜在建築節能的應用方面可以減少較多的太陽輻射吸收，於炎熱的地區可以減少室內因為陽光增加的溫度，增加熱舒適度並減少空調的負荷，進而降低能源消耗。核能研究所之 A 型隔熱膜為紅外線全反射型隔熱膜，隔熱膜本身不吸收紅外線之輻射熱，主要的優點除了節能及減少室內溫度的效果更明顯之外，隔熱膜本身的使用壽命應該會更長，這一點需要實驗驗證，而其隔熱膜於台灣或其他溫帶國家的冬季則有助於溫暖室內空氣溫度反而提升舒適度，唯一的缺點是相較於其他種類的隔熱膜來說，冬季藉由隔熱膜提高室內空氣溫度的效果也相對較少。

綜合上述之研究成果，核能研究所開發的 A 型隔熱膜在建築節能的應用具有反射大量近紅外線輻射、高可見光穿透率並且達到降低空調耗能之優點，不過隔熱膜的耐候性、使用壽命以及施工工法必須進一步確認，方可在市場上具有競爭力。

肆、參考文獻

- 1.U.S. Department of Energy, ENERGY STAR Program: ENERGY STAR for windows, doors, and skylights revised draft criteria and report, March 2009.
- 2.British Federation Rating Council, Use of the BFRC A-G energy window label, BFRC Guidance Note, March 2007.

- 3.D. Avasoo, Energy transparency for energy efficiency, Future buildings forum event Cooling Buildings in a Warming Climate, Sophia Antipolis, France 21-22 June 2004.
- 4.內政部建築研究所，綠建材解說與評估手冊，2007.
- 5.R. Russo, E. Fox, L. Bellinger, Nguyen-Van-Tam DP. Mood-congruent free-recall bias in anxiety, *Cognition and Emotion*, 15 (2001), 419–433.
- 6.G. M. Sottile, 2004 Survey of United States architects on the subject of switchable glazings, *Materials Science and Engineering B*, 119 (2005), 240-245.
- 7.K. A. R. Ismail , J. R. Henriquez, Parametric study on composite and PCM glass systems, *Energy Conversion and Management*, 43 (2002), 973-993.
- 8.J. Benemann, O. Chehab, E. Schaar-Gabriel, Building-integrated PV modules, *Solar Energy Materials & Solar Cells*, 67 (2001), 345-354.
- 9.R. E. Collins, T. M. Simko, Current status of the science and technology of vacuum glazing, *Solar Energy*, 62 (1998), 189-213.
- 10.G. Alvarez, D. N. Jimenez, C. A. Estrada, Thermal performance of solar control coatings: a mathematical model and its experimental verification, *J. Phys. D: Appl. Phys*, 21(1998), 2249-2257.
- 11.Y. Etzion, E. Erell, Controlling the transmission of radiant energy through windows: a novel ventilated reversible glazing system, *Building & Environment*, 35 (2000), 433-444.
- 12.S. Chaiyapinunt, B. Phuakphongsuriya, K. Mongkornsaksit, N. Khomporn, Performance rating of glass windows and glass windows with films in aspect of thermal comfort and heat transmission, *Energy and Buildings*, 37 (2005), 725-738.
- 13.T. Rosencrantz, H. Bulow-Hube, B. Karlsson, A. Roos, Increased

- solar energy and daylight utilization using anti-reflective coating in energy-efficient windows, *Solar Energy Materials & Solar Cells*, 89 (2005), 249-260.
- 14.H. Takeda, K. Ando, Actual survey of thermal environment in building for experimental use that employs photocatalyst-based exterior materials, *Journal of Environment Engineering AIJ*, 606 (2006), 31-36.
- 15.J. He, A. A. Hoyano, A numerical simulation method for analyzing the thermal improvement effect of super-hydrophilic photocatalyst-coated building surfaces with water film on the urban/built environment, *Energy and Buildings*, 40 (2008), 968-978.
- 16.A. Mills, A. Lepre, N. Elliott, S. Bhopal, I. P. Parkin, S. A. O'Neill, Characterisation of the photocatalyst Pilkington Activ TM: a reference film photocatalyst?, *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, 160 (2003), 213-224.
- 17.S. Konopacki, L. Gartland, H. Akbari and L. Rainer, Demonstration of Energy Savings of Cool Roofs, LBNL-40673, Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley, CA, 1998.
18. Hildebrandt, E., W. Bos and R. Moore, 'Assessing the impacts of white roofs on building energy loads', *ASHRAE Technical Data Bulletin*, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Atlanta, GA, 14 (1998), 28-36
- 19.S. Konopacki, and H. Akbari, Measured Energy Savings and Demand Reduction from a Reflective Roof Membrane on a Large Retail Store in Austin, LBNL-47149, Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley, CA, 2001.
- 20.Parker, D., J. Huang, S. Konopacki, L. Gartland, J. Sherwin, and L. Gu, 'Measured and simulated performance of reflective roofing

systems in residential buildings', ASHRAE Transactions, 104 (1998a),
no 1, Atlanta, GA. °

附錄一、文獻分析之文獻列表

文獻分析之文獻列表
1.U.S. Department of Energy, ENERGY STAR Program: ENERGY STAR for windows, doors, and skylights revised draft criteria and report, March 2009.
2.British Federation Rating Council, Use of the BFRC A-G energy window label, BFRC Guidance Note, March 2007.
3.D. Avasoo, Energy transparency for energy efficiency, Future buildings forum event Cooling Buildings in a Warming Climate, Sophia Antipolis, France 21-22 June 2004.
4.內政部建築研究所，綠建材解說與評估手冊，2007.
5.R. Russo, E. Fox, L. Bellinger, Nguyen-Van-Tam DP. Mood-congruent free-recall bias in anxiety, Cognition and Emotion, 15 (2001), 419–433.
6.G. M. Sottile, 2004 Survey of United States architects on the subject of switchable glazings, Materials Science and Engineering B, 119 (2005), 240-245.
7.K. A. R. Ismail , J. R. Henriquez, Parametric study on composite and PCM glass systems, Energy Conversion and Management, 43 (2002), 973-993.
8.J. Benemann, O. Chehab, E. Schaar-Gabriel, Building-integrated PV modules, Solar Energy Materials & Solar Cells, 67 (2001), 345-354.
9.R. E. Collins, T. M. Simko, Current status of the science and technology of vacuum glazing, Solar Energy, 62 (1998), 189-213.
10.G. Alvarez, D. N. Jimenez, C. A. Estrada, Thermal performance of solar control coatings: a mathematical model and its experimental verification, J. Phys. D: Appl. Phys, 21(1998), 2249-2257.

- 11.Y. Etzion, E. Erell, Controlling the transmission of radiant energy through windows: a novel ventilated reversible glazing system, *Building & Environment*, 35 (2000), 433-444.
- 12.S. Chaiyapinunt, B. Phuakphongsuriya, K. Mongkornsaksit, N. Khomporn, Performance rating of glass windows and glass windows with films in aspect of thermal comfort and heat transmission, *Energy and Buildings*, 37 (2005), 725-738.
- 13.T. Rosencrantz, H. Bulow-Hube, B. Karlsson, A. Roos, Increased solar energy and daylight utilization using anti-reflective coating in energy-efficient windows, *Solar Energy Materials & Solar Cells*, 89 (2005), 249-260.
- 14.H. Takeda, K. Ando, Actual survey of thermal environment in building for experimental use that employs photocatalyst-based exterior materials, *Journal of Environment Engineering AIJ*, 606 (2006), 31-36.
- 15.J. He, A. A. Hoyano, A numerical simulation method for analyzing the thermal improvement effect of super-hydrophilic photocatalyst-coated building surfaces with water film on the urban/built environment, *Energy and Buildings*, 40 (2008), 968-978.
- 16.A. Mills, A. Lepre, N. Elliott, S. Bhopal, I. P. Parkin, S. A. O'Neill, Characterisation of the photocatalyst Pilkington Activ™: a reference film photocatalyst?, *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, 160 (2003), 213-224.
- 17.S. Konopacki, L. Gartland, H. Akbari and L. Rainer, Demonstration of Energy Savings of Cool Roofs, LBNL-40673, Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley, CA, 1998.
18. Hildebrandt, E., W. Bos and R. Moore, 'Assessing the impacts of

white roofs on building energy loads', ASHRAE Technical Data Bulletin, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Atlanta, GA, 14 (1998), 28-36

19.S. Konopacki, and H. Akbari, Measured Energy Savings and Demand Reduction from a Reflective Roof Membrane on a Large Retail Store in Austin, LBNL-47149, Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley, CA, 2001.

20.Parker, D., J. Huang, S. Konopacki, L. Gartland, J. Sherwin, and L. Gu, 'Measured and simulated performance of reflective roofing systems in residential buildings', ASHRAE Transactions, 104 (1998a), no 1, Atlanta, GA. °

附錄二、「既有建築物節能改善之評估研究」專家會議紀錄

一、討論議題：

- 節能玻璃的開發規格
- 隔熱膜綠建材標章之制定

二、綜合討論：

台灣節能膜公司：

- 台灣節能膜的產品具有高吸收紅外線輻射之功能，可以讓太陽輻射進入室內的比率降至最低，導致室內空調節能的效果。
- 目前台灣節能膜是利用隔熱膜膠合玻璃，再組成中空玻璃獲得綠建材標章。直接使用隔熱膜膠合玻璃或是單層玻璃貼附隔熱膜是無法達到綠建材標章。

中和製漆公司：

- 中和製漆也是利用氧化色鎢粉體製作成漿料，然後淋塗製成隔熱膜。
- 目前吸收型隔熱膜會讓玻璃的表面溫度升高，但是卻可以阻隔太陽輻射進入室內。

佳東玻璃：

- 佳東玻璃的產品是將氧化色鎢粉體混練在 PVB 膠膜中。
- 佳東玻璃的綠建材標章是膠合玻璃中空複層玻璃，並沒有隔熱膜在其中。

3M 公司：

- 目前隔熱膜並沒有 CNS 標準，所以無法單以隔熱膜申請綠建材標章。而僅能以玻璃組合方式申請節能玻璃綠建材標章。
- 3M 的隔熱膜是反射型隔熱膜，所以除了可以阻擋太陽輻射之外，亦會降低玻璃的表面溫度。
- 目前市面上良莠不齊的隔熱膜相當多，透過本計畫量測不同性能的隔熱膜對於建築空調耗能之影響是有必要的。

三、會議結論：

- 本計畫決定採用反射型與吸收型兩種隔熱膜，與核研所的隔熱膜做比對。
- 玻璃表面溫度與空調耗能均為重要的量測參數，必須要納入考慮。
- 請台灣節能膜公司與 3M 公司提供相關的隔熱膜樣本。