

節能玻璃對建築採光影響及 重金屬含量調查研究

計畫編號：097301070000G2027

執行方式：☐委託研究 ☐協同研究 ☒自行研究

執行單位：內政部建築研究所

研究主持人：蔡介峰 助理研究員

內政部建築研究所 自行研究報告

中華民國 97 年 12 月

節能玻璃對建築採光影響及 重金屬含量調查研究



內政部建築研究所 自行研究報告

中華民國 97 年 12 月

目次

目次.....	I
表次.....	II
圖次.....	IV
摘要.....	VII
第一章 緒論.....	1
第一節 研究動機與目的.....	1
第二節 研究內容與進度說明.....	3
第三節 研究流程與步驟.....	4
第二章 節能玻璃簡介.....	5
第一節 平板節能玻璃.....	5
第二節 非平板節能玻璃.....	10
第三節 相關評估指標.....	11
第三章 節能玻璃量測標準探討.....	20
第一節 平板節能玻璃光學性質量測.....	20
第二節 非平板節能玻璃光學性質量測.....	45
第三節 節能玻璃之綠建材標章限制物質探討..	48
第四節 紫外線曝曬加速老化實驗.....	54
第四章 相關實驗與解析.....	56
第一節 玻璃對室內照明效果案例調查.....	56
第二節 非節能玻璃之光學與熱學性質探討.....	60
第三節 綠建材標章之限制物質實驗探討.....	63
第四節 節能玻璃實驗解析.....	68
第五節 委託技術服務案件解析.....	89
第六節 QUV 加速老化實驗結果.....	96
第五章 結論與建議.....	99
參考書目.....	104

表 次

表1-1.1	高性能節能玻璃評估基準表.....	1
表1-2.1	研究內容與進度說明	3
表2-3.1	我國辦公室照度標準	12
表2-3.2	室內照明標準 (ISO 8995)	15
表2-3.3	均齊度建議值	17
表2-3.4	燈具最小遮蔽角度建議值	17
表2-3.5	國際照委員會UGR建議值	18
表2-3.6	各種光源色溫度.....	19
表3-1.1	可見光波長 $D_{\lambda} \cdot V_{\lambda}$ 分佈對照表.....	36
表3-1.2	D65相對光譜能量	37
表3-1.3	CIE1931-XYZ光譜之三刺激值及對應色座標	38
表3-1.4	8 種彩度中等的標準色樣反射率	41
表3-1.5	紫外線波長及Skin damage factor相對光譜分佈	44
表3-3.1	非金屬材料任一部份之重金屬成份檢出值標準表	49
表3-3.2	石棉特性及可能應用產品	52
表3-3.3	石棉鑑定方法	53
表 4-1.1	玻璃自然採光效果	56
表 4-1.2	UGR 計算結果	59
表 4-2.1	單層非節能平板玻璃之光學與熱學性比較	61
表 4-2.2	半 (全) 反射玻璃之光學與熱學性質之比較.....	61
表 4-2.3	單層非節能平板玻璃之自然採光性質比較	62
表 4-2.4	玻璃磚光學性質量測結果	62
表 4-4.1	三層 Low-E 節能玻璃組合方式	68
表 4-4.2	PET Low-E 隔熱膜主要元素成分	69
表 4-4.3	隔熱膜對整體玻璃節能效益及採光影響	70
表 4-4.4	試件(A)日光穿透率光譜分佈	71

表 4-4.5	試件(B)日光穿透率光譜分佈	72
表 4-4.6	空氣層厚度對玻璃節能效益及採光影響	73
表 4-4.7	複層 Low-E 節能玻璃組合方式	74
表 4-4.8	室外側玻璃（鍍膜面）主要元素成分	75
表 4-4.9	Low-E Coating 對玻璃節能效益及採光影響	76
表 4-4.10	試件(E)日光穿透率光譜分佈	77
表 4-4.11	試件(F)日光穿透率光譜分佈	78
表 4-4.12	單層 Low-E 節能玻璃試件	79
表 4-4.13	試件 G 節能及採光效果計算	80
表 4-4.14	試件 G 隔熱紙主要元素成分	81
表 4-4.15	試件 H 節能及採光效果計算	83
表 4-4.16	試件 H 膠合玻璃主要元素成分	84
表 4-4.17	試件 N(光控玻璃)節能及採光效果計算	86
表 4-4.18	試件 N(光控玻璃)玻璃主要元素成分	87
表 4-5.1	本年節能玻璃委託技術服務案件分類	89
表 4-5.2	表 4-4.2 本年節能玻璃委託案實驗結果(1)	94
表 4-5.3	表 4-4.3 本年節能玻璃委託案實驗結果(2)	94
表 4-6.1	QUV 曝曬加速老化照射前實驗結果	96
表 4-6.2	QUV 曝曬加速老化照射前實驗結果（照射 1000hr）	97
表 4-6.3	QUV 曝曬加速老化照射前實驗結果（照射 2000hr）	97

圖 次

圖1-3.1	研究流程與步驟.....	4
圖2-1.1	複層Low-E玻璃剖面示意圖及照片.....	6
圖2-1.2	三層Low-E玻璃剖面示意圖.....	6
圖2-1.3	膠合玻璃剖面示意圖及照片.....	7
圖2-1.4	玻璃貼隔熱紙照片.....	8
圖2-1.5	調光薄膜構造.....	8
圖2-1.6	調光玻璃照片.....	9
圖2-2.1	玻璃磚照片.....	10
圖2-3.1	日光輻射熱取得率示意圖.....	11
圖2-3.2	玻璃熱對流能量示意圖.....	12
圖2-3.3	玻璃可見光透射（反射）率示意圖.....	13
圖2-3.4	克萊大學勞倫斯實驗室提出之基本照度建議.....	15
圖3-1.1	玻璃各層定義圖.....	22
圖3-1.2	CIE1931-xy色度座標色座標示意圖.....	24
圖3-1.3	8 種彩度中等的標準色樣.....	25
圖3-1.4	量測透射率試件安裝位置.....	30
圖3-1.5	量測反射率試件安裝位置.....	30
圖3-1.6	Inst 條件設定畫面.....	32
圖 3-1.7	儀器 Lamps 等設定畫面.....	33
圖 3-1.8	光譜儀參考物質.....	35
圖3-2.1	光譜儀校正.....	46
圖3-2.2	光譜儀校正電腦畫面.....	46
圖3-2.3	光譜儀設定及量測電腦畫面.....	47
圖3-3.1	XRF照射含氟元素樣品.....	50

圖 3-3.2	XRF 光譜儀照片	51
圖 3-3.3	XRF 光譜儀定性半定量分析畫面	51
圖 3-4.1	吸收值（透光率）照射 4800hr 後發生改變	54
圖 3-4.2	QUV 耐候試驗機	54
圖 4-1.1	量測位置	57
圖 4-1.2	玻璃自然採光量測結果	57
圖 4-1.3	本研究採用照度計	58
圖 4-1.4	本研究採用燈具	57
圖 4-1.5	本研究採用燈具之配光曲線圖	58
圖 4-2.1	半反射玻璃	60
圖 4-2.2	玻璃磚量測照片	60
圖 4-2.3	玻璃磚光譜儀量測結果	62
圖 4-3.1	PH 指示計照片	63
圖 4-3.2	隔熱紙照片	64
圖 4-3.3	決定萃取液種類照片	64
圖 4-3.4	萃取過程照片	64
圖 4-3.5	過濾過程照片	65
圖 4-3.6	試件放入 ED-XRF 分析室照片	65
圖 4-3.7	立體顯微鏡照片	66
圖 4-3.8	立體顯微鏡觀察隔熱紙照片	67
圖 4-4.1	三層 Low-E 節能玻璃組合示意圖	68
圖 4-4.2	複層 Low-E 節能玻璃組合示意圖	74
圖 4-4.3	複層 Low-E 玻璃塗覆層照片	75
圖 4-4.4	G 試件穿透率圖	81
圖 4-4.5	G 試件反射率圖（室內側）	82
圖 4-4.6	G 試件反射率圖	82

圖 4-4.7	M 試件穿透率圖	84
圖 4-4.8	M 試件反射率圖（室外側）	85
圖 4-4.9	M 試件反射率圖（室內側）	85
圖 4-4.10	I 試件穿透率圖	87
圖 4-4.11	I 試件反射率圖（室外側）	88
圖 4-4.12	I 試件反射率圖（室內側）	88
圖 4-5.1	97 年委託技術服務案件類別統計	89
圖 4-5.2	97 年委託技術服務案件實驗結果(1)	91
圖 4-5.3	97 年委託技術服務案件實驗結果(2)	92
圖 4-5.4	單層玻璃黏貼隔熱紙之可見光穿透率與 SC 關係圖 .	93
圖 4-5.5	複層玻璃之可見光穿透率與 SC 關係圖	94
圖 4-5.6	97 年委託技術服務案件實驗結果(3)	95

摘 要

關鍵詞：節能玻璃、採光、重金屬調查

玻璃因具有透光、美觀、易加工等特性，是一種常見之工業材料，包括現代建築、汽車外殼均可見玻璃材料之運用，但因其透光性所帶來的空調耗能問題也日益嚴重。

為解決上述問題，各國正擴大推廣使用Low-E節能玻璃，如歐洲部分國家立法鼓勵使用Low-E玻璃，日本和美國的相關產業協會亦採取一定的措施，鼓勵加大Low-E玻璃的普及程度，根據統計目前全世界Low-E玻璃的年使用量已達1.2億 m^2 ，且有越來越多之趨勢。

Low-E玻璃雖具阻絕日光輻射能量達到節能目的，但同時亦阻擋了可見光進入室內，影響採光效果，所含重金屬是否造成環保問題及Low-E膜老化對採光品質影響程度如何，值得我們進一步探討。

去（96）年度「建築節能法令之玻璃建材參數適用性驗證」協辦案已完成修訂「建築節約能源設計技術規範與實例」中之常用玻璃總熱傳係數U值與輻射熱取得率SHGC值等兩部分之建議數據。本研究擬延續探討市售節能玻璃對建築採光之影響，預計實驗完成可見光穿透率、演色性、色溫等數據，並初步調查所含重金屬元素成分，供未來規範建立及廢棄處理及運用參考。

本研究重點列舉如下：

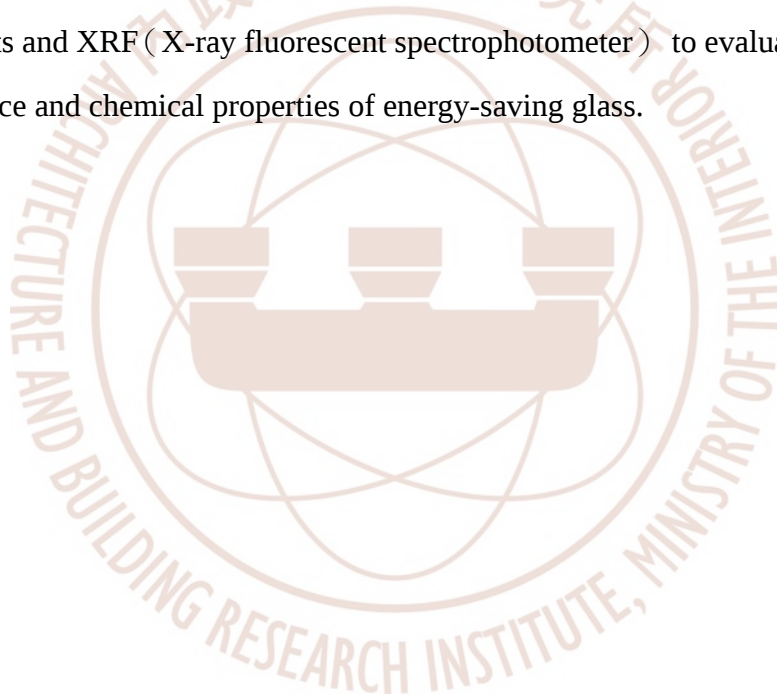
1. 選樣進行市售節能玻璃建材之可見光透射率、可見光反射率、室內反射率、演色性、色溫、紫外線穿透率、Skin damage factor及相對光譜能量分佈分析比較。
2. 選樣探討紫外線曝曬（QUV）耐候性測試對Low-E節能玻璃自然採光之綜合影響評估。
3. 利用ED-XRF及TCLP分析技術探討市售節能玻璃重金屬元素成分。

ABSTRACT

Keywords: energy-saving glass, ambient lighting

This project continue the 「To Demonstrate The Applicability of Parameters for Glass Materials in Building Energy Saving Code」 conducting the experiments to study the ambient lighting performance of various energy-saving glass materials of the building envelope.

The authors will develop the measuring technique based on ISO 9050 , JIS R3106 , ASTM D6052 and CIE13.3 by using optical performance testing instruments and XRF (X-ray fluorescent spectrophotometer) to evaluate the optical performance and chemical properties of energy-saving glass.



第一章 緒論

第一節 研究動機與目的

玻璃因具有透光、美觀、易加工等特性，是一種常見之工業材料，包括現代建築、汽車外殼均可見玻璃材料之運用，但因其透光性所帶來的空調耗能問題也日益嚴重。

為解決上述問題，各國正擴大推廣使用Low-E等節能玻璃，如歐洲部分國家立法鼓勵使用Low-E玻璃，日本和美國的相關產業協會亦採取一定的措施，鼓勵加大節能玻璃的普及程度，根據統計目前全世界節能玻璃的年使用量已達1.2億 m^2 ，且有越來越多之趨勢。

而本所為鼓勵國內玻璃製造廠商從事節能玻璃建材之開發與應用，提升我國玻璃建材之省能效益，達到節約能源之目的，亦已研訂完成「高性能節能玻璃綠建材評定基準」，並制定遮蔽係數、可見光穿透率以及可見光反射率等三項評定基準，以符合建築空調節能、建築照明節能與與光害影響防制等需求，已正式公告受理業界申請，表 1-1.1 為高性能節能玻璃評估基準表。

表1-1.1 高性能節能玻璃綠建材評估基準表

項目	受理範圍	評估指標	基準	試驗法	其他
節能	1. 單層玻璃	遮蔽係數 Sc 值	≤ 0.35	CNS12381-R3161 ISO 9050 JIS R 3106	
	2. LOW-E 玻璃 3. 膠合玻璃	可見光反射率	≤ 0.25	CNS12381-R3161 ISO 9050 JIS R 3106	
	4. 複層玻璃	可見光穿透率	≥ 0.5	CNS12381-R3161 ISO 9050 JIS R 3106	
【試驗方法】 1. CNS12381-R3161：平板玻璃穿透率、反射率及日光輻射熱取得率試驗 2. ISO 9050：Glass in building — Determination of light transmittance, solar direct transmittance, total solar energy transmittance, ultraviolet transmittance and related glazing factors 3. JIS R 3106：Testing method on transmittance, reflectance and emittance of flat glasses and evaluation of solar gain coefficient					

在油價飆帳年代，未來節能玻璃有機會成為建築業新寵，因此本所去（96）年度「建築節能法令之玻璃建材參數適用性驗證」協辦案已進行相關研究，並修訂完成「建築節約能源設計技術規範與實例」中之常用玻璃總熱傳係數U值與輻射熱取得率 SHGC 值等兩部分之建議數據，供相關設計人員於建築設計省能參考。

依據先期研究得知節能玻璃雖可阻絕日光輻射能量達到節能目的，但同時亦阻擋了部份可見光進入室內，然對自然光採光品質影響程度如何？另室內反射率與傳統玻璃差異性，是否影響人工光照明功效？值得我們進一步探討。

因此本研究擬配合業界委託技術服務，持續蒐集解析市售標稱節能玻璃總熱傳係數U值與輻射熱取得率SHGC值，探討對建築採光之影響，預計實驗完成可見光穿透率、演色性、色溫、室內反射率等數據，並調查所含重金屬元素成分，俾供未來規範建立、廢棄處理或研發運用參考。

本計畫採用之方法主要包括以下項目

（一）資料收集法：

1. 文獻回顧法與蒐集國內外有關玻璃光學量測標準資料。
2. 蒐集國內外室內光環境影響的評估指標。

（二）調查法：

1. 調查市售節能玻璃現有種類。
2. 調查市售節能玻璃應用現況。

（三）實驗法：

1. 實際量測市售節能玻璃之光學性質。
2. 利用 ED-XRF 分析市售節能玻璃所含金屬元素成分。
3. 紫外線曝曬（QUV）進行加速老化實驗。

（四）專家諮詢法：

訪談專家學者，獲得相關資訊，以利研究進行。

（五）分析比較法：

綜合資料蒐集、調查及實驗內容進行比較分析，俾供後續研究建議參考。

第二節 研究內容與進度說明

表 1-2.1 研究內容與進度說明

月次 工作項目	第一 月	第二 月	第三 月	第四 月	第五 月	第六 月	第七 月	第八 月	第九 月	第十 月	第十一 月	備註
相關資料收集	■	■										
市售節能玻璃 種類調查		■	■									
CNS、CIE、ISO、 EN標準彙析		■	■	■								
進行節能玻璃 光學性質量測		■	■	■	■	■	■	■	■	■		
市售節能玻璃 QUV老化實驗					■	■	■	■	■	■		
ED-XRF (AA) 元 素成分分析					■	■	■	■	■	■		
期中簡報							■	■				
實驗結果及討 論							■	■	■	■		
資料庫建立										■	■	
期末簡報											■	■
繳交報告書											■	■
預定進度 (累積數)	10 %	15 %	25 %	35 %	45 %	55 %	65 %	75 %	85 %	90 %	100 %	
說明：研究進度以粗線表示其起訖日期。												

第三節 研究流程與步驟

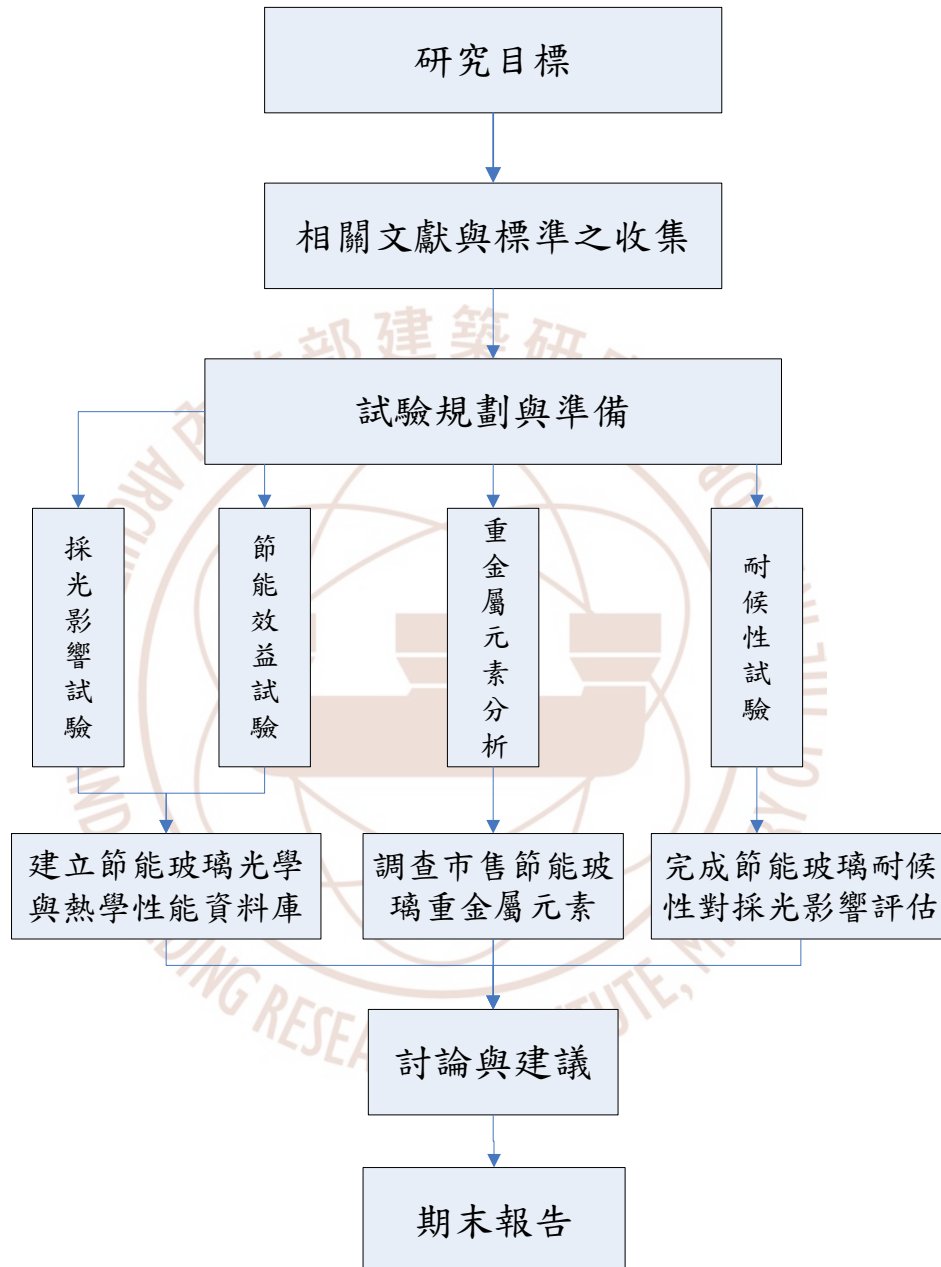


圖 1-3.1 研究流程與步驟

第二章 節能玻璃簡介

第一節 節能玻璃種類

市售節能玻璃對光熱進行調節的方式有靜態與動態兩種控制。所謂靜態控制，就是在玻璃表面黏貼或塗覆一層薄膜，對光和熱進行控制(包括吸收、穿透與反射)；另一種可作動態性控制，被稱調光玻璃，主要係利用透過通電、溫度變化或相變化等方式控制光的穿透率，可因應季節變化或需求調控，達到省能與舒適性目的。

目前市售節能玻璃以構造可區分為平板玻璃(如複層玻璃、膠合玻璃、單層玻璃等)及特殊非平板玻璃(如玻璃磚)等，分述如下：

第一節 平板節能玻璃

一、複層 Low-E 玻璃：

所謂複層Low-E (Low-emissivity glass) 玻璃就是在玻璃表面鍍上了特殊的金屬化合物薄膜或黏貼PET隔熱膜，用金屬或其他材料焊接封閉其四邊，在中間空隙注入純淨之乾燥空氣或惰性氣體製造而成，主要功能可以讓可見光通過，同時反射紅外、遠紅外輻射，阻擋熱量的傳遞，進而降低太陽輻射熱，減輕空調負荷，達到降低能源的目標。

一般來說，Low-E玻璃日射透光率大約是普通清玻璃的三分之一左右，同時為了保護塗層，通常作成中空複層玻璃來使用，避免塗層或隔熱膜在擦拭時被刮除。現在亦有部分產品將隔熱膜懸掛在複層玻璃中間，而形成三層玻璃光學構造。

本研究調查亦發現部分節能玻璃產品以銀等重金屬為塗膜的低輻射塗料，玻璃輻射率可從 0.83 降低到 0.04~0.12，大大地降低了玻璃表面輻射率，並提高了玻璃的光譜選擇性，然而以銀為塗膜的低輻射塗料在耐久性方面較差，為了保證玻璃在一定範圍的可見光有較高的穿透率，同時防止

銀塗層免於腐蝕，廠商通常在塗層中引入具有高折射性能的材料（如 SnO_2 ， ZnO ， Si_3N_4 ， TiO_2 等）作為防反射和保護層，目前主要用於大樓建築外牆玻璃，亦有一般透天住宅窗戶採用。

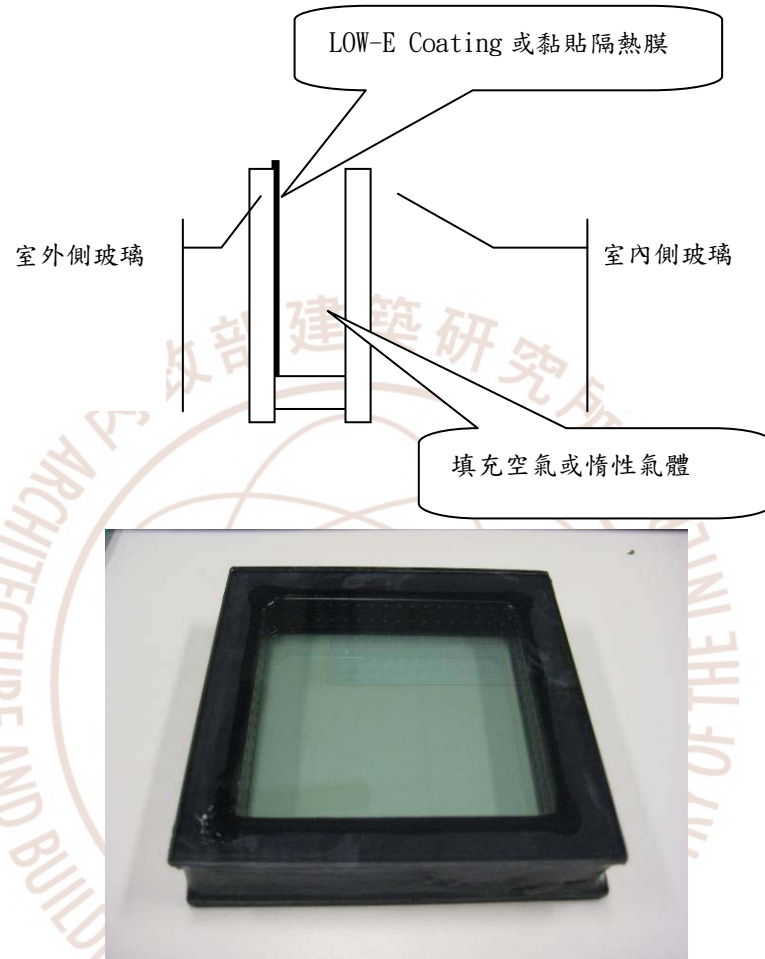


圖 2-1.1 複層 Low-E 玻璃剖面示意圖（資料來源：本研究整理）

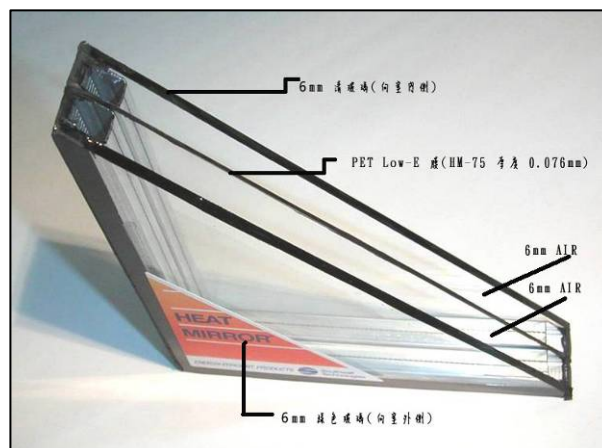


圖 2-1.2 三層 Low-E 玻璃剖面示意圖（資料來源：光體玻璃有限公司）

二、膠合玻璃：

在CNS 1183 R2042：膠合玻璃標準中定義膠合玻璃係指板玻璃兩層或以上，用有色或無色透明中間膜膠合而成，供建築、鐵道車輛及船舶等窗門之有色或無色膠合玻璃。

因為有中間膠膜之故，所以較不易受衝擊力被貫穿，且破損後其玻璃片不易飛散，目前市售膠合玻璃之顏色與中間膠膜種類相當繁多，其光學與熱學性質亦與膠膜性質及玻璃顏色息息相關，在各國膠合玻璃光學與熱學量測技術部分，都將膠合玻璃視為單層玻璃進行量測計算。

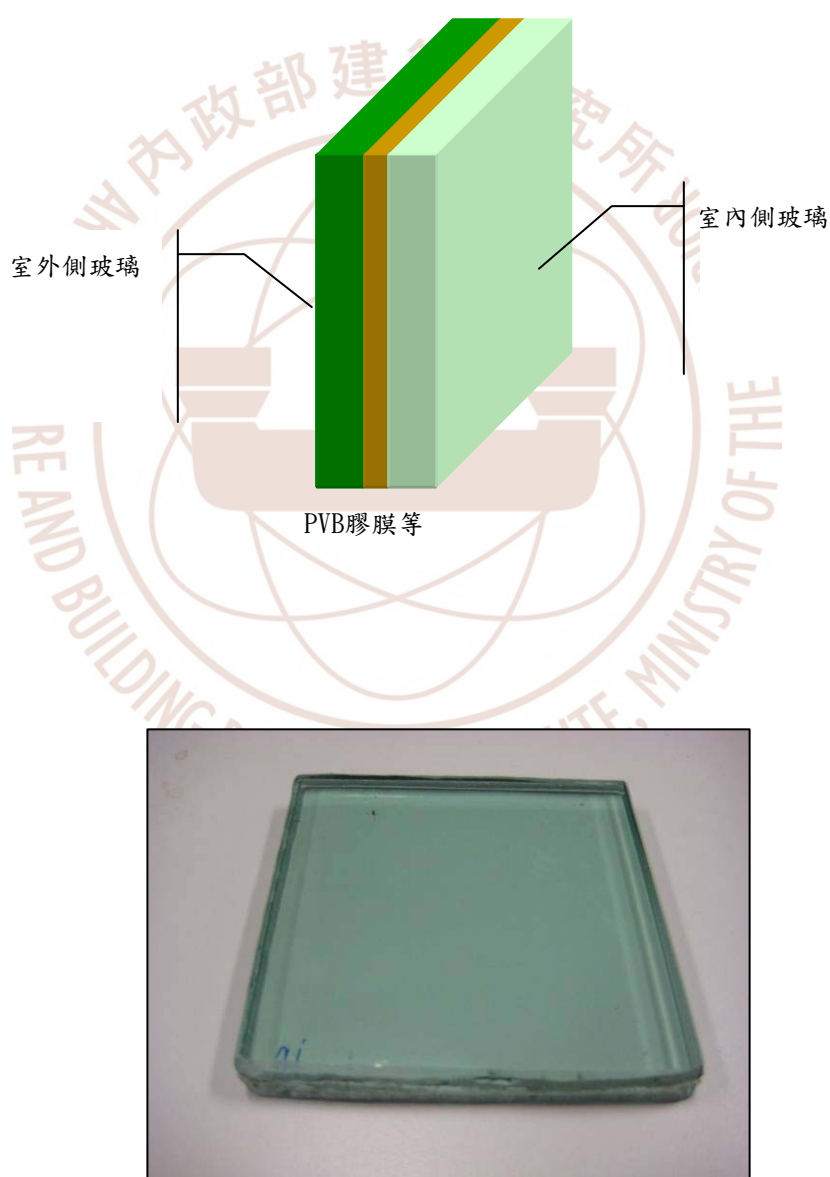


圖 2-1.3 膠合玻璃剖面示意圖 （資料來源:本研究整理）

三、單層玻璃：

常見在建築物玻璃上黏貼一層隔熱膜，來對光和熱進行控制(包括吸收、穿透與反射)；這種膠膜通常以聚氯乙烯或聚乙烯作為基材，在基材上利用濺鍍(Sputtering)、化學蒸鍍(CVD)、物理蒸鍍(PVD)或磁控濺射等方式，鍍上不同高反射金屬或金屬氧化物塗層，反射紅外、遠紅外輻射，阻擋熱量的傳遞，進而達到降低能源的目的，但它同時亦阻擋了部份可見光進入室內，影響自然光採光品質，且金屬膜易造成室內反光，影響照明成效，有時亦會讓人覺得刺眼不舒服，如圖2-1.4所示。

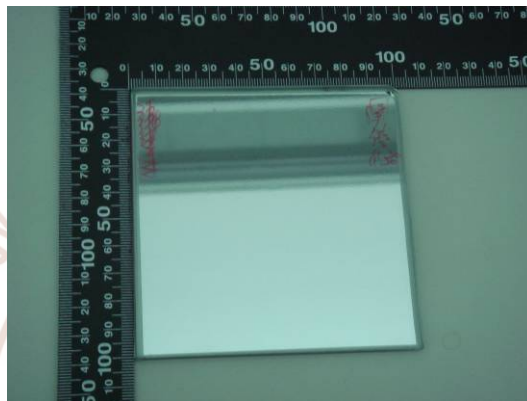


圖 2-1.4 玻璃貼隔熱紙照片 (資料來源:本研究整理)

現在亦有廠商研發調光玻璃，構造由玻璃黏貼調光薄膜組成，主要透過調光薄膜通電與斷電控制方式，產生透明或不透明變化，來控制光的穿透率，應用於建築外牆帷幕、轎車天窗上、室內隔間...等(如圖 2-1.5～2-1.6 所示)。

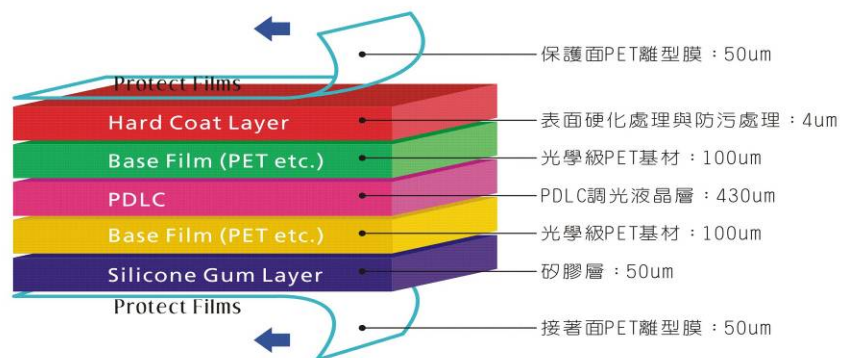


圖 2-1.5 調光薄膜構造 (資料來源:奇緯光電有限公司)

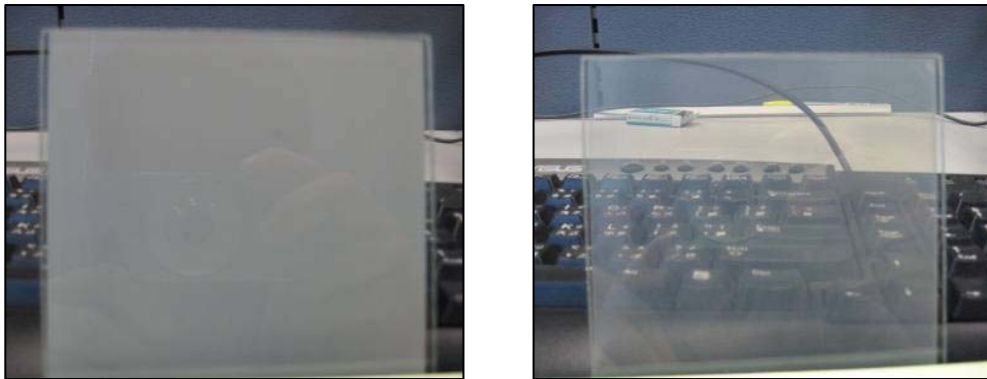


圖 2-1.6 調光玻璃照片(通電前)

調光玻璃照片(通電後)

(資料來源:本研究整理)



第二節 非平板玻璃

一、網印玻璃：

網印玻璃是將漆料經過特殊設計的網板，將圖案印刷至玻璃上（如圖），經由強化爐將漆料熱融入玻璃表面，而製成穩定不褪色、具各式圖案變化之網印玻璃。網印玻璃具有緩和西曬或陽光直射之強光、耐磨性、耐濕性特性。

主要用途如下：

- (1) 建築外牆玻璃
- (2) 店鋪、住宅、學校等窗戶玻璃
- (3) 室內隔間圖案玻璃
- (4) 汽車玻璃
- (5) 電氣玻璃
- (6) 傢俱及工藝玻璃

二、玻璃磚：

玻璃磚是一種相當新穎的建築裝飾品，優點是能透光但不透明，加上可有效阻隔噪音和高溫，經常被應用在室內隔間、牆面點綴，甚至使用在整片牆面。玻璃磚是以2塊各約1公分的玻璃，中間約6公分的中空空氣層而製作合成的 [1]。



圖 2-2.1 玻璃磚照片 （資料來源:本研究整理）

第三節 相關評估指標

本所已研訂完成「高性能節能玻璃綠建材評定基準」，制定遮蔽係數、可見光穿透率以及可見光反射率等三項評估指標，以符合建築空調節能、建築照明節能與光污染等要求，囿於部分業者對前述指標定義仍很模糊，本章節主要整理相關評估指標資料，俾供參考：

一、日光輻射熱取得率 (solar heat gain coefficient)：

日光照射玻璃後一部分進入室內此稱日光穿透率，一部分反射留在室外稱日光反射率，最後一部份則被玻璃吸收稱吸收率。玻璃的吸收又分兩部分，一部分會在傳回室外，另一部分則傳入室內，稱為再輻射。故傳入室內日光輻射熱，包括日光直接穿透之輻射能量及玻璃所吸收在傳入室內之輻射能量，其所佔總日光輻射能量之比率為日光輻射熱取得率(SHGC)，如圖 2-3.1 所示。

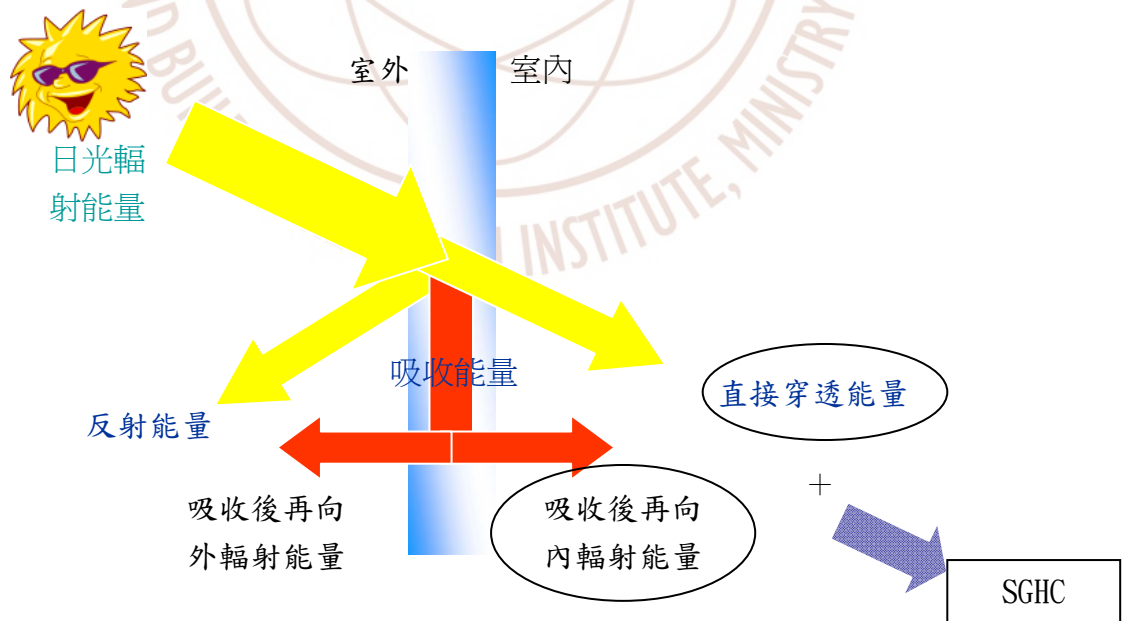


圖 2-3.1 日光輻射熱取得率示意圖 (資料來源:本研究整理)

二、遮蔽係數 (shading coefficient)：

玻璃建材在建築物節能部份可區分為遮陽效能與保溫效能兩部份。所謂遮陽性能係指玻璃建材阻擋太陽輻射進入室內之部分，其評估指標為遮蔽係數，一般以 3mm 清色平板玻璃之遮蔽係數等於 0.87 為基準，遮蔽係數越低代表玻璃建材阻擋外界熱能（包含太陽熱能）進入建築物之能量越少，高性能節能玻璃綠建材之遮蔽係數評估基準為 ≤ 0.35 。

三、總熱傳係數 (thermal transmittance)：

總熱傳係數為玻璃的保溫效能，一般稱作 U 值單位為 $W/(m^2 \cdot K)$ ，以單層玻璃 U 值 $6 W/(m^2 \cdot K)$ 為例，當室內外側溫差為 $1^\circ C$ 時，即有 6W 熱對流能量進入室內，如圖 2-3.2 所示。

另各國因氣候條件不同，量測條件亦有差異，分述如下：

- (一) ISO 採用的量測條件 (ISO 9050、10292) 量測溫度為 $10^\circ C$ ，室內外側表面溫度差為 $15^\circ C$ ，較適用在北美氣候條件。
- (二) JIS 採用的量測條件 (JIS 3106、3107) 分為夏季條件（室外側： $30^\circ C$ 、室內側： $25^\circ C$ ）與冬季條件（室外側： $0^\circ C$ 、室內側： $20^\circ C$ ）2 種。
- (三) CNS (CNS 12381) 亦分為夏季和冬季條件兩種，並列出另一種利用保護熱箱法測定玻璃 U 值（加熱箱內空氣溫度： $30^\circ C$ 、冷卻側空氣溫度： $10^\circ C$ ）

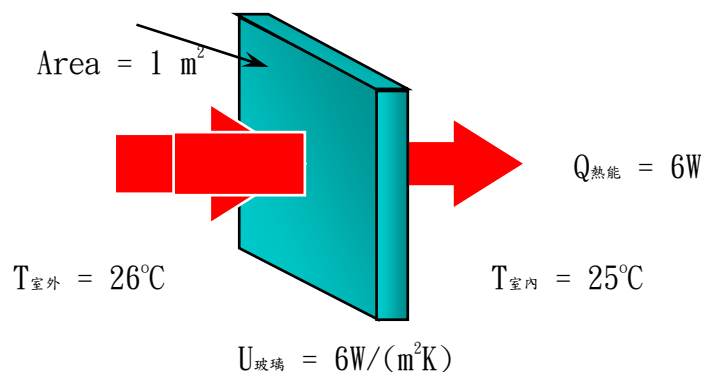


圖 2-3.2 玻璃熱對流能量示意圖（資料來源：本研究整理）

四、可見光穿透率 (visible light transmittance):

可見光穿透率為太陽光之可見光部分照射至玻璃建材後直接穿透進入室內之比例。可見光穿透率愈高代表太陽光轉為有效室內照明之效益愈大。高性能節能玻璃綠建材之可見光穿透率評估基準為 ≥ 0.5 。

五、可見光反射率 (visible light reflectance):

可見光反射率為太陽光之可見光部分照射至玻璃建材後反射之比例。可見光反射率越高代表玻璃建材造成環境光害之程度愈大。高性能節能玻璃綠建材之可見光反射率評估基準為 ≤ 0.25 。

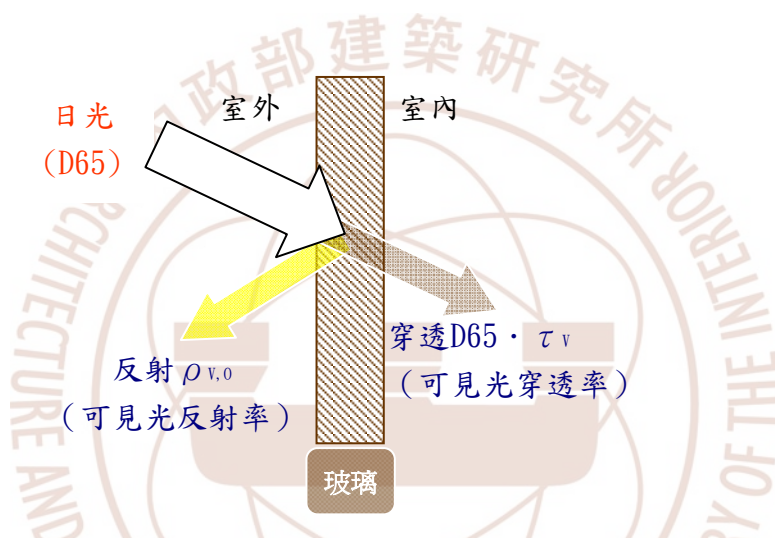


圖 2-3.3 玻璃可見光透射（反射）率示意圖 （資料來源:本研究整理）

六、照度 (Illuminance):

單位勒克司 (Lux, 代號lx)，物體或被照面上，被光源照射所呈現的光亮程度，稱為照度。一般來說，要求事物看得越清楚，越需要有高的照度。要使照度之質越好，則照度要求越高。雖然照度之強度是視覺之基本條件，但並非意味著強度愈大，對視覺愈有利。強度增加視覺靈敏度也增加，強度低靈敏度也低，但強度高到某種程度時，視力即停止增進，而低於某一限度時，視力亦會呈緩慢減退。

我國國家標準總號12112即訂有照度標準，適用範圍包括辦公室、工廠、學校、醫院等凡28種建築或場所，如表2-3.1所示，列出辦公建築物或場所內部各空間的一般照明及作業區的局部照明。

美國加州柏克萊大學勞倫斯實驗室根據北美14 個國家提出之基本照度建議。如辦公室(Office)之桌面(Desk)照度為300~750 lux，如圖2-3.4所示[2]。

CIES008-2001、ISO8995-2002，除了訂定照度標準外，亦將 UGR 眩光指標、Ra 演色性納入，適用範圍包括辦公室等 31 種建築或場所，如表 2-3.2 所示。

表 2-3.1 辦公室照度標準 (CNS)

	場 所(1)		作業
2000	—		—
1500	—		○設計 ○製圖 ○打字 ○計算 ○打卡
1000	辦公室(a)(2), 營業所, 設計室, 製圖室, 正門大廳(日間)(3)		
750	—	○辦公室(b), 主管室, 會議室, 印刷室, 總機室, 電子計算機室, 控制室, 診療室	
500	禮堂, 會客室, 大廳, 餐廳, 廚房, 娛樂室	○電器機械室之配電盤及計器盤 ○服務台	
300	休息室, 警衛室, 電梯走道	書庫, 會客室, 電器室	—
200	—	教室, 機械室, 電梯 雜物室	—
150	盥洗室, 茶水間, 浴室 走廊, 樓梯, 廁所		
100	飲茶堂, 休息室, 值夜室, 更衣室, 倉庫, 入口(靠車處)	—	
75			
50	安全梯		
30			

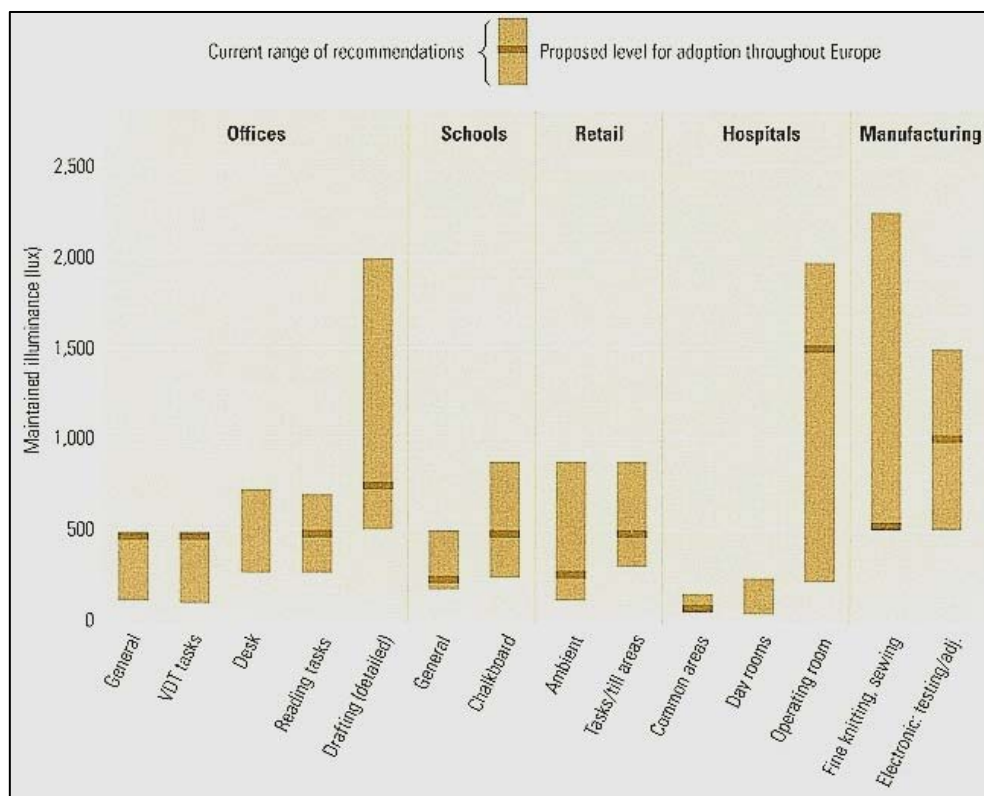


圖 2-3.4 克萊大學勞倫斯實驗室提出之基本照度建議[2]

表2-3.2室內照明標準（ISO 8995-2002）

工作場所（辦公室）	$E_m(lx)$	UGR_L	R_a
列印及影印區	300	19	80
書寫作業區	500	19	80
精密繪圖	750	16	80
CAD繪圖	500	19	80
會議室	500	19	80
服務台	300	22	80
檔案室	200	25	80

表2-3. 2室內照明標準 (ISO 8995-2002)

工作場所 (一般住宅)	$E_m(lx)$	UGR_L	Ra
入口大廳	100	22	60
交誼廳	200	22	80
迴廊	100	28	40
電梯內、樓梯	150	25	40
餐廳、福利社	200	22	80
盥洗室、廁所	200	25	80
休息室	100	22	80
病房	500	19	80
醫院診療室	500	16	90
設備室	200	25	60
總機室	500	19	80
儲藏室	100	25	60
控制室	150	22	60

七、輝度 (Luminance)：

用來評估光源或發光體的光亮程度，簡單來說，輝度是用來評估發光體對眼睛的刺激程度。輝度係指光源體在某方向上，每單位投影面積所發出的光度。單位為 cd/m^2 或 nt 。室內照度分佈，若只將視覺對象照得很亮，而周圍環境空間全體很暗時，當眼睛四圍環視時易產生視覺疲勞，相反的，如與注視對象相比，周圍環境過亮時，則難以集中精神工作，因此必須保持整個空間的亮度合適。

由於輝度與室內表面裝修材反射率有關，因此本研究亦進行各種節能玻璃室內反射率量測。

八、均齊度 (Uniformity)：

如果在工作上存在照度極不相同的表面，則眼睛從一個表面轉移到另

一個表面時要發生適應過程，在適應過程中，眼的視覺能力是要降低的。適應需要一定的時間，如果經常交替適應，整個的視力工作就發生困難，導致視覺的疲勞，因此良好的照明應要求照度分佈均勻，照度均齊度可用工作面上的最低均齊度及平均均齊度來表示。一般全面照明平均均齊度建議在0.5以上，ISO8995-2002建議如表2-3.4所示。

表2-3.4 均齊度建議值 (ISO 8995)

工作面照度值(lux)	周圍照度值(lux)
≥ 750	500
500	300
300	200
≤ 200	與工作面照度值相同

九、眩光 (Glare)：

當光源與環境的配合不當時，往往會造成視覺範圍內的景物看不清楚，而此種現象是因為視覺範圍內有比景物亮度還高的光源存在所造成，此種強光則稱之為眩光。

表2-3.5 燈具最小遮蔽角度建議值 (ISO 8995)

燈具輝度值(cd/m^2)	最小遮蔽角度
1-20	10°
20-50	15°
50-500	20°
≥ 500	30°

1995年國際照委員會(CIE)發布UGR (Unified Glare Rating) 眩光評量系統，UGR系統根據背景與燈具輝度呈現的比例共分七級，UGR越低表示眩光越小，一般UGR高過28則視覺上相當不舒適，UGR為16時仍可認得

出眩光，10以下無法察覺。

表2-3.6 國際照委員會UGR建議值（ISO 8995）

等級	UGR值
剛無法容忍	31
不舒適的	28
剛不舒適	25
不被接受的	22
剛可接受	19
可察覺出	16
不可察覺出	10

$$UGR = 8 \cdot \log \left[\frac{0.25}{L_b} \cdot \sum \frac{L^2 \cdot \omega}{p^2} \right]$$

L_b : 背景輝度值(單位: cd/m²)

L : 光源在觀察人員眼睛方向上的輝度(單位: cd/m²)

ω : 光源與觀察人員眼睛所構成的立體角

P : 光源與觀察人員視線相關位置係數

十、演色性 (Color Rendering):

物體色隨著不同照明條件而變化，物體在待測光源下的顏色同它在參照光源下的顏色相比的符合程度，定義為待測光源的演色性。

參照光源是人們相信它能呈現出物體真實顏色的光源。一般公認為中午的日光是理想的參照光源。實際上，日光的光譜組成在一天中有很大的變化，但是這種大幅度的變化被人眼的顏色適應補償了，所以，覺察不到物體顏色的相應變化。因此，以日光做為評定人工照明光源演色性的參照光源是合理的，其前提條件是兩者的色溫要接近。

演色數值的最大值定為100。一般認為：Ra=100~80，演色性優良；

$Ra=79\sim50$ ，演色性一般； $Ra<50$ ，演色性較差。

十一、色溫 (Color Temperature)：

在照明應用領域常用色溫定量描述光源的色表，當一個光源的顏色與黑體（完全輻射體）在某一溫度時發出的光色相同時，黑體的溫度就會稱為該光源的色溫，單位為K。

黑體為既不反射也不透射，能把投射到它上面的輻射全部吸收的物體。將黑體加熱到高溫時便產生輻射，黑體輻射的光譜功率分佈完全取決於它的溫度，在 800 K 的溫度下，黑體輻射呈紅色，3000 K 呈黃白色，5000 K 左右呈白色，在 8000 K 呈淡藍色。熱輻射光源如白熾燈，其光譜功率分佈與黑體輻射非常接近，都是連續光譜。因此，色溫能恰當地表示熱輻射光源的顏色。對於非熱輻射光源，如螢光燈、水銀燈，它們的光功率分佈形成，與黑體輻射相差甚大。因此，用與某一溫度黑體輻射最接近的顏色來近似確定這類光源的色溫，稱為相對色溫。一般而言，3,300 K 的色溫給人溫暖的感覺，適合用在家庭；5,000 K 以上的色溫給人清涼的感覺，非常適合用在辦公室，讓上班的人都很有精神。

表 2-3.6 各種光源色溫度

光 源	色 溫
北方晴空	8000~8500 K
陰天	6500~7500 K
夏日正午陽光	5500 K
複金屬燈	4000~4600 K
下午陽光	4000 K
冷色螢光燈	4000~5000 K
水銀燈	3750~3450 K
暖色螢光燈	2500~3000 K
鹵素燈	3000 K
鎢絲燈	2700 K
高壓鈉燈	1950~2250 K
蠟燭	2000 K

第三章 節能玻璃量測標準探討

本章節之內容乃根據 ISO 9050、EN 410、JIS R-3106、CIE 13.3、CIE S014、CIE 15 及 CIE S019 等標準彙整有關平板節能玻璃（如複層玻璃、三層玻璃、膠合玻璃、單層玻璃等）及特殊非平板節能玻璃（如玻璃磚、網狀玻璃等）之自然採光、日光輻射熱取得率及總熱傳係數計算及試驗程序，詳細說明如下所述：

第一節 平板節能玻璃光學性質量測

一、單層玻璃計算方式：

單層玻璃或膠合玻璃之可見光透射率 τ_v 、可見光外反射率 $\rho_{v,o}$ 與可見光內反射率 $\rho_{v,i}$ 之計算是將測得之分光穿透率、反射率按照公式 (3-1)~(3-3) 計算之。

$$\tau_v = \frac{\sum_{380}^{780} D_\lambda \cdot V_\lambda \cdot \tau(\lambda)}{\sum_{380}^{780} D_\lambda \cdot V_\lambda} \quad (3-1)$$

$$\rho_{v,o} = \frac{\sum_{380}^{780} D_\lambda \cdot V_\lambda \cdot \rho_o(\lambda)}{\sum_{380}^{780} D_\lambda \cdot V_\lambda} \quad (3-2)$$

$$\rho_{v,i} = \frac{\sum_{380}^{780} D_\lambda \cdot V_\lambda \cdot \rho_i(\lambda)}{\sum_{380}^{780} D_\lambda \cdot V_\lambda} \quad (3-3)$$

二、複層玻璃計算方式：

複層玻璃光學性質量測是以各片單層玻璃之可見光穿透率、反射率等光學性質，以公式組合計算求得，計算公式如(3-4)~(3-9)：

$$\tau_v = \frac{\sum_{380}^{780} D_\lambda \bullet V_\lambda \bullet \tau_{1,2}(\lambda)}{\sum_{380}^{780} D_\lambda \bullet V_\lambda} \quad (3-4)$$

$$\tau_{1,2}(\lambda) = \frac{\tau_{1,1}(\lambda) \bullet \tau_{2,2}(\lambda)}{1 - \rho_{1,1}'(\lambda) \bullet \rho_{2,2}(\lambda)} \quad (3-5)$$

$$\rho_{v,o} = \frac{\sum_{380}^{780} D_\lambda \bullet V_\lambda \bullet \rho_{12}(\lambda)}{\sum_{380}^{780} D_\lambda \bullet V_\lambda} \quad (3-6)$$

$$\rho_{1,2}(\lambda) = \rho_{1,1}(\lambda) + \frac{\tau_{1,1}^2(\lambda) \bullet \rho_{2,2}(\lambda)}{1 - \rho_{1,1}'(\lambda) \bullet \rho_{2,2}(\lambda)} \quad (3-7)$$

$$\rho_{v,i} = \frac{\sum_{380}^{780} D_\lambda \bullet V_\lambda \bullet \rho_{2,1}'(\lambda)}{\sum_{380}^{780} D_\lambda \bullet V_\lambda} \quad (3-8)$$

$$\rho_{2,1}'(\lambda) = \rho_{2,2}'(\lambda) + \frac{\tau_{2,2}^2(\lambda) \bullet \rho_{1,1}'(\lambda)}{1 - \rho_{1,1}'(\lambda) \bullet \rho_{2,2}(\lambda)} \quad (3-9)$$

三、參層玻璃計算方式：

三片以上單板玻璃（隔熱膜）亦是由公式組合計算求得如
(3-10)~(3-15)

$$\tau_v = \frac{\sum_{380}^{780} D_\lambda \bullet V_\lambda \bullet \tau_{1,3}(\lambda)}{\sum_{380}^{780} D_\lambda \bullet V_\lambda} \quad (3-10)$$

$$\tau_{1,3}(\lambda) = \frac{\tau_{1,2}(\lambda) \bullet \tau_{3,3}(\lambda)}{1 - \rho_{2,1}'(\lambda) \bullet \rho_{3,3}(\lambda)} \quad (3-11)$$

$$\rho_{v,o} = \frac{\sum_{380}^{780} D_\lambda \bullet V_\lambda \bullet \rho_{13}(\lambda)}{\sum_{380}^{780} D_\lambda \bullet V_\lambda} \quad (3-12)$$

$$\rho_{1,3}(\lambda) = \rho_{1,2}(\lambda) + \frac{\tau_{1,2}^2(\lambda) \bullet \rho_{3,3}(\lambda)}{1 - \rho_{3,3}'(\lambda) \bullet \rho_{2,1}(\lambda)} \quad (3-13)$$

$$\rho_{v,i} = \frac{\sum_{380}^{780} D_\lambda \bullet V_\lambda \bullet \rho_{3,1}'(\lambda)}{\sum_{380}^{780} D_\lambda \bullet V_\lambda} \quad (3-14)$$

$$\rho_{3,1}'(\lambda) = \rho_{3,3}'(\lambda) + \frac{\tau_{2,2}^2(\lambda) \bullet \rho_{2,1}'(\lambda)}{1 - \rho_{2,1}'(\lambda) \bullet \rho_{3,3}(\lambda)} \quad (3-15)$$

(3-1)~(3-15)式內符號意義：

$\tau_{1,1}(\lambda)$ =室外側玻璃之分光透射率

$\tau_{2,2}(\lambda)$ =第二層玻璃之分光透射率

$\tau_{3,3}(\lambda)$ =第三層玻璃之分光透射率

$\rho_{1,1}(\lambda)$ =室外側玻璃，入射光從室外側至室內側之分光反射率

$\rho'_{1,1}(\lambda)$ =室外側玻璃，入射光從室內側至室外側之分光反射率

$\rho_{2,2}(\lambda)$ =第二層玻璃，入射光從室外側至室內側之分光反射率

$\rho'_{2,2}(\lambda)$ =第二層玻璃，入射光從室內側至室外側之分光反射率

$\rho_{3,3}(\lambda)$ =第三層玻璃，入射光從室外側至室內側之分光反射率

$\rho'_{3,3}(\lambda)$ =第三層玻璃，入射光從室內側至室外側之分光反射率

其中 $D_\lambda \cdot V_\lambda$ 可由各標準之附表查得。

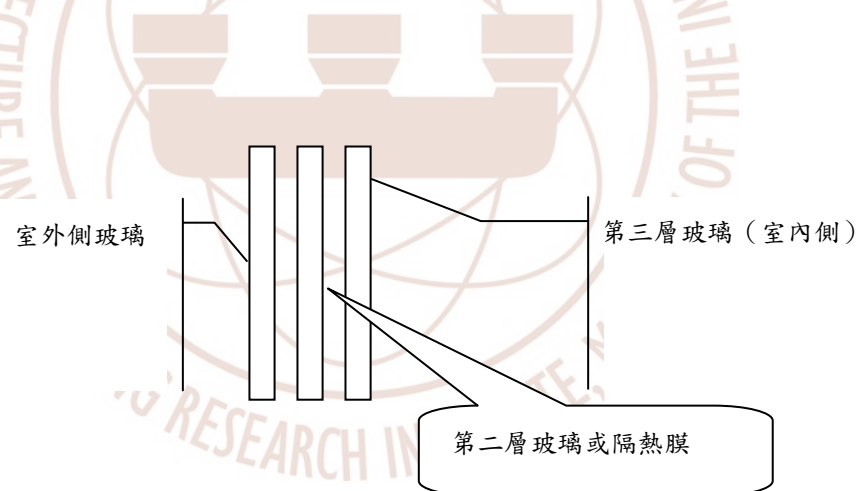


圖 3-1.1 玻璃量測各層定義圖

四、自然採光色座標及演色性計算：

每一光源皆具有特殊的光譜組成，光源的光譜組成會影響光源的表觀顏色，而且也會決定被照物的顯色效果，目前CIE S014-2006、ISO9050-2003、EN410-1998定義D65光譜資料模擬平均自然光光譜分佈，其色溫為6500K，D65相對光譜能量如表3-1.2所示。

自然光穿透玻璃進入室內之光譜能量 $\Phi(\lambda) = \tau_v \bullet D65$ ，室內人工光照射玻璃反射光譜能量 $\Phi(\lambda) = \rho_{v,i} \bullet \Phi_i(\lambda)$ ，可根據3-16式計算光色：

$$X = k \int_{380}^{780} \Phi(\lambda) \bar{x}(\lambda) d\lambda = k \sum_{380}^{780} \Phi(\lambda) \bar{x}(\lambda) \Delta\lambda \quad (3-16)$$

$$Y = k \int_{380}^{780} \Phi(\lambda) \bar{y}(\lambda) d\lambda = k \sum_{380}^{780} \Phi(\lambda) \bar{y}(\lambda) \Delta\lambda$$

$$Z = k \int_{380}^{780} \Phi(\lambda) \bar{z}(\lambda) d\lambda = k \sum_{380}^{780} \Phi(\lambda) \bar{z}(\lambda) \Delta\lambda$$

$$\text{其中 } k = 100 \int_{380}^{780} \Phi(\lambda) \bar{y}(\lambda) d\lambda$$

$\bar{x}(\lambda)$ 、 $\bar{y}(\lambda)$ 、 $\bar{z}(\lambda)$ 為光譜之三刺激值，如表3-1.3所示。

CIE1931-xy色度座標公式如下：

$$x = \frac{X}{X+Y+Z}, \quad y = \frac{Y}{X+Y+Z}, \quad z = \frac{Z}{X+Y+Z} \quad (3-17)$$

由於CIE1931-xy座標圖並非均等性，為了使空間中任意兩色彩的空間差距更接近人眼的色彩視覺，因此CIE於1976年提出了一個均勻色度尺標圖(CIE 1976 uniform chromaticity scale diagram)，就是 $u'v'$ 色度座標系統(亦稱CIE 1976 UCS色度圖)，俾利色差計算，與光源之三刺激值 X 、 Y 、 Z 關係如下：

$$u' = 4X/(X+15Y+3Z) = 4x/(-2x+12y+3) \quad (3-18)$$

$$v' = 9Y/(X+15Y+3Z) = 9y/(-2x+12y+3)$$

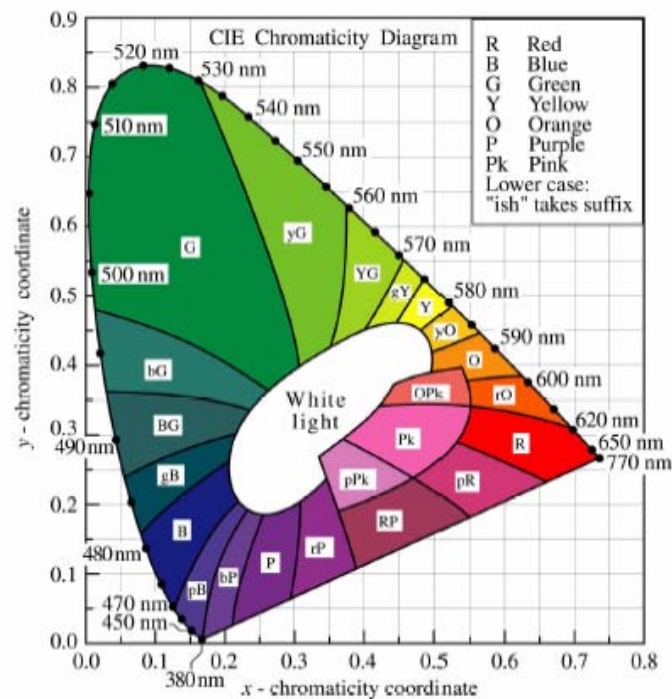


圖 3-1.2 CIE1931-xy 色度座標色座標示意圖

光源對物體的顯色能力稱為演色性，光所發射的光譜內容決定光源的光色，但同樣光色可由許多、少數甚至僅僅兩個單色光波組合而成，影響所及，對各個顏色的演色性亦大不相同，CIE13.3-1995標準定義平均演色指數 (Average Color Rendering Index, CRI)系統作為評量指標。

該系統以 8 種彩度中等的標準色樣來檢驗，如表3-1.4及圖3-1.3所示。比較在測試光源下與在同色溫的基準光源下此 8 色的偏離(deviation)程度，以測量該光源的演色指數，取平均偏差值 Ra 20~100，以 100 為最高。平均色差愈大，Ra值愈低，計算方式如下：

$$Ra = \frac{1}{8} \sum_{i=1}^8 R_i = \frac{1}{8} \sum_{i=1}^8 (100 - 4.6 \Delta E_i) \quad (3-19)$$

$$\Delta E_i = \left[(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2 \right]$$

$$L = 116 \times f(Y/Y_n) - 16$$

$$a = 500 \times [f(X/X_n) - f(Y/Y_n)]$$

$$b = 200 \times [f(Y/Y_n) - f(Z/Z_n)]$$

$$f(X/X_n) = (X/X_n)^{1/3} \quad \text{if}(X/X_n) > (24/116)^3$$

$$f(X/X_n) = (841/108) \times (X/X_n) + 16/116 \quad \text{if}(X/X_n) \leq (24/116)^3$$

$$f(Y/Y_n) = (Y/Y_n)^{1/3} \quad \text{if}(Y/Y_n) > (24/116)^3$$

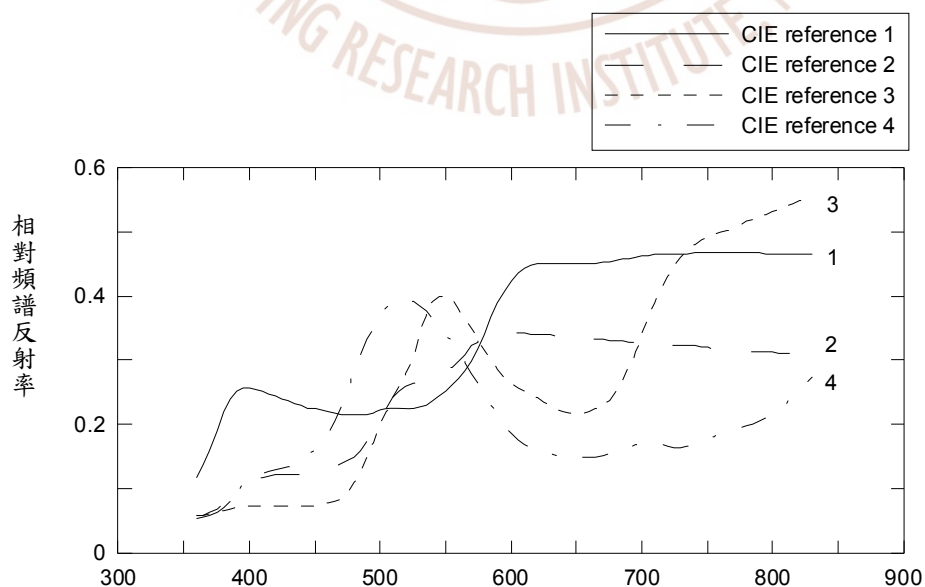
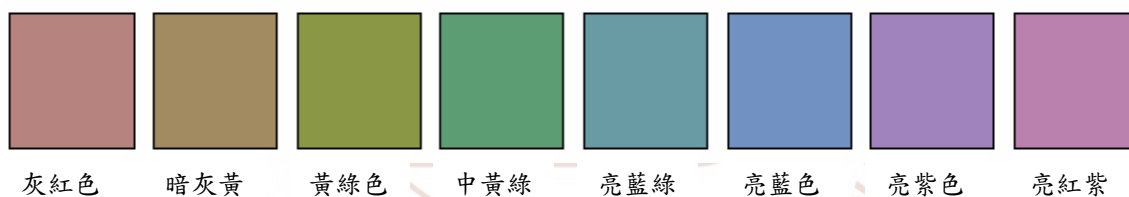
$$f(Y/Y_n) = (841/108) \times (Y/Y_n) + 16/116 \quad \text{if}(Y/Y_n) \leq (24/116)^3$$

$$f(Z/Z_n) = (841/108) \times (Z/Z_n) + 16/116 \quad \text{if}(Z/Z_n) \leq (24/116)^3$$

$$f(Z/Z_n) = (Z/Z_n)^{1/3} \quad \text{if}(Z/Z_n) > (24/116)^3$$

X 、 Y 、 Z ：測試物體反射光源之三刺激值

X_n 、 Y_n 、 Z_n ：標準色板反射光源之三刺激值



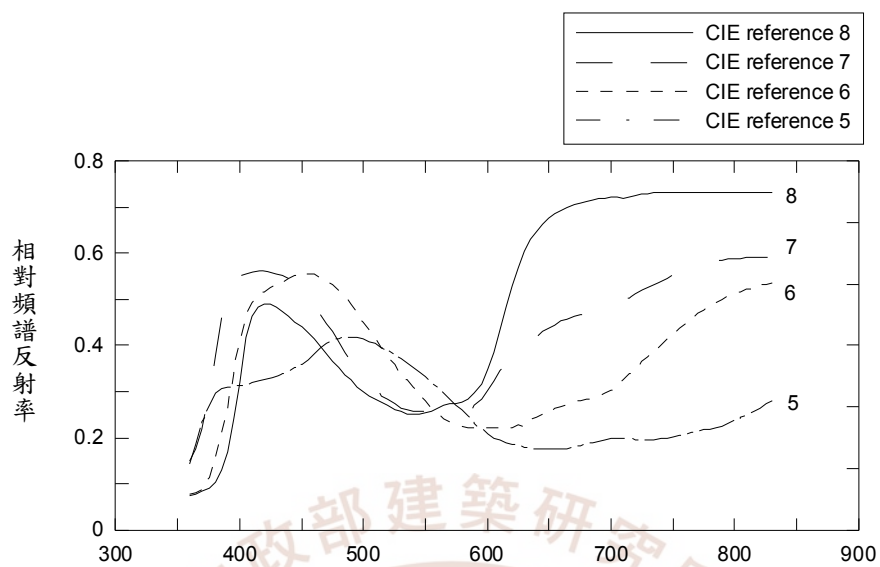


圖 3-1.3 8 種彩度中等的標準色樣

(本研究整理)

五、紫外線及Skin damage factor計算方式：

根據研究人若長時間曝曬在過量紫外線下，身體會發生皮膚病變與老化，也會增加眼睛疲勞嚴重時還會導致白內障；同時輻射產生之光氧老化易造成室內高分子材料（如窗簾、布料、傢俱、陳列品）產生褪色。目前國內環保署針對午時太陽的輻射量所計算出來值區分為15級，若紫外線指數超過6級以上，便屬於過量，10級以上，則達到危險程度，而台灣夏季紫外線指數通常在5-12級之間，介於中量-危險級，一般6mm清玻璃紫外線穿透率約20-40%左右，節能玻璃穿透率通常可小於1%，目前CNS與JIS中並無紫外線之計算公式，本研究擬參照ISO 9050標準，量測在紫外線（300-380nm）及在對人皮膚影響程度較大波長範圍（300-400nm）內，紫外線及肌膚傷害指數（Skin damage factor）透射率值，計算公式如3-19及3-20式所示。

吾人可利用分光光譜儀量得之分光透射率 $\tau(V)$ ，及表3-1.5計算求得紫外線透射率等值。

$$\tau_{UV} = \frac{\sum_{300}^{380} \tau(\lambda) \cdot S_{\lambda} \Delta\lambda}{\sum_{300}^{380} S_{\lambda} \Delta\lambda} \quad (3-19)$$

$$F_{sd} = \frac{\sum_{300}^{400} \tau(\lambda) \cdot E_{\lambda} \Delta\lambda}{\sum_{300}^{400} E_{\lambda} \Delta\lambda} \quad (3-20)$$

六、日光輻射熱取得率計算方式：

（一）單層玻璃之日光輻射熱取得率SHGC按照公式(3-21)計算所得：

$$SHGC = \tau_e + N_i \cdot \alpha_e, \quad N_i = \frac{h_i}{h_i + h_e} \quad (3-21)$$

式內， N_i ：被玻璃吸收並傳導至室內之日光輻射熱比率

τ_e ：日光穿透率

α_e ：日光吸收率

h_e ：室外熱對流係數、 h_i ：室內熱對流係數，係利用紅外線光譜

儀量測分光反射率 $\rho(\lambda)$ 求得之室內側及室外側玻璃表面之半球
輻射率 ε_i 及 ε_e 後，按照公式(3-22) 計算所得。

$$\text{室內側 } h_i = h_{ri} \varepsilon_i + h_{ci} \quad (3-22)$$

$$\text{室外側 } h_e = h_{re} \varepsilon_e + h_{ce}$$

式內，本研究 h_{re} 、 h_{ri} 、 h_{ci} 、 h_{ce} 係根據 JIS R 3106 建議數值計算。

	夏		冬	
	輻射	對流	輻射	對流
室外側	$h_{re}=6.5$	$h_{ce}=12.2$	$h_{re}=5.1$	$h_{ce}=16.2$
室內側	$h_{ri}=6.3$	3.9	$h_{ri}=5.6$	$h_{ci}=3.3$

註:1. JIS R3106、JIS R3107 夏季氣候條件 (室外: 30℃、室內: 25℃)。
2. JIS R3106、JIS R3107 冬季氣候條件 (室外: 0℃、室內: 20℃)。

(二) 複層玻璃之日光輻射熱取得率 SHGC 按照公式(3-23)計算所得：

$$SHGC = \tau_e + N_1 \cdot \alpha_{e1} + N_2 \cdot \alpha_{e2} \quad (3-23)$$

$$N_1 = \frac{R_e}{R_e + R_{1,2} + R_i} \quad N_2 = \frac{R_e + R_{1,2}}{R_e + R_{1,2} + R_i}$$

式內， N_1 =室外側之單層玻璃所吸收日光輻射熱傳送至室內之比率

N_2 =室內側之單層玻璃所吸收之日光輻射熱傳送至室內之比率

$R_{1,2}$ =中間空氣層之熱阻，可由 JIS R 3107 標準計算所得。

R_e ， R_i =室內、外側單層玻璃之表面熱阻，可由 JIS R 3107 標準計算求得。

(三) 參層玻璃之日光輻射熱取得率 SHGC 按照公式(3-24)計算所得：

$$\eta = \tau_e + \sum_{j=1}^n N_j \cdot \alpha_{ej} \quad (3-24)$$

$$N_1 = \frac{R_e}{R_e + R_{1,2} + R_{2,3} + R_i}, \quad N_2 = \frac{R_e + R_{1,2}}{R_e + R_{1,2} + R_{2,3} + R_i},$$

$$N_3 = \frac{R_e + R_{1,2} + R_{2,3}}{R_e + R_{1,2} + R_{2,3} + R_i}$$

式內， $R_{k-1,k}$ 為第 $k-1$ 片與第 k 片間氣體層之熱阻。

R_e ， R_i 為室內、外側單層玻璃之表面熱阻，可由 JIS R 3107 標準計算求得。

七、總熱傳係數計算方式：

總熱傳係數 (U) 按照公式 (3-25) 計算所得：

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{h_t} + \frac{1}{h_e} + \frac{1}{h_i} \quad (3-25)$$

式內： $\frac{1}{h_t}$ 代表玻璃之熱阻值 $\frac{1}{h_t} = \sum \frac{1}{h_s} + \sum \frac{d_m}{k_m}$

其中： $h_s = h_r + h_g$ ， $h_r = 4\sigma \left(\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{1}{\varepsilon_2} - 1 \right)^{-1} \cdot T_m^3$

$$h_g = Nu \frac{\lambda}{s}, \quad Nu = A(Gr \cdot Pr)^n, \quad Gr = \frac{9.81s^3 \Delta T \rho^2}{T_m \mu^2}, \quad Pr = \frac{\mu c}{\lambda}$$

相關參數可參考 JIS R 3107 或 ISO10292 標準計算。

八、試驗程序：

(一) 紫外光/可見光/近紅外光分光光譜儀規格：

1. 量測項目：穿透率與反射率

2. 量測波長範圍：185~3300nm。雙光束，雙monochromator和雙grating設計。

3. 波長精確度 0.8nm UV/VIS、0.32nm NIR

4. 試件室可測試件最大可達150(W)150(H)100(D)mm。

(二)試件安裝：

為求出玻璃可見光（或日光）的透射率與反射率，同一試件須作分光透射率與分光反射率量測，其試件安裝位置分別如圖3-1.4、圖3-1.5所示。

若厚度不超過4cm之玻璃試件，量測透射率夾具無法夾住試件時，需使用輔助開孔壓克力片，需注意玻璃需放置於積分球側。



圖 3-1.4 量測透射率試件安裝位置

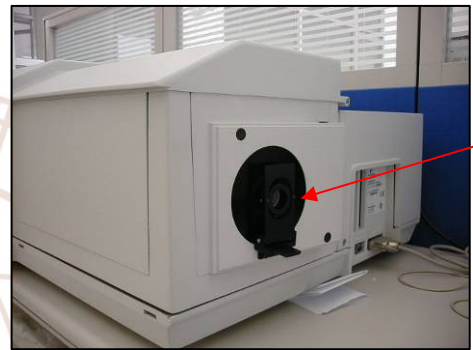


圖 3-1.5 量測反射率試件之安裝位

(三)平板玻璃量測參數：

1. 單層玻璃：

- (a)玻璃的可見光（日光）分光穿透率
- (b)玻璃朝室內、外側面之可見光（日光）分光反射率

2. 複層玻璃：

- (a)室內、外側玻璃可見光（日光）分光穿透率
- (b)室內側玻璃朝室外、內側面之可見光（日光）分光反射率
- (c)室外側玻璃朝室外、內側面之可見光（日光）分光反射率

3. 參層玻璃：

- (a)室內、中間層、外側玻璃可見光（日光）分光穿透率
- (b)中間層玻璃或隔熱膜朝室外、內側面之可見光（日光）分光反射率
- (c)室內側玻璃朝室外、內側面之可見光（日光）分光反射率

(四)光譜儀設備設定及操作程式

1. 開機：

- 1.1 檢查試件放置區內是否有雜物擋住光徑，若有任何雜物存在，則必須將之移開，否則會影響儀器的自我校正，因而造成開機不正常。
- 1.2 打開儀器電源(開關位置在儀器上面，靠近右後方位置)。
- 1.3 打開電腦電源，進入Windows畫面(以 win98 為例)。
- 1.4 進入 UV WinLab 儀器控制軟體。
- 1.5 等待儀器自我測試及自我校正動作完成後，即可開始操作。
- 1.6 進行實驗以前，應先開機暖燈至少15分鐘，使燈源更穩定。

2. 啟動及結束 UV WinLab軟體

以Win98為例，用滑鼠選取[開始]→[程式集]→[PerkinElmer Applications]→[Lambda 900]，即可啟動UV WinLab軟體。

3. Method 的設定與執行

在UV WinLab軟體中，可以將不同的量測條件儲存成不同名字的Method，但同一時間只能有一個Method在執行。

4. Scan(圖譜掃描)參數說明

圖譜掃描的量測，須指定掃描的範圍，以儀器的特性來說，其掃描的方式是由最大波長掃描到小波長(nm)，設定分述如下：

4.1 Scan. 頁設定

- (a) Abscissa mode：直接由滑鼠選擇橫軸座標單位。
- (b) Abscissa start：輸入掃描範圍的起始波長。
- (c) Abscissa end：輸入掃描範圍的結束波長。
- (d) Number of cycles：設定每一個試件需要重覆測量幾次。
- (e) Cycle time：設定每一個Cycle的間隔時間。此項目必須在Number of cycles之項目的數值大於一小時之情形下才會出現。

4.2 Inst. 掃描條件設定

- (a) Ordinate Mode：選擇縱軸座標單位。

- (b) Baseline Filename：輸入儲存基線的檔案名稱。
- (c) Include 0 %：設定基線掃描是否包含0 %，目前均勻選設定。
- (d) Data Interval：輸入資料點的取樣間隔。
- (e) Standard Mode：選擇此項，則掃描內容是以標準格式來輸入，目前量測設定此模式。
- (f) Expert Mode：選擇此項，則掃描內容是以專家格式來輸入，儀器廠商校驗時，選取此模式。
- (g) Integration Time (sec)：輸入每一點的積分時間。
- (h) Scan Speed (nm/min)：顯示設定的掃描速度，此欄位元無法直接輸入，而是由積分時間與取樣間隔計算而來。
- (i) Slit Mode：由軟體自行設定。
- (j) Slit (nm)：設定狹縫寬度。
- (k) Gain：設定信號放大倍數。
- (6) Inst. 光學系統設定

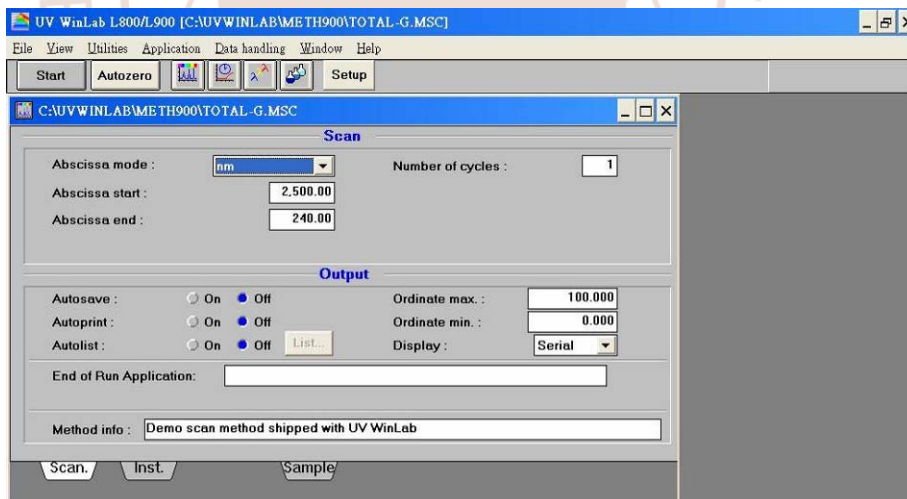


圖 3-1.6 Inst 條件設定畫面

5. Lamps 燈源選擇及設定：

- (a) 設定燈源時，請按下[Lamps]按鈕，隨即會出現讓使用者選擇及設定燈源的使用條件。
- (b) Lamp change：設定燈源的換位置，從300 nm到350 nm，使用者可

以自行設定燈源的切換位置，在設定波長以下是使用UV紫外燈，在設定波長以上是使用VIS可見光燈，目前內設值為319.2nm。

(c) Lamp VIS：設定可見光燈是打開，設定勾選打開。

(d) Lamp UV：設定紫外光燈是否打開，設定勾選打開。

(e) 設定完成後，按下[OK]確認輸入資料，或按下[Cancel]取消設定。

6. Monochromator光柵設定：

(a) 在Lambda 900的設定中，有兩組光柵可以使用，第一組是用在UV/VIS(紫外光/可見光)範圍，另一組則是用在NIR(近紅外光)範圍。

(b) Grating change：設定光柵的切換波長。使用者可以自行設定700nm到900nm內的任何一點為切換位置，目前內設值為860.8nm，應與Detectors設定相同。

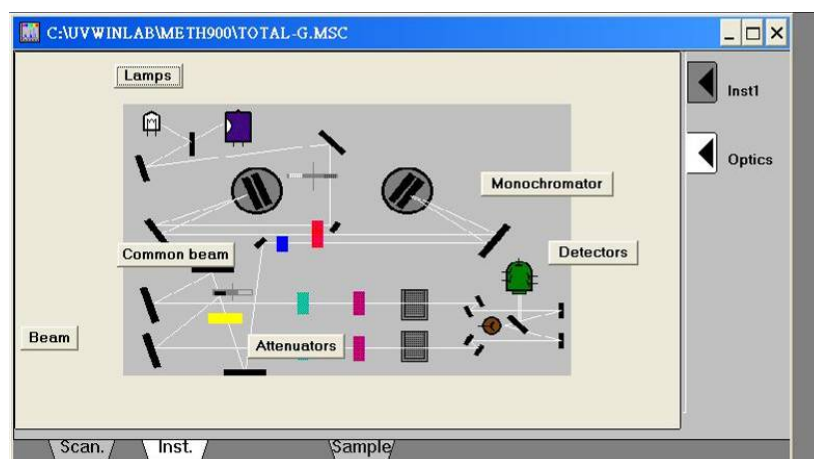
(c) 設定完成後，按下[OK]確認輸入資料，或按下[Cancel]取消設定。

7. Beam 選擇試件擺放位置：

Lambda 900的光徑，可以讓使用者自行決定，靠近外側放置試件，或是靠近內側放置試件，量測玻璃時選取外側。

8. Detectors偵測器設定：

(a) 偵測器部份與光柵部份類似，提供兩組偵測器用於UV/VIS部份及NIR部份。Detector change：設定Detector的的切換波長。在切換波長以下是使用PMT Detector，而在切換波長以上則是使用PbS Detector。目前切換位置的內定值為860.8nm。



9. Sample頁設定

圖 3-1.7 儀器 Lamps 等設定畫面

- (a)這一頁是設定量測後的儲存檔名。
- (b)Result Filename：設定文字資料的儲存檔名。
- (c)Calculation factor：選擇試件的計算方式。隨著選擇的不同，會在下方出現不同的欄位，用以換算回原始數據。
- (d)Number of samples：共有幾個試件的計算方式。當測試的試件不只一個時，軟體會提示使用者放入相對應的樣品，再開始進行量測。
- (e)NO. 欄：顯示待測試件的列號，其列數會配合Number of samples增減。
- (f)Sample欄：圖譜的儲存檔名。
- (g)Factor欄：換算參數。
- (h)Sample Info欄：可以輸入有關試件的說明。
- (i)Fill down按鈕：當使用者選取一整行的欄位時，按下此鈕，可以使用第一列的資料，填入以下各列的欄位中，以節省輸入時間。

9. 執行圖譜掃描

光譜儀設定完成後，按下[Start]按鈕，開始進行量測。

10. 透射率與反射率之計算：

將經由分光光譜儀所量測到的各波長之光譜數據後，依序代入本章節前述整理公式，即可計算相關數據。

11. 注意事項

- (a)儀器上方應避免放置液態物品，以避免不甚打翻而流入儀器內部，進而造成光學系統污染或電路短路等情形。
- (b)試件量測完成後應立刻取出，不應留置於儀器中。
- (c)光譜儀為電子儀器設備，在儀器上方靠近後面的位置有一排散熱孔，應注意不要被任何雜物擋住，以避免散熱不良造成儀器過熱。

- (d)儀器關機後到下一次開機前，應間隔三十秒以上，以避免造成電源供應器損壞。
- (e)關閉儀器電源前必須確認儀器已經完全停止動作。
- (f)不要以肉眼去看UV燈，因為UV燈的紫外線強度非常高，若長時間照射會對眼睛造成傷害。
- (g)更換燈源時應注意高溫，以免造成燙傷。
- (h)積分球與其白片為鐵弗製品，僅可以高壓空氣加以清潔，不可以任何接觸方式清潔。
- (i)除了每年請原廠進行年度保養校正外，實驗室每半年或有需要將使用現有參考物質（追溯NIST）查核儀器之性能。



3-1.8 參考物質查核透射率、波長位置



參考物質查核反射率

表3-1.1可見光波長 $D_{\lambda} \cdot V_{\lambda}$ 分佈對照表

	CNS	JIS	ISO	DIN
波長 (nm)	$D_{\lambda} \cdot V_{\lambda}$	$D_{\lambda} \cdot V_{\lambda}$	$D_{\lambda} \cdot V_{\lambda}$	$D_{\lambda} \cdot V_{\lambda}$
380	0	0	0	0
390	0.01	0.01	0.0005	0.0005
400	0.03	0.03	0.003	0.003
410	0.11	0.11	0.0103	0.0103
420	0.37	0.37	0.0352	0.0352
430	1.01	1.01	0.0948	0.0948
440	2.41	2.41	0.2274	0.2274
450	4.45	4.45	0.4192	0.4192
460	7.07	7.07	0.6663	0.6663
470	10.45	10.45	0.985	0.985
480	16.12	16.12	1.5189	1.5189
490	22.63	22.63	2.1336	2.1336
500	35.32	35.32	3.3491	3.3491
510	54.22	54.22	5.1393	5.1393
520	74.4	74.4	7.0523	7.0523
530	92.83	92.83	8.799	8.799
540	99.61	99.61	9.4427	9.4427
550	103.52	103.52	9.8077	9.8077
560	99.5	99.5	9.4306	9.4306
570	91.71	91.71	8.6891	8.6891
580	83.34	83.34	7.8994	7.8994
590	67.14	67.14	6.3306	6.3306
600	56.8	56.8	5.3542	5.3542
610	45.07	45.07	4.2491	4.2491
620	33.41	33.41	3.1502	3.1502
630	22.07	22.07	2.0812	2.0812
640	14.65	14.65	1.381	1.381
650	8.56	8.56	0.807	0.807
660	4.89	4.89	0.4612	0.4612
670	2.63	2.63	0.2485	0.2485
680	1.33	1.33	0.1255	0.1255
690	0.57	0.57	0.0536	0.0536
700	0.29	0.29	0.0276	0.0276
710	0.16	0.16	0.0146	0.0146
720	0.06	0.06	0.0057	0.0057
730	0.04	0.04	0.0035	0.0035
740	0.02	0.02	0.0021	0.0021
750	0.01	0.01	0.0008	0.0008
760	0	0	0.0001	0.0001
770	0	0	0	0
780	0	0	0	0

表3-1.2 D65相對光譜能量

波長(nm)	光譜能量	波長(nm)	光譜能量	波長(nm)	光譜能量
300	0.034100	465	116.336000	630	83.288600
305	1.664300	470	114.861000	635	83.493900
310	3.294500	475	115.392000	640	83.699200
315	11.765200	480	115.923000	645	81.863000
320	20.236000	485	112.367000	650	80.026800
325	28.644700	490	108.811000	655	80.120700
330	37.053500	495	109.082000	660	80.214600
335	38.501100	500	109.354000	665	81.246200
340	39.948800	505	108.578000	670	82.277800
345	42.430200	510	107.802000	675	80.281000
350	44.911700	515	106.296000	680	78.284200
355	45.775000	520	104.790000	685	74.002700
360	46.638300	525	106.239000	690	69.721300
365	49.363700	530	107.689000	695	70.665200
370	52.089100	535	106.047000	700	71.609100
375	51.032300	540	104.405000	705	72.979000
380	49.975500	545	104.225000	710	74.349000
385	52.311800	550	104.046000	715	67.976500
390	54.648200	555	102.023000	720	61.604000
395	68.701500	560	100.000000	725	65.744800
400	82.754900	565	98.167100	730	69.885600
405	87.120400	570	96.334200	735	72.486300
410	91.486000	575	96.061100	740	75.087000
415	92.458900	580	95.788000	745	69.339800
420	93.431800	585	92.236800	750	63.592700
425	90.057000	590	88.685600	755	55.005400
430	86.682300	595	89.345900	760	46.418200
435	95.773600	600	90.006200	765	56.611800
440	104.865000	605	89.802600	770	66.805400
445	110.936000	610	89.599100	775	65.094100
450	117.008000	615	88.648900	780	63.382800
455	117.410000	620	87.698700		
460	117.812000	625	85.493600		

表 3-1.3 CIE1931-XYZ 光譜之三刺激值及對應色座標

波長(nm)	$\bar{x}(\lambda)$	$\bar{y}(\lambda)$	$\bar{z}(\lambda)$	x	y
380	0.001368	0.000039	0.006450	0.174110	0.004960
385	0.002236	0.000064	0.010550	0.174010	0.004980
390	0.004243	0.000120	0.020050	0.173800	0.004920
395	0.007650	0.000217	0.036210	0.173560	0.004920
400	0.014310	0.000396	0.067850	0.173340	0.004800
405	0.023190	0.000640	0.110200	0.173020	0.004780
410	0.043510	0.001210	0.207400	0.172580	0.004800
415	0.077630	0.002180	0.371300	0.172090	0.004830
420	0.134380	0.004000	0.645600	0.171410	0.005100
425	0.214770	0.007300	1.039050	0.170300	0.005790
430	0.283900	0.011600	1.385600	0.168880	0.006900
435	0.328500	0.016840	1.622960	0.166900	0.008560
440	0.348280	0.023000	1.747060	0.164410	0.010860
445	0.348060	0.029800	1.782600	0.161100	0.013790
450	0.336200	0.038000	1.772110	0.156640	0.017700
455	0.318700	0.048000	1.744100	0.150990	0.022740
460	0.290800	0.060000	1.669200	0.143960	0.029700
465	0.251100	0.073900	1.528100	0.135500	0.039880
470	0.195360	0.090980	1.287640	0.124120	0.057800
475	0.142100	0.112600	1.041900	0.109590	0.086840
480	0.095640	0.139020	0.812950	0.091290	0.132700
485	0.057950	0.169300	0.616200	0.068710	0.200720
490	0.032010	0.208020	0.465180	0.045390	0.294980
495	0.014700	0.258600	0.353300	0.023460	0.412700
500	0.004900	0.323000	0.272000	0.008170	0.538420
505	0.002400	0.407300	0.212300	0.003860	0.654820
510	0.009300	0.503000	0.158200	0.013870	0.750190
515	0.029100	0.608200	0.111700	0.038850	0.812020
515	0.029100	0.608200	0.111700	0.038850	0.812020
520	0.063270	0.710000	0.078250	0.074300	0.833800
525	0.109600	0.793200	0.057250	0.114160	0.826210
530	0.165500	0.862000	0.042160	0.154720	0.805860
535	0.225750	0.914850	0.029840	0.192880	0.781630

波長(nm)	$\bar{x}(\lambda)$	$\bar{y}(\lambda)$	$\bar{z}(\lambda)$	x	y
540	0.290400	0.954000	0.020300	0.229620	0.754330
545	0.359700	0.980300	0.013400	0.265780	0.724320
550	0.433450	0.994950	0.008750	0.301600	0.692310
555	0.512050	1.000000	0.005750	0.337360	0.658850
560	0.594500	0.995000	0.003900	0.373100	0.624450
565	0.678400	0.978600	0.002750	0.408740	0.589610
570	0.762100	0.952000	0.002100	0.444060	0.554710
575	0.842500	0.915400	0.001800	0.478770	0.520200
580	0.916300	0.870000	0.001650	0.512490	0.486590
585	0.978600	0.816300	0.001400	0.544790	0.454430
590	1.026300	0.757000	0.001100	0.575150	0.424230
595	1.056700	0.694900	0.001000	0.602930	0.396500
600	1.062200	0.631000	0.000800	0.627040	0.372490
605	1.045600	0.566800	0.000600	0.648230	0.351390
610	1.002600	0.503000	0.000340	0.665760	0.334010
615	0.938400	0.441200	0.000240	0.680080	0.319750
620	0.854450	0.381000	0.000190	0.691500	0.308340
625	0.751400	0.321000	0.000100	0.700610	0.299300
630	0.642400	0.265000	0.000050	0.707920	0.292030
635	0.541900	0.217000	0.000030	0.714030	0.285930
640	0.447900	0.175000	0.000020	0.719030	0.280930
645	0.360800	0.138200	0.000010	0.723030	0.276950
650	0.283500	0.107000	0.000000	0.725990	0.274010
655	0.218700	0.081600	0.000000	0.728270	0.271730
660	0.164900	0.061000	0.000000	0.729970	0.270030
665	0.121200	0.044580	0.000000	0.731090	0.268910
670	0.087400	0.032000	0.000000	0.731990	0.268010
675	0.063600	0.023200	0.000000	0.732720	0.267280
680	0.046770	0.017000	0.000000	0.733420	0.266580
685	0.032900	0.011920	0.000000	0.734050	0.265950
690	0.022700	0.008210	0.000000	0.734390	0.265610
695	0.015840	0.005723	0.000000	0.734590	0.265410
700	0.011359	0.004102	0.000000	0.734690	0.265310

波長(nm)	$\bar{x}(\lambda)$	$\bar{y}(\lambda)$	$\bar{z}(\lambda)$	x	y
705	0.008111	0.002929	0.000000	0.734690	0.265310
710	0.005790	0.002091	0.000000	0.734690	0.265310
715	0.004109	0.001484	0.000000	0.734690	0.265310
720	0.002899	0.001047	0.000000	0.734690	0.265310
725	0.002049	0.000740	0.000000	0.734690	0.265310
730	0.001440	0.000520	0.000000	0.734690	0.265310
735	0.001000	0.000361	0.000000	0.734690	0.265310
740	0.000690	0.000249	0.000000	0.734690	0.265310
745	0.000476	0.000172	0.000000	0.734690	0.265310
750	0.000332	0.000120	0.000000	0.734690	0.265310
755	0.000235	0.000085	0.000000	0.734690	0.265310
760	0.000166	0.000060	0.000000	0.734690	0.265310
765	0.000117	0.000042	0.000000	0.734690	0.265310
770	0.000083	0.000030	0.000000	0.734690	0.265310
775	0.000059	0.000021	0.000000	0.734690	0.265310
780	0.000042	0.000015	0.000000	0.734690	0.265310
總和	21.371524	21.371327	21.371540		

表3-1.4 8 種彩度中等的標準色樣反射率

波長(nm)	REF01	REF02	REF 03	REF 04	REF 05	REF 06	REF 07	REF 08
360	0.116	0.053	0.058	0.057	0.143	0.079	0.150	0.075
365	0.136	0.055	0.059	0.059	0.187	0.081	0.177	0.078
370	0.159	0.059	0.061	0.062	0.233	0.089	0.218	0.084
375	0.190	0.064	0.063	0.067	0.269	0.113	0.293	0.090
380	0.219	0.070	0.065	0.074	0.295	0.151	0.378	0.104
385	0.239	0.079	0.068	0.083	0.306	0.203	0.459	0.129
390	0.252	0.089	0.070	0.093	0.310	0.265	0.524	0.170
395	0.256	0.101	0.072	0.105	0.312	0.339	0.546	0.240
400	0.256	0.111	0.073	0.116	0.313	0.410	0.551	0.319
405	0.254	0.116	0.073	0.121	0.315	0.464	0.555	0.416
410	0.252	0.118	0.074	0.124	0.319	0.492	0.559	0.462
415	0.248	0.120	0.074	0.126	0.322	0.508	0.560	0.482
420	0.244	0.121	0.074	0.128	0.326	0.517	0.561	0.490
425	0.240	0.122	0.073	0.131	0.330	0.524	0.558	0.488
430	0.237	0.122	0.073	0.135	0.334	0.531	0.556	0.482
435	0.232	0.122	0.073	0.139	0.339	0.538	0.551	0.473
440	0.230	0.123	0.073	0.144	0.346	0.544	0.544	0.462
445	0.226	0.124	0.073	0.151	0.352	0.551	0.535	0.450
450	0.225	0.127	0.074	0.161	0.360	0.556	0.522	0.439
455	0.222	0.128	0.075	0.172	0.369	0.556	0.506	0.426
460	0.220	0.131	0.077	0.186	0.381	0.554	0.488	0.413
465	0.218	0.134	0.080	0.205	0.394	0.549	0.469	0.397
470	0.216	0.138	0.085	0.229	0.403	0.541	0.448	0.382
475	0.214	0.143	0.094	0.254	0.410	0.531	0.429	0.366
480	0.214	0.150	0.109	0.281	0.415	0.519	0.408	0.352
485	0.214	0.159	0.126	0.308	0.418	0.504	0.385	0.337
490	0.216	0.174	0.148	0.332	0.419	0.488	0.363	0.325
495	0.218	0.190	0.172	0.352	0.417	0.469	0.341	0.310
500	0.223	0.207	0.198	0.370	0.413	0.450	0.324	0.299
505	0.225	0.225	0.221	0.383	0.409	0.431	0.311	0.289
510	0.226	0.242	0.241	0.390	0.403	0.414	0.301	0.283
515	0.226	0.253	0.260	0.394	0.396	0.395	0.291	0.276
520	0.225	0.260	0.278	0.395	0.389	0.377	0.283	0.270

波長(nm)	REF01	REF02	REF 03	REF 04	REF 05	REF 06	REF 07	REF 08
525	0.225	0.264	0.302	0.392	0.381	0.358	0.273	0.262
530	0.227	0.267	0.339	0.385	0.372	0.341	0.265	0.256
535	0.230	0.269	0.370	0.377	0.363	0.325	0.260	0.251
540	0.236	0.272	0.392	0.367	0.353	0.309	0.257	0.250
545	0.245	0.276	0.399	0.354	0.342	0.293	0.257	0.251
550	0.253	0.282	0.400	0.341	0.331	0.279	0.259	0.254
555	0.262	0.289	0.393	0.327	0.320	0.265	0.260	0.258
560	0.272	0.299	0.380	0.312	0.308	0.253	0.260	0.264
565	0.283	0.309	0.365	0.296	0.296	0.241	0.258	0.269
570	0.298	0.322	0.349	0.280	0.284	0.234	0.256	0.272
575	0.318	0.329	0.332	0.263	0.271	0.227	0.254	0.274
580	0.341	0.335	0.315	0.247	0.260	0.225	0.254	0.278
585	0.367	0.339	0.299	0.229	0.247	0.222	0.259	0.284
590	0.390	0.341	0.285	0.214	0.232	0.221	0.270	0.295
595	0.409	0.341	0.272	0.198	0.220	0.220	0.284	0.316
600	0.424	0.342	0.264	0.185	0.210	0.220	0.302	0.348
605	0.435	0.342	0.257	0.175	0.200	0.220	0.324	0.384
610	0.442	0.342	0.252	0.169	0.194	0.220	0.344	0.434
615	0.448	0.341	0.247	0.164	0.189	0.220	0.362	0.482
620	0.450	0.341	0.241	0.160	0.185	0.223	0.377	0.528
625	0.451	0.339	0.235	0.156	0.183	0.227	0.389	0.568
630	0.451	0.339	0.229	0.154	0.180	0.233	0.400	0.604
635	0.451	0.338	0.224	0.152	0.177	0.239	0.410	0.629
640	0.451	0.338	0.220	0.151	0.176	0.244	0.420	0.648
645	0.451	0.337	0.217	0.149	0.175	0.251	0.429	0.663
650	0.450	0.336	0.216	0.148	0.175	0.258	0.438	0.676
655	0.450	0.335	0.216	0.148	0.175	0.263	0.445	0.685
660	0.451	0.334	0.219	0.148	0.175	0.268	0.452	0.693
665	0.451	0.332	0.224	0.149	0.177	0.273	0.457	0.700
670	0.453	0.332	0.230	0.151	0.180	0.278	0.462	0.705
675	0.454	0.331	0.238	0.154	0.183	0.281	0.466	0.709
680	0.455	0.331	0.251	0.158	0.186	0.283	0.468	0.712
685	0.457	0.330	0.269	0.162	0.189	0.286	0.470	0.715
690	0.458	0.329	0.288	0.165	0.192	0.291	0.473	0.717

波長(nm)	REF01	REF02	REF 03	REF 04	REF 05	REF 06	REF 07	REF 08
695	0.460	0.328	0.312	0.168	0.195	0.296	0.477	0.719
700	0.462	0.328	0.340	0.170	0.199	0.302	0.483	0.721
705	0.463	0.327	0.366	0.171	0.200	0.313	0.489	0.720
710	0.464	0.326	0.390	0.170	0.199	0.325	0.496	0.719
715	0.465	0.325	0.412	0.168	0.198	0.338	0.503	0.722
720	0.466	0.324	0.431	0.166	0.196	0.351	0.511	0.725
725	0.466	0.324	0.447	0.164	0.195	0.364	0.518	0.727
730	0.466	0.324	0.460	0.164	0.195	0.376	0.525	0.729
735	0.466	0.323	0.472	0.165	0.196	0.389	0.532	0.730
740	0.467	0.322	0.481	0.168	0.197	0.401	0.539	0.730
745	0.467	0.321	0.488	0.172	0.200	0.413	0.546	0.730
750	0.467	0.320	0.493	0.177	0.203	0.425	0.553	0.730
755	0.467	0.318	0.497	0.181	0.205	0.436	0.559	0.730
760	0.467	0.316	0.500	0.185	0.208	0.447	0.565	0.730
765	0.467	0.315	0.502	0.189	0.212	0.458	0.570	0.730
770	0.467	0.315	0.505	0.192	0.215	0.469	0.575	0.730
775	0.467	0.314	0.510	0.194	0.217	0.477	0.578	0.730
780	0.467	0.314	0.516	0.197	0.219	0.485	0.581	0.730
785	0.467	0.313	0.520	0.200	0.222	0.493	0.583	0.730
790	0.467	0.313	0.524	0.204	0.226	0.500	0.585	0.731
795	0.466	0.312	0.527	0.210	0.231	0.506	0.587	0.731
800	0.466	0.312	0.531	0.218	0.237	0.512	0.588	0.731
805	0.466	0.311	0.535	0.225	0.243	0.517	0.589	0.731
810	0.466	0.311	0.539	0.233	0.249	0.521	0.590	0.731
815	0.466	0.311	0.544	0.243	0.257	0.525	0.590	0.731
820	0.465	0.311	0.548	0.254	0.265	0.529	0.590	0.731
825	0.464	0.311	0.552	0.264	0.273	0.532	0.591	0.731
830	0.464	0.310	0.555	0.274	0.280	0.535	0.592	0.731

表3-1.5 紫外線及Skin damage factor波長分佈對照表

波長 (nm)	$E_{\lambda} \Delta\lambda$	$S_{\lambda} \Delta\lambda$
300	0	0
305	0.168176	0.001859
310	0.230555	0.007665
315	0.187429	0.017961
320	0.102699	0.029732
325	0.050895	0.042466
330	0.034134	0.062108
335	0.030432	0.065462
340	0.027729	0.07102
345	0.024094	0.073326
350	0.02193	0.07933
355	0.019298	0.082894
360	0.017028	0.084039
365	0.016157	0.097963
370	0.015108	0.108987
375	0.013298	0.113837
380	0.011471	0.058351
390	0.00944	
395	0.008009	
400	0.008165	

第二節 非平板節能玻璃光學性質量測

目前特殊非平板玻璃（如玻璃磚、網狀玻璃等）在光學性質量測部分，並無國際標準可供參考，本研究利用標準譜線燈光譜能量與穿透非平板玻璃能量分佈，比對計算可見光透射率，採用設備及軟體包括GS1252分光光譜儀、GS1250分光光譜儀、RS-10B標準燈（追溯NIST）、Light Touch光學分析軟體，等詳細說明如下：

一、GS1252分光光譜儀規格：

（一）量測項目：光源光譜量測

（二）分光光譜儀規格：

	GS1250 分光光譜儀	GS1252 分光光譜儀
Pixel elements	1024	1024
Spectral range	200~550nm	300~1100nm
Reciprocal dispersion	0.34nm/element	0.92nm/element
Spectral resolution	5nm(0.41nm)	10nm(0.28nm)
Slit(resolution)	2.5nm(0.21nm)	5nm(0.14nm)
Wavelength repeatability	0.02 nm	0.03nm
Wavelength accuracy	小於 1nm	小於 1nm
Detector cooling range	20°C~-5°C	20°C~-5°C

（三）試驗程式：

1. 光譜儀校正程式

- a. 將光譜儀擺放與標準燈源間距25cm，並點燈15分鐘以上，以達光源穩定，將光譜儀及標準燈源蓋上一塊不透光光學布或將光譜儀移至暗室（Dark room：如配光曲線實驗室內），防止環境因素干擾。如圖3-2.1所示。



圖 3-2.1 光譜儀校正

- b. 開啟Light Touch 軟體，點選Front Panel按鈕，完成相關設定後，點選WorkSpac之Calibrate按鈕，並download標準燈（RS-10B）之校正檔案，作光譜儀校正，完成後再點選Workspace之Measure按鈕，進行標準燈光譜量測，並將所測結果值與校正報告比對，如圖3-2.2所示。

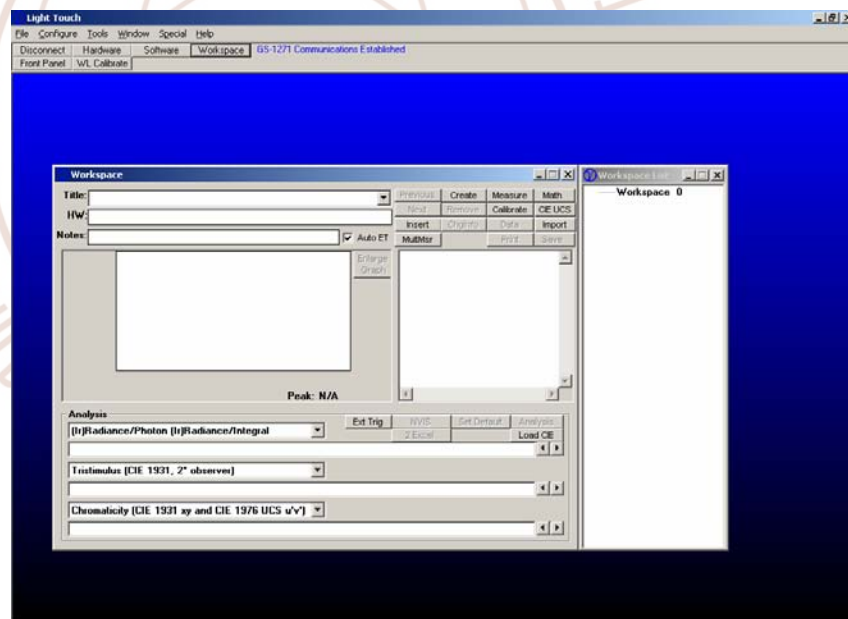


圖 3-2.3 光譜儀校正電腦畫面

2. 非平板節能玻璃穿透率量測

- a. 完成光譜儀校正及標準燈安裝後，將非平板節能玻璃緊貼標準燈發光面並置於光譜前，開啟Light Touch軟體，點選HardWare按鈕，根據使用的Detector型號選擇相對應的Model，及光譜儀Slit Size，

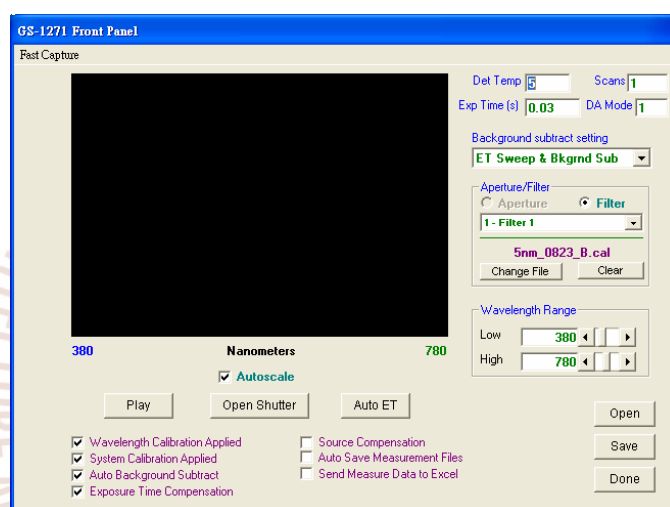
來設定參數。

- b. 完成光譜儀參數設定後，點選Workspace之Measure按鈕開始量測通過玻璃之光譜分佈，如圖3-2.3所示。
- c. 利用3-21式計算可見光穿透率。

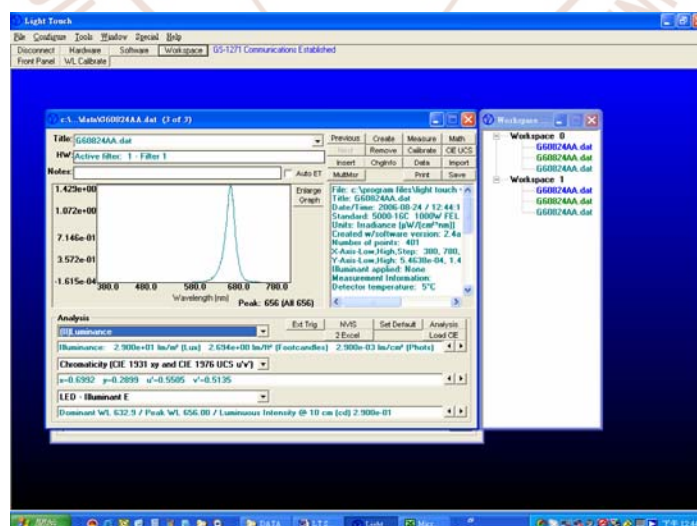
$$\%T_{\lambda} = S_{\lambda} / R_{\lambda} \times 100\% \quad (3-21)$$

S_{λ} ：分光光譜儀量測標準燈通過玻璃各波長頻譜感應

R_{λ} ：分光光譜儀量測標準燈各波長頻譜感應



1. 光譜儀軟體設定電腦畫面



2. 光譜儀量測電腦畫面

圖3-2.4光譜儀設定及量測電腦畫面

第三節 節能玻璃之綠建材標章限制物質探討

為降低玻璃表面輻射率，並提高了玻璃的光譜選擇性，市售節能玻璃產品常會直接塗覆銀、鈦、鋁、或鎳等金屬或蒸鍍在膠膜上，形成金屬或金屬氧化物塗層，本研究將利用ED-XRF量測技術、OXFORD原廠內建方法進行玻璃所含成分之定性半定量分析、TCLP溶出技術及立體顯微鏡觀察探討是否含有綠建材標章一般通則限制物質，並建立實驗室相關操作程序，俾供運用。

一、綠建材標章一般通則限制物質：

綠建材通則的制定是本所召開各領域之專家會議後彙整共同意見，將四大類（生態、健康、高性能、再生）評估項目中最基礎的要求獨立成為通則部分，其主要的管制意義與目的包括：

- （一）綠建材是對環境無害的建材：應確保綠建材標章產品於生命週期各階段中不會造成環境衝擊。
- （二）綠建材的規格標準：品質應符合法規及一般功能性要求。
- （三）綠建材是對人體無毒的建材：確保對人體不會造成健康的危害。

通則一般要求分為：

- （一）綠建材應於原料取得、生產製造、成品運輸及使用等階段不致造成重大污染，及增加溫室氣體排放、破壞臭氧層物質，及各種導致環境衝擊之行為。
- （二）綠建材之產品功能應符合既定之國家標準者，若無國家標準者應另聲明其所具有之規格標準。
- （三）綠建材之品質及安全性應符合相關法規規定。

一般通則限制物質：

建材限制性物質評估，將公定有毒之化合物含量限制，對環境及人

體有危害之化合物（指標污染物），依材料之種類，擬定相關評估指標，於建材之定性評估中加以分析、禁用，以確保建築室內空間及地球環境之健康安全。評估項目包括：

- （一）非金屬材料任一部份之重金屬成份，依據「事業廢棄物毒性特性溶出程序（TCLP）」檢出值不得超過表3-3.1之規定。

表 3-3.1 非金屬材料任一部份之重金屬成份檢出值標準表

成份	檢出值標準(mg/L)
總汞(T-Hg)	0.005
總鎘(Cd)	0.3
鉛(Pb)	0.3
砷(As)	0.3
六價鉻(Cr^{+6})	1.5
總銀(Ag)	0.05

- （二）不得含有石棉成份。
- （三）不得含有放射線【加馬等效劑量在0.2微西弗/小時以下（包括宇宙射線劑量）】。
- （四）不得含有行政院環境保護署公告之毒性化學物質。
- （五）不得含有無機鹵化物及其他蒙特婁公約管制化學品。

二、玻璃可能化學成分：

普通玻璃主要是非晶的二氧化矽(SiO_2)，製造玻璃時通常會加入碳酸鈉(Na_2CO_3)、碳酸鉀(K_2CO_3)及氧化鈣(CaO)等化合物。對可見光透明是玻璃最大的特點，因為製造時加進了碳酸鈉，所以對波長短於400奈米的紫外線並不透明。

在玻璃中加入各種金屬和金屬氧化物亦可以改變玻璃的顏色。例如少量錳可以改變玻璃內因鐵造成的淡綠色。多一點錳則可以造

成淡紫色的玻璃。硒亦有類似的效果。少量鈷可以造成藍色的玻璃。錫的氧化物及砷氧化物可造成不透明的白色玻璃。銅的氧化物會造成青綠色的玻璃。鎳可以造成藍色、深紫色、甚至是黑色的玻璃。鈦則可以造成棕黃色。銀化合物可以造成橙色至黃色的玻璃。改變玻璃的溫度亦會改變這些化合物造成的顏色，而節能玻璃產品常見直接塗覆銀、鈦、鋁、或鎳等金屬或蒸鍍在膠膜上，形成金屬或金屬氧化物塗層。

三、XRF 重金屬成分分析

(一) XRF 量測原理：

XRF 是 X-ray fluorescence 的簡稱，其分析原理乃是利用 X-光射源照射樣品表面，使輸入能量驅逐原子中電子軌域上電子造成空位，藉由外層軌域電子移入補充而以二次 X-光型式釋放出多餘位能(特性 X 光)。由於元素種類和含量不同而有不同的波長 X 光射線的特性與強度，偵測此 X-光特性光譜是否出現，達到定性分析目的；並可比對該波長光譜強度，進行定量計算，如圖 3-3.1 所示。

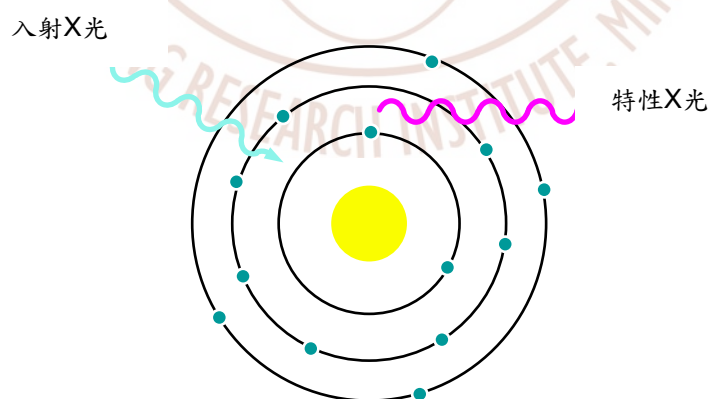


圖 3-3.1 XRF 照射含氟(F)元素樣品

(二) OXFORD ED2000儀器規格說明：

1. 可分析元素範圍：Na11~U92

2. 濃度範圍：PPM 到 100%
3. X-ray激發源：可調式X-ray 4~50kV，1~1000 μ A（最大50Watts），穩定度(stability)<0.2%（在8hrs的週期內），銀(Ag)靶。
4. 解析度：小於140Ev
5. 同一樣品可被測元素的數量：至少50個元素（定量分析）、至少75個元素定性分析。
6. 樣品形式：固、液相、粉末、顆粒、薄紙、薄膜皆可
7. 濾片 (Filters)：自動程式控制的濾片共8塊

(三) ED-XRF特性：

ED-XRF 是一種很好快速篩選分析工具，可快速篩選出 Na11~U92 之元素，因此本研究採用 ED-XRF 及 OXFORD 原廠內建方法，來作為元素定性半定量分析工具，並搭配 AA（原子吸收光譜儀）進行元素全定量計算。



圖 3-3.2 XRF 光譜儀照片

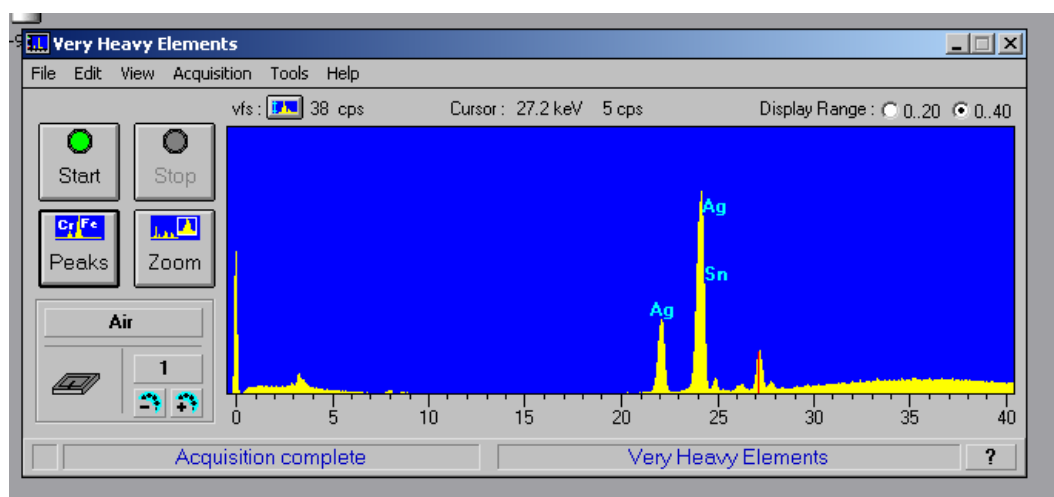


圖 3-3.3 XRF 光譜儀定性半定量分析畫面

四、石綿纖維觀察：

石綿(asbestos)是天然纖維狀水合矽酸鹽礦物的通稱，因具有耐高溫、抗張力、絕緣、耐酸、耐鹼、耐磨及耐候等物理與化學特性，在過去被工業界視為瑰寶，而廣泛應用在工業用途上，到目前為止至少仍有3000種以上的應用產品，如隔熱材料、不燃建材、防銹漆、及紡織業製造等，其特性及可能應用產品如表3-3.2所示。

表 3-3.2 石綿特性及可能應用產品

特 性	可能應用產品
一、不燃性：耐高溫	不燃建材、隔熱材料
二、抗張力：抗力强度高	石綿瓦
三、絕緣性：熱及電流不易傳導	電壓電磁消弧
四、耐候性：不易腐蝕變形、抗紫外線	石綿管、石綿浪板
五、親和性：表面積大	墊圈、墊片
六、耐磨耗性：柔軟、耐磨	煞車來令片
七、耐藥品性：不易受藥品、酸鹼侵蝕	防銹漆、塗覆

雖然石綿有上述特性，但在開採、加工、生產或使用過程中，容易分裂成非常細的纖維，並可長時間浮游於空氣中。

經由呼吸道進入人體的石綿會停留沉積在肺部，或在胸膜、隔膜間移動，長期吸入會導致石綿會導致呼吸困難、肺功能下降及石綿肺症（Asbestosis），更會在 10 年至 40 年後引致肺癌及間皮細胞瘤（Mesothelioma）等，故國際癌症研究中心(International Agency for Research on Cancer, IARC)在 1987 年將石綿分類為 1 group，確定對人類具致癌性，本所亦將不得含有「石綿」為綠建材標章評估基準項目之一，目前常見鑑定方法包括紅外線光譜分析法等 4 種，如表 3-3.3 所示，本研究採用立體、偏光顯微鏡觀察市售節能玻璃是否塗覆石綿纖維。

表 3-3.3 石綿鑑定方法

鑑定方法	優點	缺點
紅外線光譜分析法	1. 適合例行性高含量分析	1. 無法區別角閃石礦群石綿 2. 基質干擾嚴重 3. 靈敏度不高
XRD-繞射法 (NOISH 9000)	1. 具有光譜圖 2. 適合輔助鑑定	1. 無法區別纖維與非纖維 2. 無法區別角閃石礦群石綿 3. 基質干擾嚴重
穿透式電子顯微鏡 掃描式電子顯微鏡 (NOISH 7402)	1. 可以偵測小於 0.3 μm 纖維 2. 高靈敏度 3. 適合微量分析	1. 分析速度慢 2. 前處理耗時 3. 相近化合物會有干擾現象 4. 儀器昂貴
偏光顯微鏡法 (NIOSH 9002) (ASTM P236) (EPA 600) (NIEA R401.21T) (CNS 13970)	1. 一般性儀器 2. 可以完全分析石綿種類 3. 分析速度快 4. 靈敏度高 5. 可靠性高	1. 無法偵測小於 0.3 μm 纖維 2. 偵測極限 1%

第四節 紫外線曝曬加速老化實驗

根據 C. Decker (2004)[13]等研究發現太陽中紫外線會讓塗覆在玻璃物質或膠膜吸收值發生變化，進而影響節能玻璃採光品質，如圖 3-4.1 所示，本研究採用 QUV 耐候試驗機模擬陽光照射，參考 ASTM G154-06 方法進行市售 8 種節能玻璃實驗，儀器設備及操作步驟分述如下：

一、儀器規格說明：

1. 本研究使用之 QUV 耐候試驗機為一模擬室外氣候條件造成物件損壞程度之實驗設備，以 UV 光模擬太陽光對物體之破壞，以冷凝或噴水系統模擬雨水或濕氣影響，只需要幾天或幾周的時間，就可以再現戶外需要數月或數年所產生的破壞。其表面損壞現象包括開裂、脆化、光澤變化或氧化等。

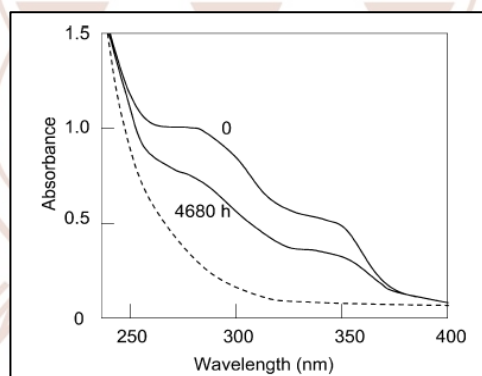


圖 3-4.1 吸收值（透光率）照射 4800hr 後發生改變 [13]



圖 3-4.2 QUV 耐候試驗機

2. 實驗步驟：

- 2.1 裁切實驗試件與實驗前準備
- 2.2 將試驗試件於儀器試件架
- 2.3 進行第一循環實驗量測
- 2.4 更換試件位置，重複步驟3繼續進行實驗。
- 2.5 重複步驟3~4，直到設定量測時間。

3. 注意事項：

- 3.1 QUV燈管會導致對眼睛傷害，若沒有UV護目鏡，請勿直視。
- 3.2 打開儀器移動樣品前，應關閉UV燈管。
- 3.3 勿使用一般燈管裝至QUV上。



第四章 相關實驗與解析

本章之內容依據前面章節整理之標準及實驗步驟進行市售常見玻璃（含平板非節能、廠商標稱節能玻璃）及玻璃磚等之節能效益、自然採光影響實驗分析，並建立所含化學成分資料庫，俾供參考。

第一節 玻璃對室內照明效果案例調查

一、實測案例(一)

為了解玻璃對室內自然採光效果，本研究以本所性能實驗中心（台南縣歸仁鄉）4樓走廊為案例對象，進行現場實測。

量測位置如圖 4-1.1 所示，正南向開窗，尺寸為 2.5*5.5m，其餘東、西、北向為不透光牆面等，量測位置依序為室外 4 樓露臺、緊鄰窗戶（室內側）、距離窗邊 1m、2m、3m、4m、5m、6m，量測高度距離樓板面 85cm，量測結果如表 4-1.1、圖 4-1.2 所示。

結果顯示離窗邊 5m 照度值仍可達到 500lx，滿足一般辦公室照明需求，室外照度值達到 80,000lx 以上（約中午時間），若建築物採用高反射（例如全反射玻璃反射率可高達 40% 以上）的玻璃對外界眩光光害影響不可忽視。

表4-1.1 玻璃自然採光效果（量測時間:97.12.01 上午11:00）

量測位置	照度值 (lx)	備註
室外	約80,000-90,000	4樓露臺(陽光直射處)
緊鄰窗戶	5,000	
離窗邊1m	2,500	
離窗邊2m	1,800	
離窗邊3m	1,200	
離窗邊4m	750	
離窗邊5m	500	
離窗邊6m	350	

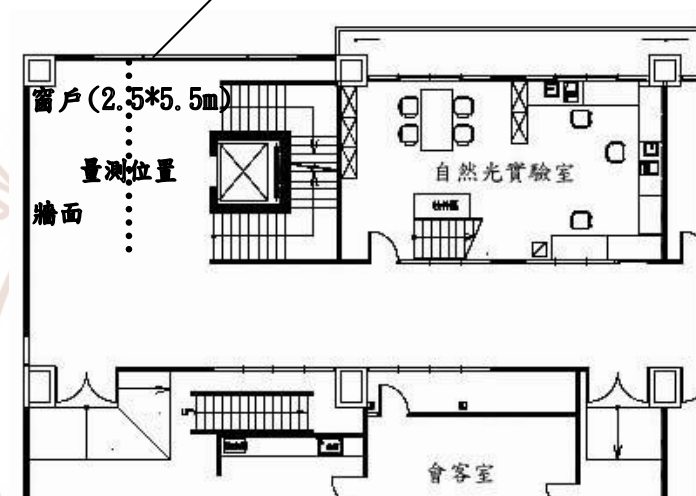


圖 4-1.1 量測位置 (資料來源:本研究整理)

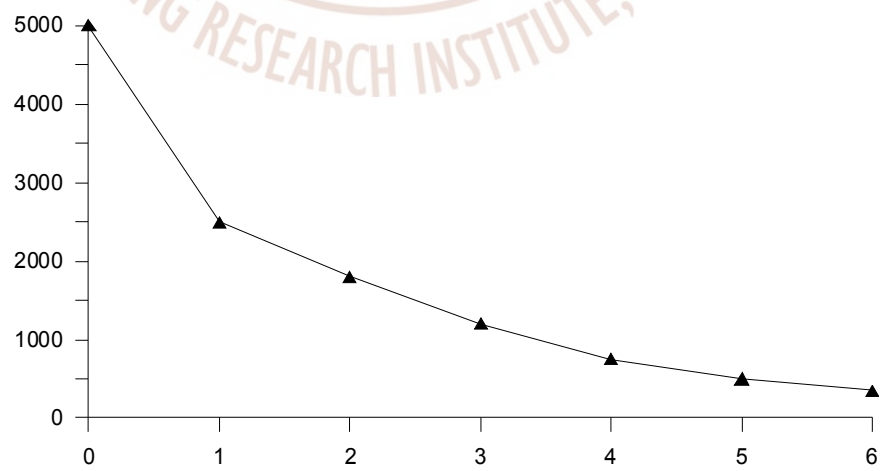


圖 4-1.2 玻璃自然採光量測結果 (資料來源:本研究整理)



圖 4-1.3 本研究採用照度計（資料來源:本研究整理）

二、實測案例(二)

另本研究為了解室內表面反射率與眩光關聯性，利用本中心配光曲線測定儀及Limes光學計算軟體，計算輕鋼架嵌入式燈具（發光尺寸:長1150mm、寬550mm）UGR值，結果如表2-3.3、圖2-3.6所示。

結果顯示牆面反射率越小，UGR 值越大。例如室指數 2H: 2H，天花板反射率 70%、牆面反射率 50%、地面反射率 20%，燈具長軸方向 UGR 值為 6.9；而天花板反射率 70%、牆面反射率 30%、地面反射率 20%，燈具長軸方向 UGR 值為 8.4，在短軸方向亦分別為 8.7 及 10.2。

主要原因是牆面反射率越小，燈具照射牆面產生之背景輝度值越小，與燈具產生之輝度差異較大，UGR 值反而變大。



燈具基本資料:

1. 輸入電源：電壓 220V、0.42A、94W
2. 燈具光輸出 5594Lm
3. 燈具尺寸:長 1200mm、寬 600mm、高 80mm
4. 光源：T5 28W*3

圖 4-1.4 本研究採用燈具

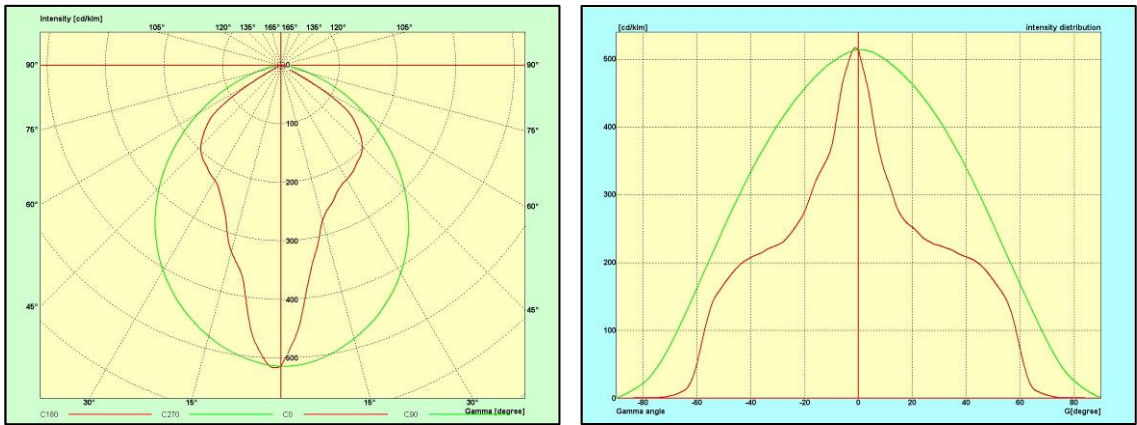


圖 4-1.5 本研究採用燈具之配光曲線圖（資料來源:本研究整理）

表4-1.2 UGR計算結果

天花板反射率		0.7	0.7	0.5	0.5	0.3	0.7	0.7	0.5	0.5	0.3
牆面反射率		0.5	0.3	0.5	0.3	0.3	0.5	0.3	0.5	0.3	0.3
地面反射率		0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
室指數		Viewed crosswise（長軸方向）					Viewed endwise（短軸方向）				
2H	2H	6.9	8.4	7.2	8.7	9	8.7	10.2	9.1	10.5	10.9
2H	3H	6.8	8.1	7.1	8.4	8.8	9.9	11.3	10.3	11.6	12
2H	4H	6.7	8	7.1	8.3	8.7	10.3	11.6	10.7	11.9	12.3
2H	6H	6.7	7.8	7.1	8.2	8.6	10.5	11.7	11	12.1	12.4
4H	2H	7.4	8.6	7.8	9	9.4	9	10.3	9.4	10.6	11
4H	3H	7.3	8.3	7.7	8.7	9.1	10.3	11.4	10.7	11.7	12.2
4H	4H	7.2	8.2	7.7	8.6	9	10.8	11.7	11.2	12.1	12.5
4H	6H	7.1	8	7.6	8.4	8.8	11	11.8	11.5	12.2	12.7

（資料來源:本研究整理）

第二節 非節能玻璃之光學與熱學性質探討

本研究搜集市售各種厚度、顏色之非節能玻璃、半（全）反射玻璃與玻璃磚進行相關實驗量測，表 4-2.1~4-2.4 為本研究整理之相關數據，由本實驗結果可歸納：

- (1) 單層玻璃 U 值約 $5.6 \sim 5.9 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ ，與玻璃種類、厚度、顏色相關性變化不大。
- (2) 單層非節能平板玻璃 SC 值約 $0.6 \sim 1.0$ ，半（全）反射玻璃約 $0.45 \sim 0.65$ 、單層非節能平板玻璃可見光反射率約 $6 \sim 9\%$ ，半（全）反射玻璃約 $16 \sim 40\%$ 。半（全）反射玻璃雖 SC 值較小，但反射率較一般平板玻璃高約 $4 \sim 5$ 倍，容易對外界產生眩光光害。
- (3) 日光照射清玻璃進入室內光線之色溫約 6500K 、深藍色玻璃約 8000K 、棕色玻璃約 5200K 、黃色玻璃約 4300K ，自然採光之顏色會受玻璃顏色影響，建議自然採光設計時應納入考量。
- (4) 12mm 壓花清玻璃（外）+ $56 \text{ AS}+12\text{mm}$ 壓花玻璃（內）可見光穿透率約 66% ，色溫約 6200K 。

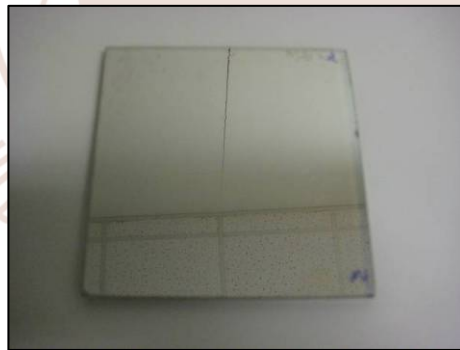


圖 4-2.1 半反射玻璃

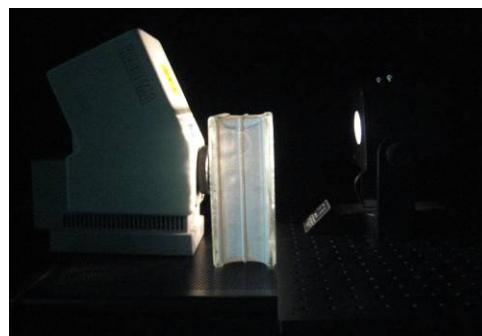


圖 4-2.2 玻璃磚量測照片（資料來源：本研究整理）

表 4-2.1 單層非節能平板玻璃之光學與熱學性質比較

試件	厚度	U 值	可見光 穿透率	可見光 反射率	SHGC	SC
清玻璃	3mm	5.90	90.0	7.5	0.87	1.0
	5mm	5.84	89.0	8	0.84	0.97
	6mm	5.80	88.5	8.9	0.82	0.95
	8mm	5.74	87.6	8.8	0.80	0.92
	10mm	5.67	86.1	8.6	0.77	0.88
棕色玻璃	6mm	5.81	49.3	6.4	0.62	0.72
	8mm	5.74	41.4	6.2	0.57	0.66
	10mm	5.67	36.0	5.3	0.53	0.61
綠色玻璃	5mm	5.84	74	6	0.62	0.71
	6mm	5.81	75	7.8	0.63	0.72
	8mm	5.74	69.3	7.3	0.55	0.64
	10mm	5.67	63	6.9	0.50	0.59
藍色玻璃	5mm	5.84	60	7	0.63	0.73
	6mm	5.81	55.2	6.7	0.60	0.70
	8mm	5.81	46	6	0.54	0.63
	10mm	5.67	38.7	5.6	0.50	0.58
粉紅色玻璃	6mm	5.81	70	7	0.77	0.89

(資料來源：本研究整理)

表 4-2.2 半(全)反射玻璃之光學與熱學性質比較

試件	厚度	U 值	可見光 穿透	可見光 反射	SHGC	SC
棕色玻璃	6mm	5.81	31	40	0.49	0.57
	8mm	5.74	30	38	0.49	0.56
	10mm	5.67	29	36	0.55	0.64
綠色玻璃	6mm	5.81	25	31	0.39	0.45
	8mm	5.74	23	28	0.37	0.43
	10mm	5.67	21	25	0.49	0.57
藍色玻璃	6mm	5.81	20	20	0.41	0.48
	8mm	5.74	17	18	0.39	0.45
	10mm	5.67	13	16	0.37	0.43

(資料來源：本研究整理)

表 4-2.3 單層非節能平板玻璃之自然採光性質比較

試驗試件	演色性 Ra	色溫 K	色座標
15mm 清玻璃	96.72%	6714	(0.3082, 0.3320)
8mm 清玻璃	98.05%	6642	(0.3098, 0.3304)
10mm 綠色玻璃	86.31%	7613	(0.2907, 0.3392)
10mm 深藍色玻璃	91.40%	8020	(0.2889, 0.3236)
10mm 棕色玻璃	97.15%	5273	(0.3382, 0.3454)
10mm 藍色半反射玻璃	92.57%	6165	(0.3173, 0.3472)
6mm 黃色半反射玻璃	98.23%	4375	(0.3669, 0.3745)

(資料來源：本研究整理)

表4-2.4 玻璃磚光學性質量測結果

試驗試件	可見光 穿透率	演色性 Ra	色溫 K
12mm 壓花清玻璃 (外) +56 AS+12mm 壓花玻璃 (內)	65.64%	97.63%	6233

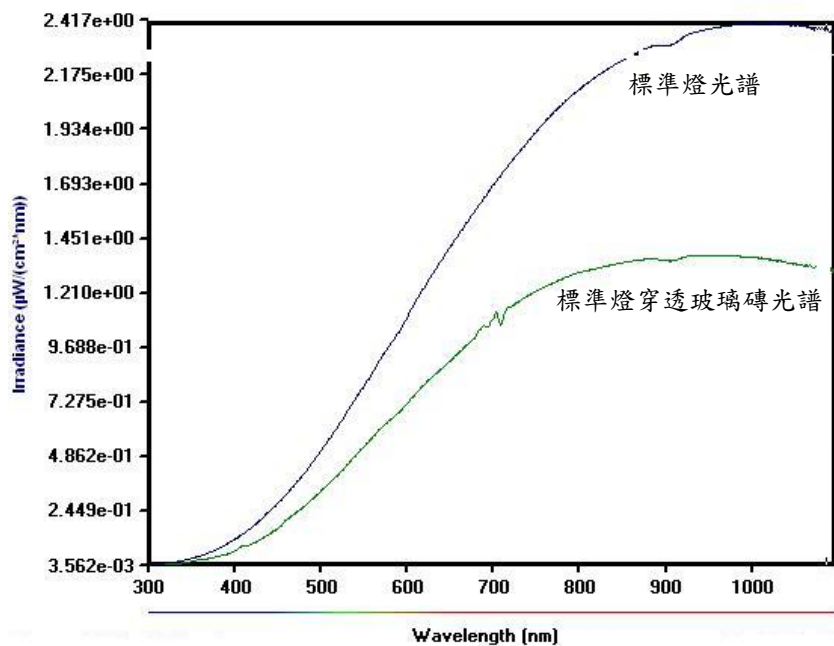


圖 4-2.3 玻璃磚光譜儀量測結果 (資料來源:本研究整理)

第三節 綠建材標章之限制物質實驗調查

本章節利用 TCLP 溶出方法、ED-XRF 量測技術及顯微鏡觀察市售節能是否含有綠建材標章一般通則限制物質，俾供參考。

一、TCLP 溶出試驗：

(一) 主要實驗設備及試劑包括：

1. 旋轉裝置 (Agitation apparatus)：此裝置必須能以每分鐘 30 ± 2 次之旋轉頻率上下翻轉萃取容器。
2. pH 指示計。
3. 萃取容器
4. 萃取液
 - (1) 萃取液 A：在 1 L 量瓶中，將 5.7 mL 冰醋酸加入 500 mL 試劑水中，再加入 64.3 mL 1 N NaOH，稀釋至刻度。此溶液之 pH 為 4.93 ± 0.05 ，
 - (2) 萃取液 B：在 1 L 量瓶中，將 5.7 mL 冰醋酸加入試劑水中，稀釋至刻度。此溶液之 pH 為 2.88 ± 0.05 ，使用前檢查 pH 值。
5. 天平、烘箱、燒杯等。



圖 4-3.1 pH 指示計照片

(二) 操作步驟：

1. 決定適當之萃取液：

將樣品顆粒減小至直徑小於 1 mm，秤取固體 5.0 g，置於 500 mL 燒杯或錐形瓶中，加入 96.5 mL 之試劑水，蓋以錶玻璃，以磁攪拌器劇烈攪拌五分鐘，測量溶液之 pH 值並記錄之。若 $\text{pH} < 5.0$ ，則使用萃取液 A；若 $\text{pH} > 5.0$ ，則加入 3.5 mL 1.0 N HCl，攪拌成均勻狀，蓋以錶玻璃，加熱至 50°C 並維持 10 分鐘，冷卻至室溫後，測量溶液

之 pH 並記錄之，若 $\text{pH} < 5.0$ ，使用萃取液 A，若 $\text{pH} > 5.0$ ，使用萃取液 B。

本研究先將隔熱紙裁切至直徑小於 1 mm，置於 500 mL 燒杯或錐形瓶中，加入 96.5 mL 之試劑水後 pH 值為 7.2，加入 3.5 mL 1.0 N HCl 攪拌後 pH 值為 3.4，故使用萃取液 A 進行試驗。

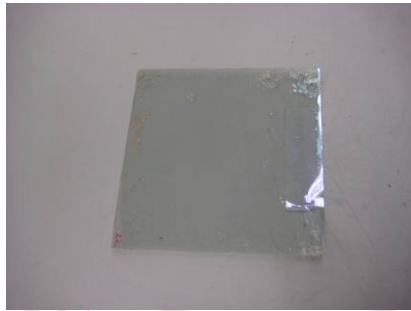


圖 4-3.2 隔熱紙照片



圖 4-3.3 決定萃取液種類照片

2. 萃取程序：

(1) 依下式計算萃取液之用量：

萃取液重量 = $20 \times \text{固體含量百分比} \times \text{樣品重量}$

本研究樣品重量約 5g，故取 A 萃取液 100ml。

(2) 於萃取容器中，緩慢加入已決定之萃取液，旋緊容器瓶蓋，置於旋轉裝置，以每分鐘 30 ± 2 之轉速旋轉 16~20 小時。



圖 4-3.4 萃取過程照片

3. 過濾程序：

萃取完成後，將溶劑倒入零空間萃取容器（ZHE），並使用新的玻璃纖維濾紙過濾(依固體含量測定步驟)，分離固相及液相，並收集濾液。



圖 4-3.5 過濾過程照片

4. 元素分析：

利用 ED-XRF 或 AA（原子吸收光譜儀）進行元素分析，本研究將過濾液放入 ED-XRF 內，試驗結果小於儀器偵測極限（N.D.）。



圖 4-3.6 試件放入 ED-XRF 分析室照片

二、石綿鑑定試驗：

本研究採用立體、偏光顯微鏡觀察玻璃是否含有綠建材標章限制之石綿纖維，立體顯微鏡構造如圖 4-3.7 所示，包括數位擷取影像系統等 5 部分，儀器設備及操作步驟分述如下：

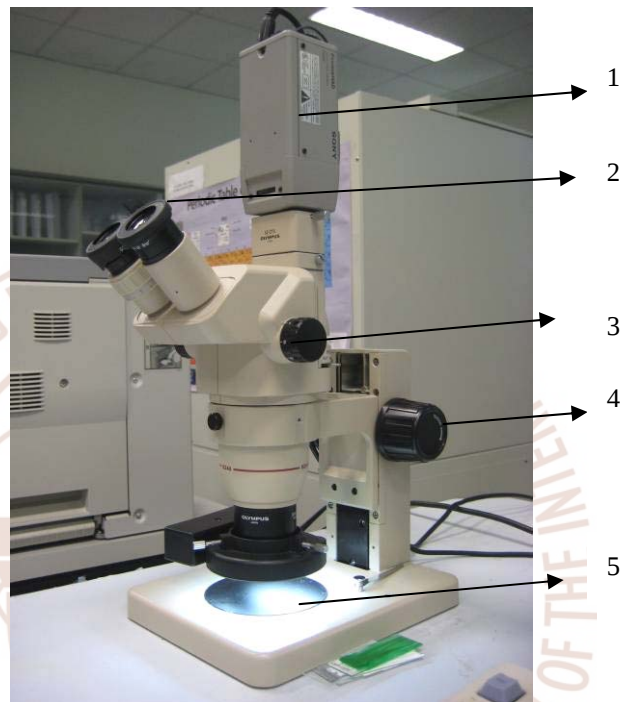


圖 4-3.7 立體顯微鏡照片

(一) 數位擷取影像系統：

含 SONY SSC DC-50A 1/2" CCD 及影像補捉卡，促進同步擷取視野影像，強化鑑定判定性能。

(二) 目鏡：

兩個獨立，同一配合顯微鏡系統，可調整兩眼間距(最少 55-75mm 範圍)，具攝影轉接環具有可聚焦微米刻度，含屈光度調整鈕，可單獨聚焦。

(三) 焦距倍率調整鈕，可產生最大放大倍率 100x 以上。。

(四) 焦距鈕。

(五) 白平板及樣品夾。

(六) 操作步驟：

1. 將欲觀察之玻璃或隔熱紙至於白平板上。
2. 打開燈源之開關。
3. 觀察者經由雙眼觀察筒之目鏡處進行觀察。
4. 利用對焦距鈕、焦距倍率調整鈕來達成樣品之影像對焦。
5. 觀察完畢，需將樣本移除並將燈源關閉，本研究所搜集玻璃或隔熱紙試件均未發現含有纖維物質，如圖 4-3.7 所示。

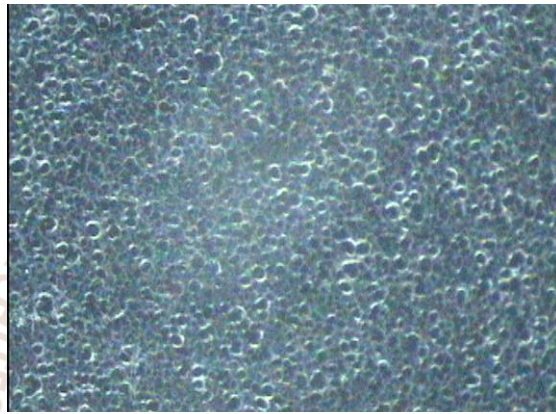


圖 4-3.8 立體顯微鏡觀察試件照片

第四節 節能玻璃實驗解析

本章節依據市售標稱節能玻璃構造，分別探討其節能效益（遮蔽係數、總熱傳係數）、採光影響（演色性、色溫、色座標）及所含化學成分，並建立相關數據資料庫，俾供參考。

一、三層 Low-E 節能玻璃：

本組實驗共分 4 種試件，其組合方式如表 4-4.1 及圖 4-4.1 所示，擬探討中間膠膜及空氣層厚度參數對玻璃節能效益及採光影響，表 4-4.2 ~4-4.6 為本研究整理之相關數據。

表 4-4.1 三層 Low-E 節能玻璃組合方式

試件名稱	組合方式（玻璃四周使用矽力康密封）
試件(A)	6mm 綠色玻璃+6AS+PET Low-E 膠膜+6AS+6mm 清玻璃
試件(B)	6mm 綠色玻璃+12AS+6mm 清玻璃
試件(C)	6mm 綠色玻璃+3AS+PET Low-E 膠膜+3AS+6mm 清玻璃
試件(D)	6mm 綠色玻璃+9AS+PET Low-E 膠膜+9AS+6mm 清玻璃

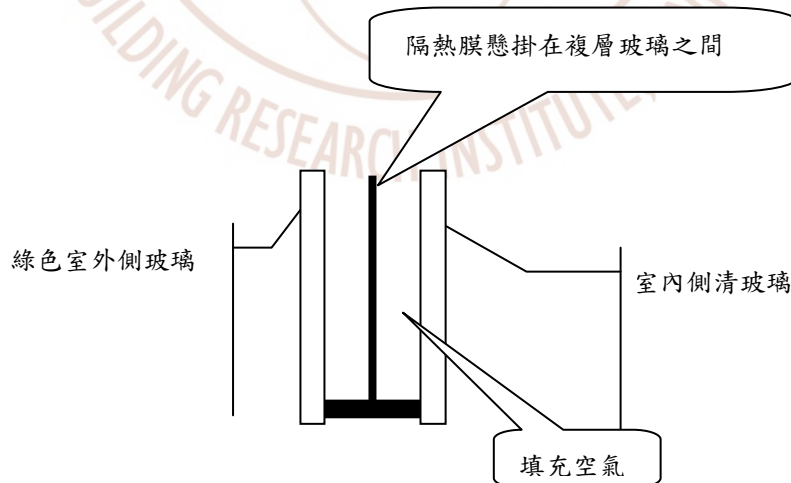


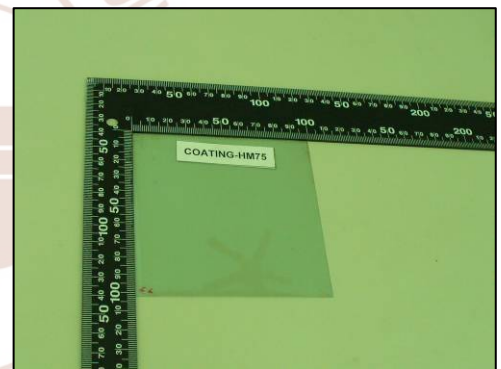
圖 4-4.1 三層 Low-E 節能玻璃組合示意圖

本次實驗結果可歸納如下：

- (1) 膠膜含有銀、鋁、鈦、銅等金屬。
- (2) 中間膠膜可吸收日光中紫外線，穿透率由 19% 下降至 1% 以下。
- (3) 中間膠膜可降低玻璃總熱傳係數及 SC 值，U 值由 $2.8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ 下降至 $1.8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ ，SC 值由 0.54 下降至 0.35。
- (4) 中間膠膜阻礙部分可見光進入室內，穿透率由 66% 下降至 52%。
- (5) 中間膠膜提高玻璃可見光（外）反射率由 12% 增大 16%，外界眩光影響變大。
- (6) 空氣層厚度不會影響玻璃光學性質，但影響保溫性能。

表 4-4.2 PET Low-E 膠膜主要元素成分（XRF 定性半定量分析）

所含主要元素成分	濃度
K ₂ O	56.15 %
S	21.06 %
SiO ₂	4.5 %
Al ₂ O ₃	4.08 %
In	4.05 %
MgO	2.66 %
MnO	1.7 %
Cl	1.62 %
Ag	1.47 %
TiO ₂	0.49 %
Cu	0.42 %
總和	98.20 %



試件(A)：6mm 綠色玻璃+6AS+PET Low-E 膠膜+6AS+6mm 清玻璃

試件(B)：6mm 綠色玻璃+12AS+6mm 清玻璃

表 4-4.3 膠膜對整體玻璃節能效益及採光影響對照表

試驗項目	測試結果(A)	測試結果(B)
1. 可見光穿透率 (380~780nm)	52.27 %	66.37 %
2. 可見光外反射率 (380~780nm)	15.87 %	11.92 %
3. 日光穿透率 (300~2500nm)	20.84 %	36.53 %
4. 日光反射率 (300~2500nm)	11.55 %	7.63 %
5. 日光輻射熱取得率 SHGC (夏季)	0.304	0.469
6. 日光輻射熱取得率 SHGC (冬季)	0.293	0.454
7. 遮蔽係數 SC (夏季)	0.349	0.539
8. 遮蔽係數 SC (冬季)	0.337	0.522
9. 紫外線穿透率 (300~380nm)	小於 1 %	19.47 %
10. Skin damage factor	小於 1 %	4.78 %
11. 日光 (D65) 穿透之演色性 Ra	89.16 %	90.95 %
12. 日光 (D65) 穿透之色溫	7093K	7079K
13. 日光 (D65) 穿透之色度	(0.2995, 0.3411)	(0.3002, 0.3378)
14. 可見光內反射率 (380~780nm)	19.12 %	14.24 %
15. 總熱傳係數 U (夏季)	1.837 W/(m ² K)	2.801 W/(m ² K)
16. 總熱傳係數 U (冬季)	1.808 W/(m ² K)	2.736 W/(m ² K)

表 4-4.4 試件(A)日光穿透率光譜分佈

波長 (nm)	穿透率(%)	波長 (nm)	穿透率(%)	波長 (nm)	穿透率(%)
300	0.00	530	55.78	1050	0.73
305	0.00	540	55.27	1100	0.58
310	0.00	550	54.52	1150	0.48
315	0.00	560	53.70	1200	0.41
320	0.00	570	52.60	1250	0.37
325	0.00	580	51.29	1300	0.35
330	0.00	590	49.68	1350	0.34
335	0.00	600	48.03	1400	0.35
340	0.01	610	46.08	1450	0.36
345	0.03	620	43.96	1500	0.37
350	0.07	630	41.63	1550	0.37
355	0.15	640	39.26	1600	0.36
360	0.22	650	36.82	1650	0.34
365	0.27	660	34.33	1700	0.32
370	0.29	670	31.73	1750	0.30
375	0.30	680	29.02	1800	0.27
380	0.60	690	26.37	1850	0.25
390	20.32	700	23.85	1900	0.23
400	36.49	710	21.40	1950	0.22
410	41.12	720	19.14	2000	0.21
420	43.47	730	16.99	2050	0.20
430	45.70	740	15.02	2100	0.18
440	47.07	750	13.24	2150	0.16
450	49.97	760	11.61	2200	0.16
460	52.91	770	10.24	2250	0.13
470	54.62	780	8.91	2300	0.13
480	55.43	800	6.91	2350	0.09
490	55.89	850	3.74	2400	0.11
500	56.26	900	2.17	2450	0.08
510	56.42	950	1.40	2500	0.08
520	56.23	1000	0.97		

表 4-4.5 試件(B)日光穿透率光譜分佈

波長 (nm)	穿透率(%)	波長 (nm)	穿透率(%)	波長 (nm)	穿透率(%)
300	0.00	530	70.52	1050	10.65
305	0.00	540	69.93	1100	10.62
310	0.00	550	69.01	1150	10.86
315	0.00	560	67.94	1200	11.34
320	0.00	570	66.60	1250	12.23
325	0.00	580	64.99	1300	13.59
330	0.00	590	63.11	1350	15.39
335	0.09	600	61.18	1400	17.84
340	0.81	610	59.06	1450	20.89
345	3.63	620	56.80	1500	24.20
350	9.74	630	54.42	1550	27.33
355	18.61	640	52.12	1600	29.91
360	28.24	650	49.83	1650	31.65
365	36.38	660	47.56	1700	32.57
370	40.30	670	45.22	1750	32.87
375	37.73	680	42.79	1800	32.77
380	36.23	690	40.42	1850	32.69
390	50.23	700	38.15	1900	32.79
400	60.11	710	35.94	1950	33.19
410	61.00	720	33.85	2000	33.55
420	60.70	730	31.81	2050	34.46
430	61.28	740	29.86	2100	35.22
440	61.45	750	28.01	2150	35.86
450	64.09	760	26.29	2200	34.88
460	67.17	770	24.72	2250	35.70
470	68.95	780	23.21	2300	37.34
480	69.80	800	20.68	2350	38.17
490	70.35	850	16.09	2400	38.40
500	70.84	900	13.36	2450	37.62
510	71.12	950	11.83	2500	36.90
520	71.00	1000	11.00		

試件(C)：6mm 綠色玻璃+3AS+PET Low-E 膠膜+3AS+6mm 清玻璃

試件(D)：6mm 綠色玻璃+9AS+PET Low-E 膠膜+9AS+6mm 清玻璃

表 4-4.6 空氣層厚度對玻璃節能效益及採光影響

試驗項目	測試結果(C)	測試結果(D)
1. 可見光穿透率 (380~780nm)	52.27 %	52.27 %
2. 可見光外反射率 (380~780nm)	15.87 %	15.87 %
3. 日光穿透率 (300~2500nm)	20.84 %	20.84 %
4. 日光反射率 (300~2500nm)	11.55 %	11.55 %
5. 日光輻射熱取得率 SHGC (夏季)	0.332	0.290
6. 日光輻射熱取得率 SHGC (冬季)	0.315	0.281
7. 遮蔽係數 SC (夏季)	0.381	0.333
8. 遮蔽係數 SC (冬季)	0.362	0.323
9. 紫外線穿透率 (300~380nm)	小於 1 %	小於 1 %
10. Skin damage factor	小於 1 %	小於 1 %
11. 日光 (D65) 穿透之演色性 Ra	89.16 %	89.16 %
12. 日光 (D65) 穿透之色溫	7093K	7093K
13. 日光 (D65) 穿透之色度	(0.2995, 0.3411)	(0.2995, 0.3411)
14. 可見光內反射率 (380~780nm)	19.12 %	19.12 %
15. 總熱傳係數 U (夏季)	2.614 W/(m ² K)	1.472 W/(m ² K)
16. 總熱傳係數 U (冬季)	2.558 W/(m ² K)	1.454 W/(m ² K)

二、複層 Low-E 節能玻璃：

本組實驗共分 2 種試件，其組合方式如表 4-4.7 及圖 4-4.2 所示，擬探討 Low-E Coating 對玻璃節能效益及採光影響，表 4-4.8~4-4.11 為本研究整理之相關數據。

表 4-4.7 複層 Low-E 節能玻璃組合方式

試件名稱	組合方式（玻璃四周使用矽力康密封）
試件(E)	6mm 綠色玻璃+Low-E Coating+12AS+6mm 清玻璃
試件(F)	6mm 綠色玻璃+12AS+6mm 清玻璃

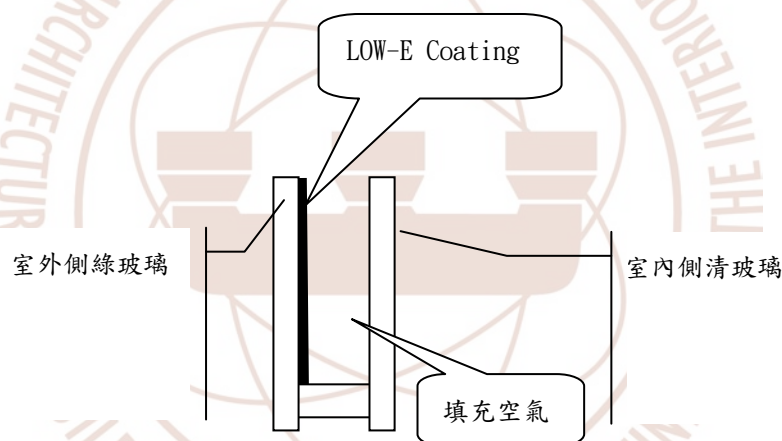


圖 4-4.2 複層 Low-E 玻璃組合示意圖

本次實驗結果可歸納：

- (1) Low-E Coating 含有銀、鋁、鐵、錫等金屬物質。
- (2) Low-E Coating 可吸收日光中紫外線，穿透率由 20% 下降至 11%，但吸收效果似乎較膠膜差。
- (3) Low-E Coating 可降低玻璃總熱傳係數及 SC 值，U 值由 $2.8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ 下降至 $1.7 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ ，SC 值由 0.54 下降至 0.35。
- (4) Low-E Coating 阻礙部分可見光進入室內，穿透率由 66% 下降至 52%。
- (5) Low-E Coating 使玻璃可見光（外）反射率由 12% 提高至 19%。

表 4-4.8 室外側綠玻璃（含鍍膜面）主要元素成分（XRF 定性半定量分析）

所含主要元素成分	濃度
SiO ₂	81.64 %
Na ₂ O	6.92 %
CaO	6.31 %
MgO	2.68 %
Al ₂ O ₃	1.49 %
Fe ₂ O ₃	0.39 %
K ₂ O	0.24 %
TiO ₂	1415 ppm
Ag	53 ppm
Sn	142 ppm
總和	99.67 %

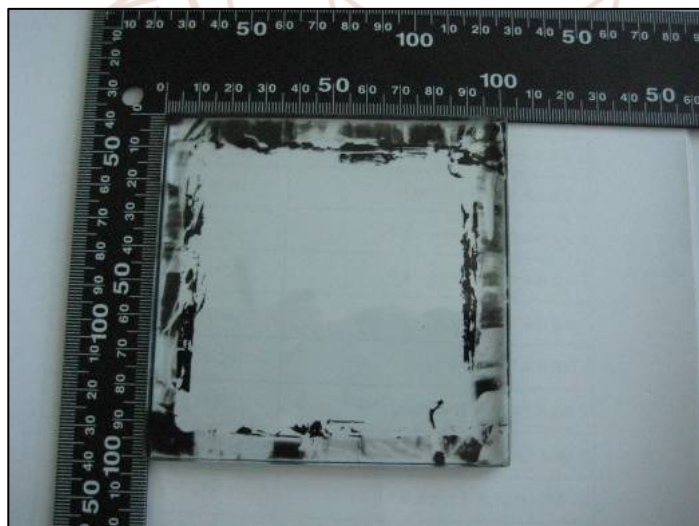


圖 4-4.3 複層 Low-E 玻璃塗覆層照片

試件(E)：6mm 綠色玻璃+Low-E Coating+12AS+6mm 清玻璃

試件(F)：6mm 綠色玻璃+12AS+6mm 清玻璃

表 4-4.9 Low-E Coating 對玻璃節能效益及採光影響

試驗項目	測試結果(E)	測試結果(F)
1. 可見光穿透率 (380~780nm)	51.82 %	66.14 %
2. 可見光外反射率 (380~780nm)	19.24 %	11.76 %
3. 日光穿透率 (300~2500nm)	22.60 %	35.96 %
4. 日光反射率 (300~2500nm)	12.09 %	7.55 %
5. 日光輻射熱取得率 SHGC (夏季)	0.302	0.470
6. 日光輻射熱取得率 SHGC (冬季)	0.292	0.455
7. 遮蔽係數 SC (夏季)	0.347	0.540
8. 遮蔽係數 SC (冬季)	0.336	0.523
9. 紫外線穿透率 (300~380nm)	11.398 %	19.69 %
10. Skin damage factor	2.874 %	4.82 %
11. 日光 (D65) 穿透之演色性 Ra	89.35 %	90.78 %
12. 日光 (D65) 穿透之色溫	6740K	7149K
13. 日光 (D65) 穿透之色度	(0.3053, 0.3466)	(0.2993, 0.3373)
14. 可見光內反射率 (380~780nm)	21.07 %	13.83 %
15. 總熱傳係數 U (夏季)	1.716 W/(m ² K)	2.816 W/(m ² K)
16. 總熱傳係數 U (冬季)	1.691 W/(m ² K)	2.751 W/(m ² K)

表 4-4.10 試件(E)日光穿透率光譜分佈

波長 (nm)	穿透率(%)	波長 (nm)	穿透率(%)	波長 (nm)	穿透率(%)
300	0.00	530	54.95	1050	2.66
305	0.00	540	54.74	1100	2.31
310	0.00	550	54.26	1150	2.08
315	0.00	560	53.57	1200	1.94
320	0.00	570	52.67	1250	1.87
325	0.00	580	51.45	1300	1.86
330	0.00	590	50.02	1350	1.92
335	0.03	600	48.38	1400	2.04
340	0.31	610	46.55	1450	2.20
345	1.58	620	44.51	1500	2.35
350	4.69	630	42.36	1550	2.46
355	9.72	640	40.24	1600	2.46
360	15.68	650	38.07	1650	2.47
365	21.20	660	35.87	1700	2.35
370	24.35	670	33.58	1750	2.21
375	23.32	680	31.28	1800	2.05
380	22.79	690	28.98	1850	1.90
390	32.92	700	26.83	1900	1.80
400	40.71	710	24.82	1950	1.70
410	42.20	720	22.85	2000	1.62
420	42.59	730	21.00	2050	1.57
430	43.53	740	19.22	2100	1.50
440	44.16	750	17.55	2150	1.45
450	46.58	760	16.04	2200	1.33
460	49.39	770	14.64	2250	1.29
470	51.17	780	13.37	2300	1.31
480	52.31	800	11.23	2350	1.21
490	53.18	850	7.46	2400	1.25
500	53.97	900	5.31	2450	1.26
510	54.65	950	3.98	2500	1.17
520	54.96	1000	3.18		

表 4-4.11 試件(F)日光穿透率光譜分佈

波長 (nm)	穿透率(%)	波長 (nm)	穿透率(%)	波長 (nm)	穿透率(%)
300	0.00	530	70.47	1050	9.95
305	0.00	540	69.77	1100	9.91
310	0.00	550	68.86	1150	10.12
315	0.00	560	67.70	1200	10.62
320	0.00	570	66.35	1250	11.46
325	0.00	580	64.59	1300	12.76
330	0.00	590	62.73	1350	14.57
335	0.09	600	60.71	1400	16.94
340	0.83	610	58.58	1450	19.91
345	3.73	620	56.24	1500	23.19
350	9.99	630	53.80	1550	26.32
355	19.07	640	51.47	1600	28.91
360	28.77	650	49.15	1650	30.66
365	36.95	660	46.80	1700	31.59
370	40.76	670	44.43	1750	31.89
375	37.83	680	42.03	1800	31.80
380	36.11	690	39.61	1850	31.78
390	50.34	700	37.30	1900	31.90
400	60.46	710	35.08	1950	32.31
410	61.27	720	32.95	2000	32.59
420	60.89	730	30.94	2050	33.50
430	61.39	740	28.91	2100	34.28
440	61.53	750	27.07	2150	34.99
450	64.20	760	25.41	2200	34.03
460	67.34	770	23.81	2250	34.81
470	69.10	780	22.31	2300	36.45
480	69.92	800	19.76	2350	37.37
490	70.39	850	15.27	2400	37.62
500	70.83	900	12.71	2450	36.84
510	71.13	950	11.14	2500	36.25
520	70.99	1000	10.31		

三、單層 Low-E 節能玻璃：

本組實驗共分 3 種試件，如表 4-4.12 所示，擬探討市售隔熱紙廠商數據正確性、調光玻璃之通電變化、膠合玻璃等單層節能效益及採光資料，表 4-4.13~4-4.18 為本研究整理之相關數據。

表 4-4.12 單層 Low-E 節能玻璃試件

試件名稱	組合方式	備註
試件(G)	6mm 清玻璃+ G 隔熱紙	驗證廠商公告數據
試件(H)	6mm 綠玻璃+0.76mmPVB 膠合膜 +6mm 玻璃	膠合玻璃
試件(I)	3mm 清玻璃+調光薄膜	調光玻璃

本次實驗結果可歸納如下：

- (1) 由試件(G)可得知本中心實驗結果與廠商公告數據差異不大，但目前廠商大部分都沒有公告日光穿透之演色性、色溫、色度等採光效果數據供消費者參考，該部分建議廠商可補強。
- (2) 試件(H)膠合玻璃之膠膜可吸收日光中紫外線，穿透率下降至 1% 以下。
- (3) 試件(H)膠合玻璃之可見光穿透率較一般 6mm 清玻璃少約 17%，日光穿透之演色性略降為 90%，另反射率接近一般清玻璃，對外界光害環境影響較小。
- (4) 試件(H)膠合玻璃與 6mm 清玻璃比較總熱傳係數 U 值由 $5.8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ 降至 $5.5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ ，SC 值由 0.95 降至 0.65，膠合玻璃之遮陽性能較一般 6mm 清玻璃可提昇約 25%，保溫性能差異較小。
- (5) 試件(I)調光玻璃與 3mm 清玻璃比較，調光薄膜通電時，可見光穿透率由 90% 降為 75%、SC 值由 1.0 降至 0.77、U 值由 $5.9 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ 降至 $5.8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ 、反射率由 7% 提高至 15%。
- (6) 試件(I)調光玻璃與 3mm 清玻璃比較，調光薄膜未通電時，可見光穿透率由 90% 降為 53%、SC 值由 1.0 降至 0.63、U 值由 $5.9 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ 降至 $5.7 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ 、反射率由 7% 提高至 26%。

(7) 調光玻璃可透過通電模式變換及調整透明度，但同時改變反射率，以試件(I)為例，調光薄膜由通電變換為未通電時，反射率由 15% 提高至 26%，應用時建議注意其特性。

試件 G (6mm 清玻璃+ G 隔熱紙)

表 4-4.13 試件 G 節能及採光計算結果

試驗項目	測試結果(G)	廠商數據
1. 可見光穿透率 (380~780nm)	68.91 %	68%
2. 可見光外反射率 (380~780nm)	8.67 %	9%
3. 日光穿透率 (300~2500nm)	37.12 %	38%
4. 日光反射率 (300~2500nm)	18.83 %	N.A
5. 日光輻射熱取得率 SHGC (夏季)	0.521	0.5
6. 日光輻射熱取得率 SHGC (冬季)	0.494	
7. 遮蔽係數 SC (夏季)	0.599	0.58
8. 遮蔽係數 SC (冬季)	0.568	
9. 紫外線穿透率 (300~380nm)	小於 1 %	小於 1%
10. Skin damage factor	小於 1 %	N.A
11. 日光 (D65) 穿透之演色性 Ra	97.04 %	N.A
12. 日光 (D65) 穿透之色溫	6794K	N.A
13. 日光 (D65) 穿透之色度	(0.3069, 0.3314)	N.A
14. 可見光內反射率 (380~780nm)	8.20 %	9%
15. 總熱傳係數 U (夏季)	5.769 W/(m ² K)	5.62 W/(m ² K)
16. 總熱傳係數 U (冬季)	5.501 W/(m ² K)	

表 4-4.14 G 隔熱紙主要元素成分 (XRF 定性半定量分析)

所含主要元素成分	濃度
Sn	33.3 %
S	25.27 %
SiO ₂	23.23 %
Sc	3.72 %
Sb	3.21 %
Al ₂ O ₃	2.02 %
K ₂ O	1.64 %
Ce	1.04 %
MnO	0.91 %
Cs	0.85 %
MgO	0.77 %
Ba	0.77 %
Cu	0.57 %
Fe ₂ O ₃	0.36 %
Cl	0.3 %
總和	97.96 %

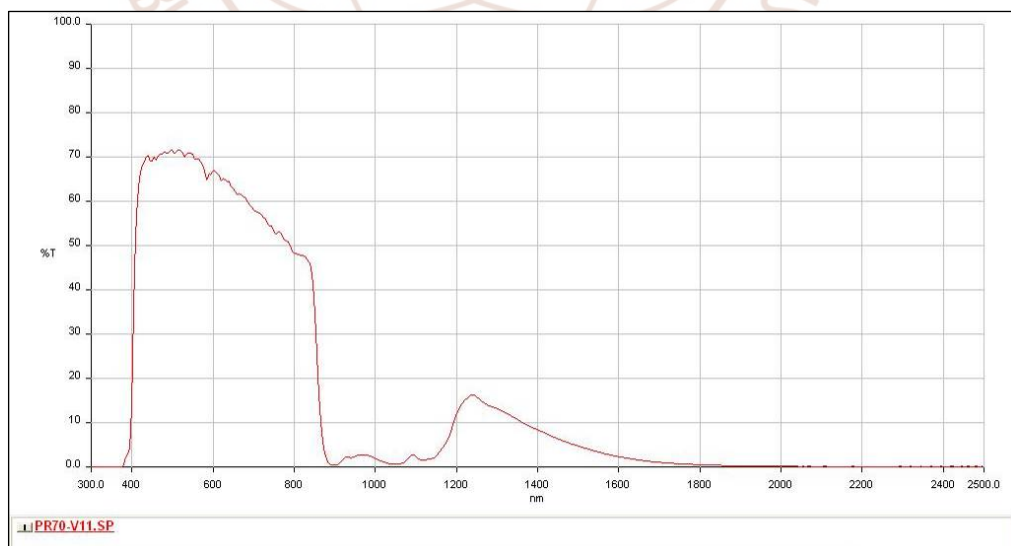


圖 4-4.4 G 試件穿透率圖

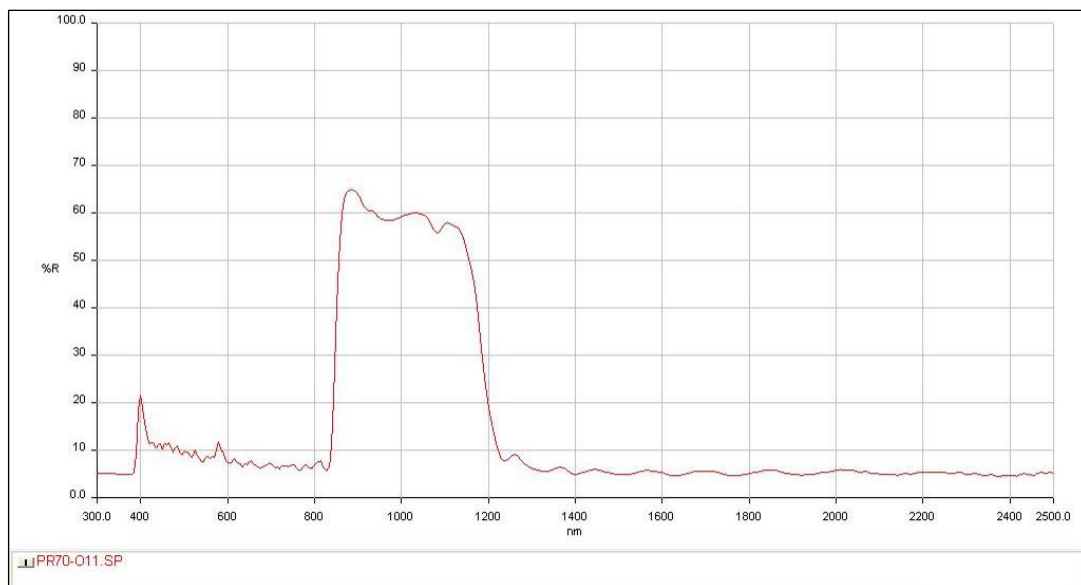


圖 4-4.5 G 試件反射率圖（室外側）

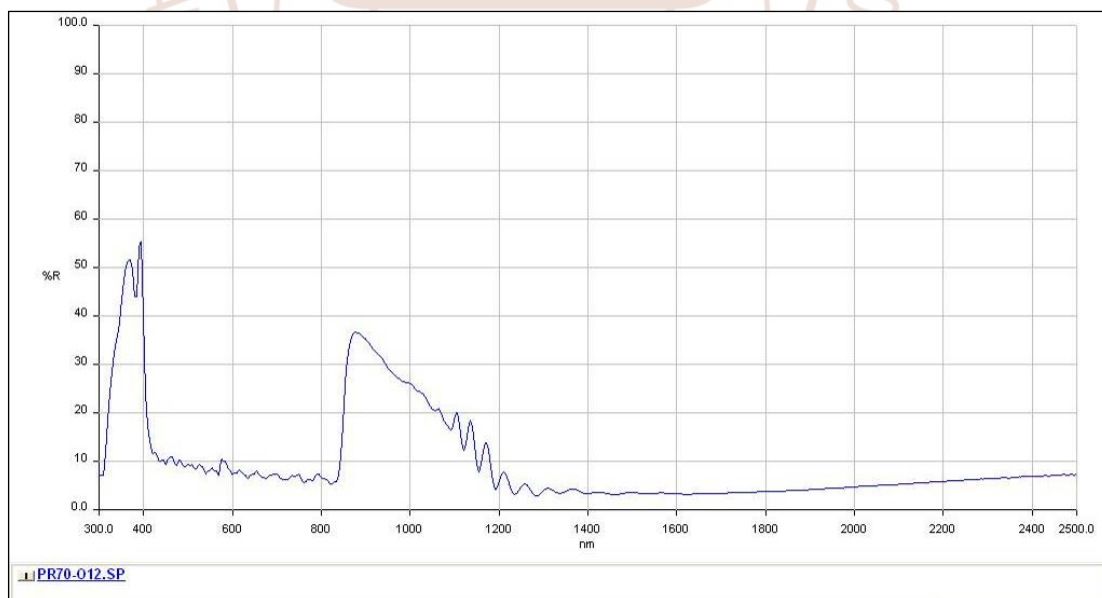


圖 4-4.6 G 試件反射率圖（室內側）

試件 H (膠合玻璃：6mm 綠玻璃+0.76mmPVB 膠合膜+6mm 清玻璃)

表 4-4.15 試件 H 節能及採光計算結果

試驗項目	測試結果(M)
1. 可見光穿透率 (380~780nm)	71.79 %
2. 可見光外反射率 (380~780nm)	6.54 %
3. 日光穿透率 (300~2500nm)	36.19 %
4. 日光反射率 (300~2500nm)	4.99 %
5. 日光輻射熱取得率 SHGC (夏季)	0.562
6. 日光輻射熱取得率 SHGC (冬季)	0.526
7. 遮蔽係數 SC (夏季)	0.647
8. 遮蔽係數 SC (冬季)	0.605
9. 紫外線穿透率 (300~380nm)	小於 1 %
10. Skin damage factor	小於 1 %
11. 日光 (D65) 穿透之演色性 Ra	90.22 %
12. 日光 (D65) 穿透之色溫	7162 K
13. 日光 (D65) 穿透之色度	(0.2989, 0.3383)
14. 可見光內反射率 (380~780nm)	6.54 %
15. 總熱傳係數 U (夏季)	5.585 W/(m ² K)
16. 總熱傳係數 U (冬季)	5.334 W/(m ² K)

表 4-4.16 試件 H(膠合玻璃) 玻璃主要元素成分 (XRF 定性半定量分析)

所含主要元素成分	濃度
Na ₂ O	8.64 %
MgO	3.47 %
Al ₂ O ₃	1.02 %
SiO ₂	80.4 %
K ₂ O	0.23 %
CaO	5.76 %
Fe ₂ O ₃	0.38 %
S	358 ppm
TiO ₂	129 ppm
MnO	55 ppm
總和	99.9 %

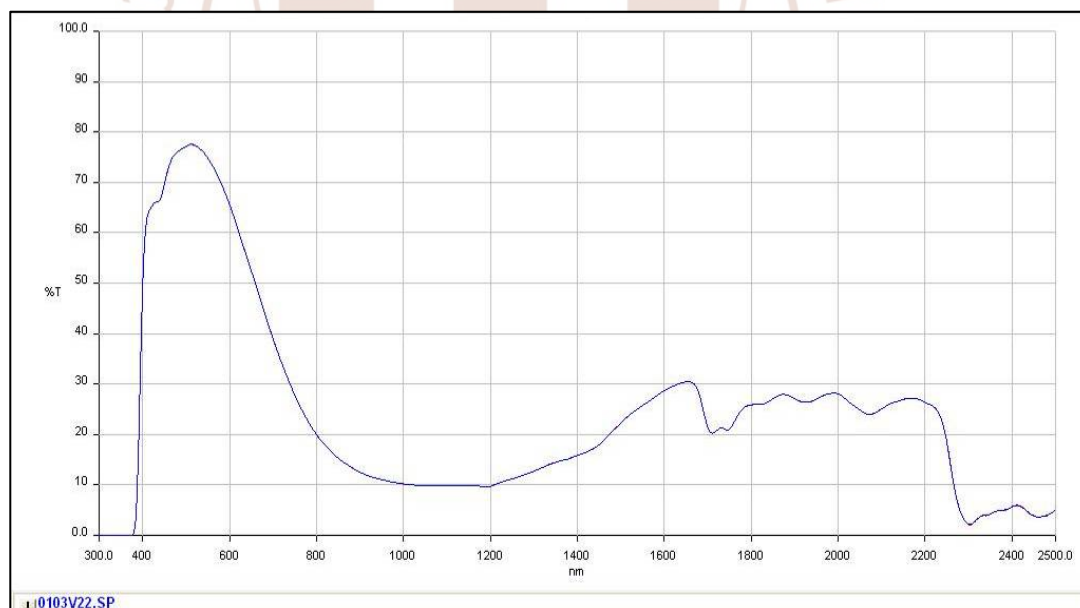


圖 4-4.7 H 試件穿透率圖

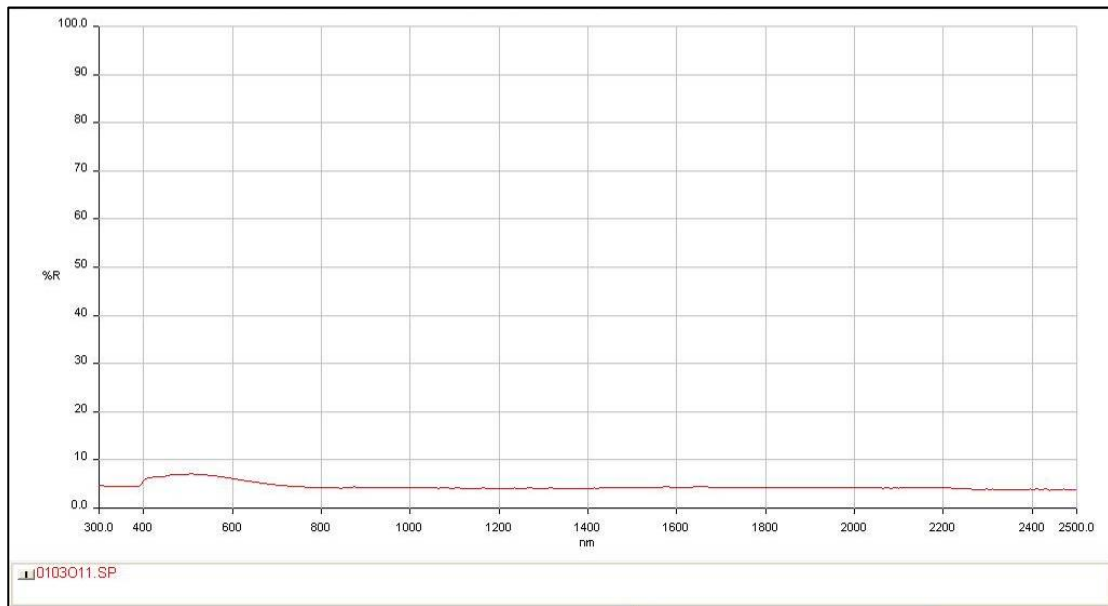


圖 4-4.8 H 試件反射率圖(室外側)

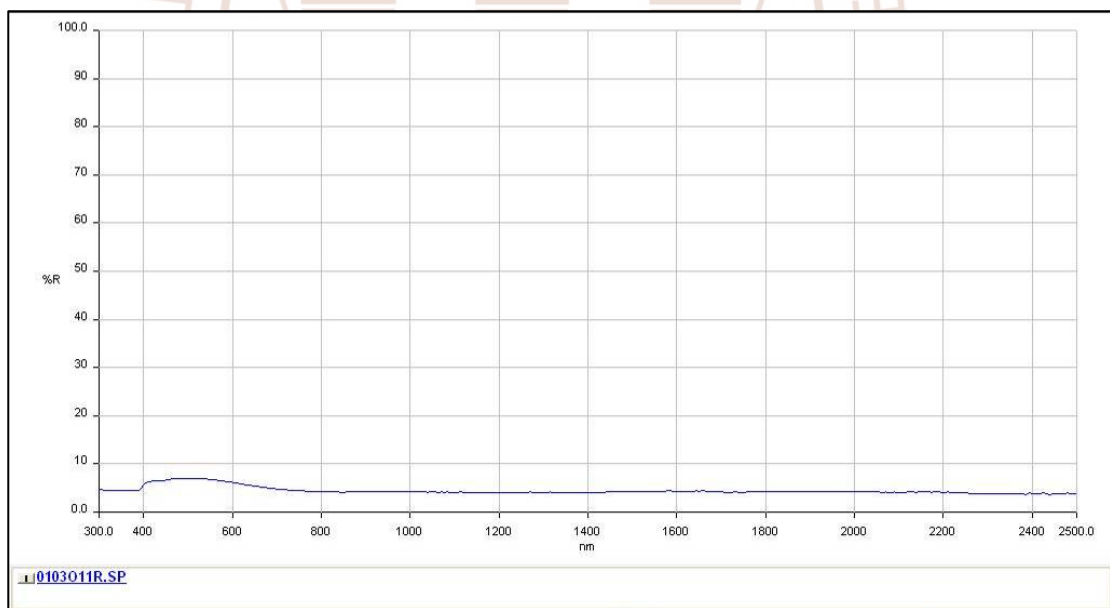


圖 4-4.9 H 試件反射率圖(室內側)

試件 I (調光玻璃：3mm 清玻璃+可通電控制調光薄膜)

表 4-4.17 試件 I(調光玻璃)節能及採光計算結果

試驗項目	調光薄膜通電	調光薄膜未通電
1. 可見光穿透率 (380~780nm)	74.80 %	52.54 %
2. 可見光外反射率 (380~780nm)	15.12 %	25.85 %
3. 日光穿透率 (300~2500nm)	70.39 %	53.06 %
4. 日光反射率 (300~2500nm)	11.81 %	18.62 %
5. 日光輻射熱取得率 SHGC (夏季)	0.766	0.630
6. 日光輻射熱取得率 SHGC (冬季)	0.755	0.612
7. 遮蔽係數 SC (夏季)	0.881	0.724
8. 遮蔽係數 SC (冬季)	0.868	0.703
9. 紫外線穿透率 (300~380nm)	20.25 %	11.76 %
10. Skin damage factor	5.35 %	3.40 %
11. 日光 (D65) 穿透之演色性 Ra	98.09 %	97.90 %
12. 日光 (D65) 穿透之色溫	5832K	5326K
13. 日光 (D65) 穿透之色度	(0.3250, 0.3450)	(0.3374, 0.3560)
14. 可見光內反射率 (380~780nm)	15.0 %	25.21 %
15. 總熱傳係數 U (夏季)	5.815 W/(m ² K)	5.751 W/(m ² K)
16. 總熱傳係數 U (冬季)	5.566 W/(m ² K)	5.655 W/(m ² K)

表 4-4.18 試件 I(調光玻璃) 玻璃主要元素成分

所含主要元素成分	濃度
MgO	0.43 %
Al ₂ O ₃	0.85 %
SiO ₂	20.26 %
S	76.34 %
In	0.38 %
Cl	1845 ppm
K ₂ O	512 ppm
Cu	1889 ppm
Zn	742 ppm
Sn	398 ppm
Sb	1761 ppm
總和	98.26 %

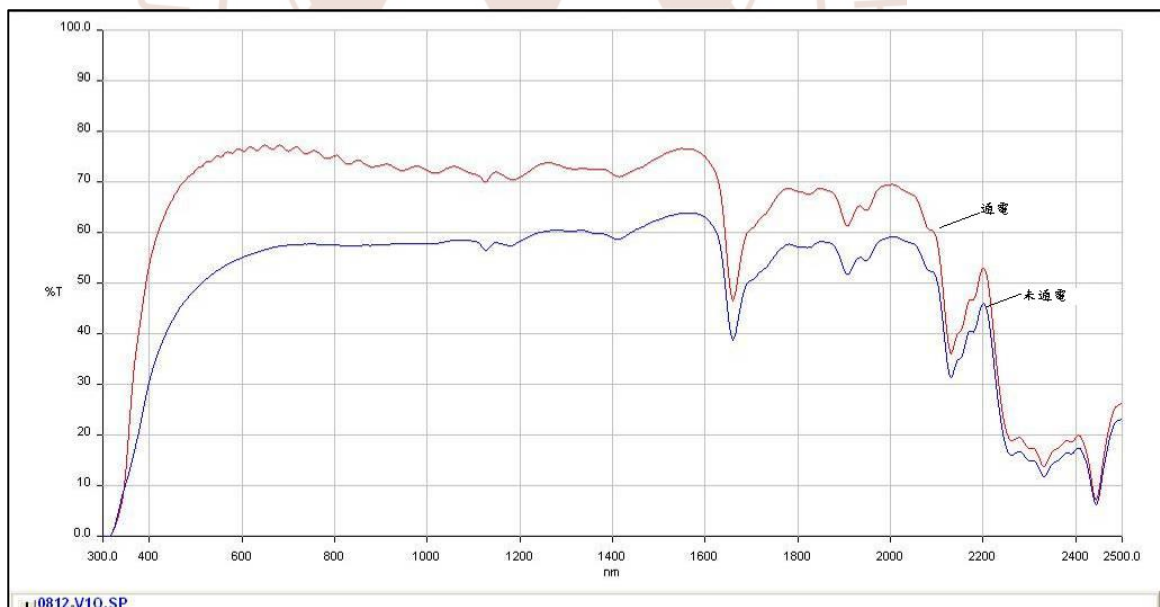


圖 4-4.10 I 試件穿透率圖

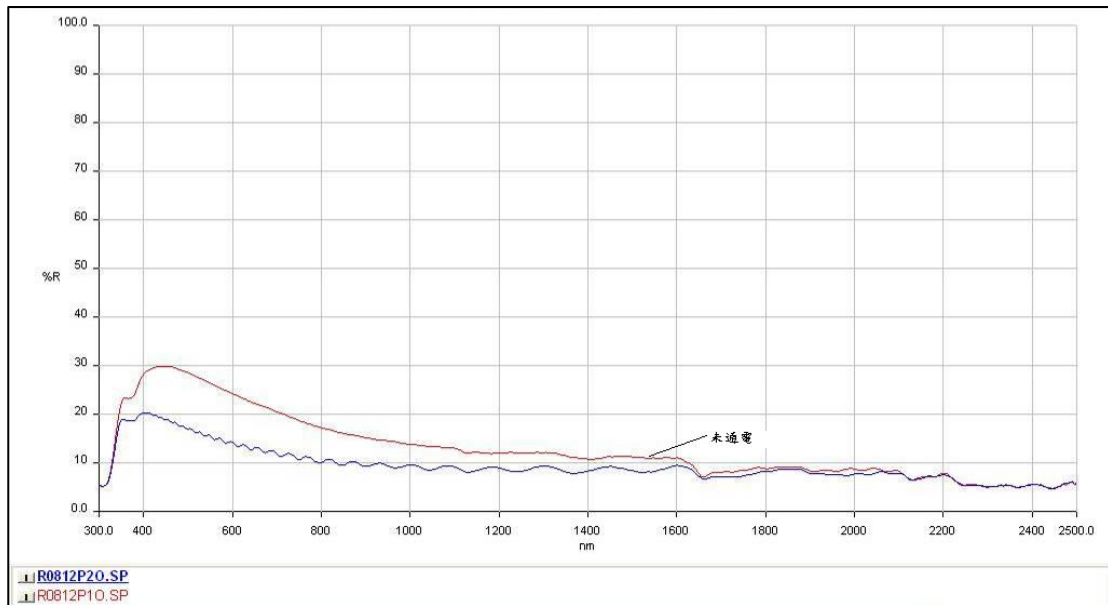


圖 4-4.11 I 試件反射率圖(室外側)

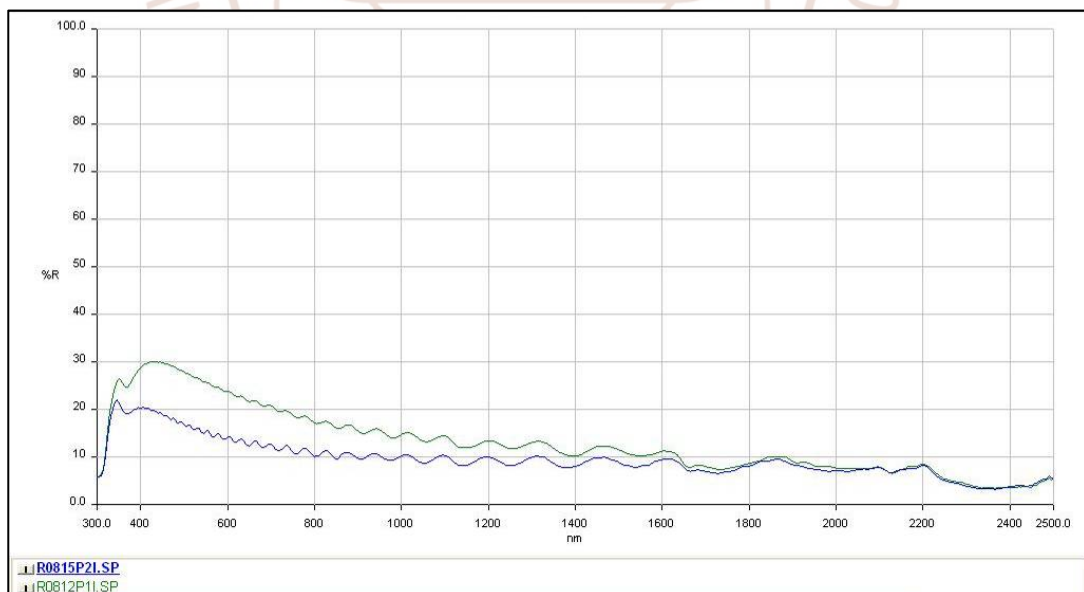


圖 4-4.12 I 試件反射率圖(室內側)

第五節 97 年度委託技術服務案件解析

本（97）年度共受理 59 件業者委託節能玻璃技術服務案，可分為單層玻璃黏貼隔熱紙、單層玻璃塗覆 Low-E 鍍膜、調光玻璃、膠合玻璃、複層玻璃、三層玻璃等 6 種，其中單層玻璃黏貼隔熱紙 40 件佔總委託案之 68%，占委託大宗，如表 4-5.1 及圖 4-5.1 所示。

表 4-5.1 本（97）年節能玻璃委託技術服務案件分類

種類	件數
單層玻璃黏貼隔熱	40
單層玻璃塗覆 Low-E 鍍膜	2
調光玻璃	1
膠合玻璃	3
複層玻璃	12
三層玻璃	1

97年委託技術服務案件類別統計

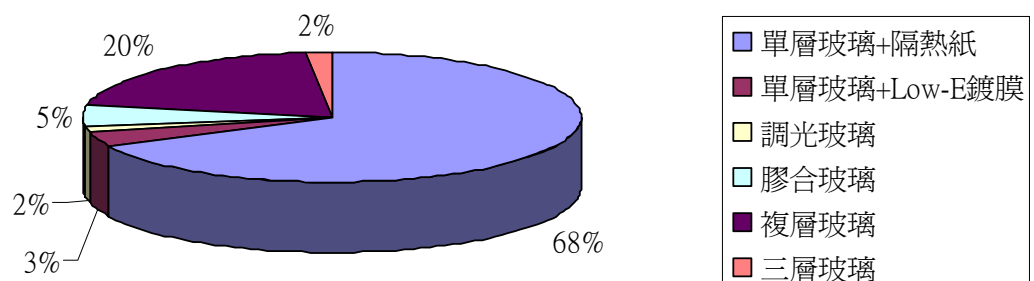


圖 4-5.1 97 年委託技術服務案件類別統計

統計結果歸納如下：

一、單層玻璃黏貼隔熱紙：

1. 遮蔽係數介於 0.23~0.77，單項達到高性能節能玻璃基準 ≤ 0.35 共 7 件，約佔總委託案之 17%。
2. 可見光穿透率介於 3~75%，單項達到高性能節能玻璃基準 $\geq 50\%$ 共 19 件，約佔總委託案之 47%。
3. 可見光(外)反射率介於 4~61%，單項達到高性能節能玻璃基準 $\leq 25\%$ 共 31 件，約佔總委託案之 78%。
4. 但目前沒有 1 件可同時達到 3 項評定基準。
5. 試件可見光穿透率越高，遮蔽係數越大，吾人線性迴歸 40 件樣品前 2 項參數，當可見光穿透率 50%時，遮蔽係數計算值為 0.55。
6. 總熱傳係數介於 4.9~6.1 W/(m²K)變化不大、色溫介於 5300~10000 與黏貼隔熱種類不同而有差異，演色性均大於 80 以上，紫外線穿透率介於 0~8%。
7. 可見光(內)反射率介於 5~44%，其中等 9 件，可見光(內)外反射率差異 20%以上，約佔總委託案之 22%。

試驗項目	統計結果
遮蔽係數	0.23~0.77
總熱傳係數 W/(m ² K)	4.9~6.1
可見光穿透率(%)	3~75
可見光(外)反射率(%)	4~61
可見光(內)反射率(%)	5~44
紫外線穿透率(%)	0~8
色溫 (K)	5300~10000
演色性	均大於 80

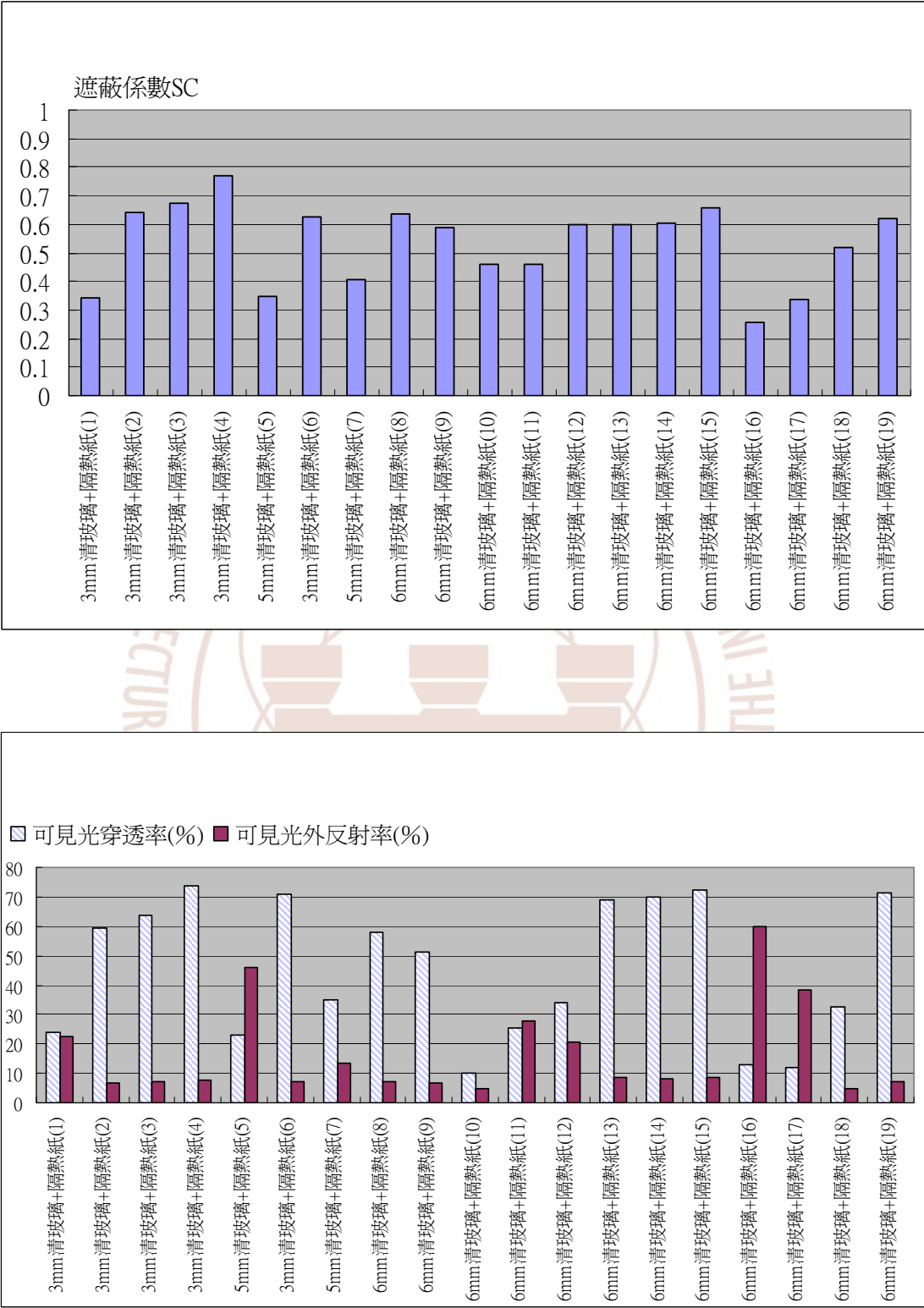


圖 4-5.2 97 年委託技術服務案件實驗結果(1)

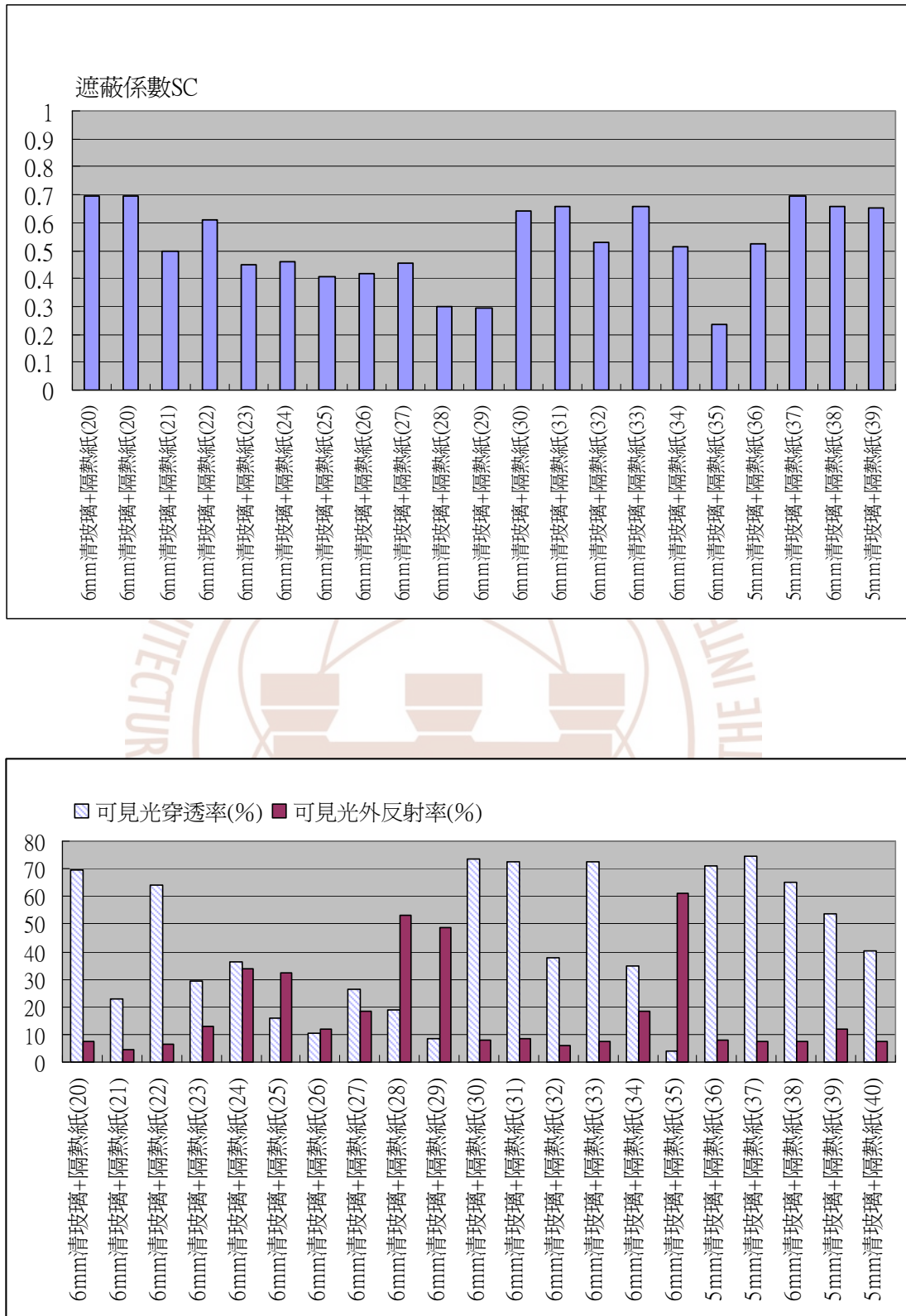


圖 4-5.3 97 年委託技術服務案件實驗結果(2)

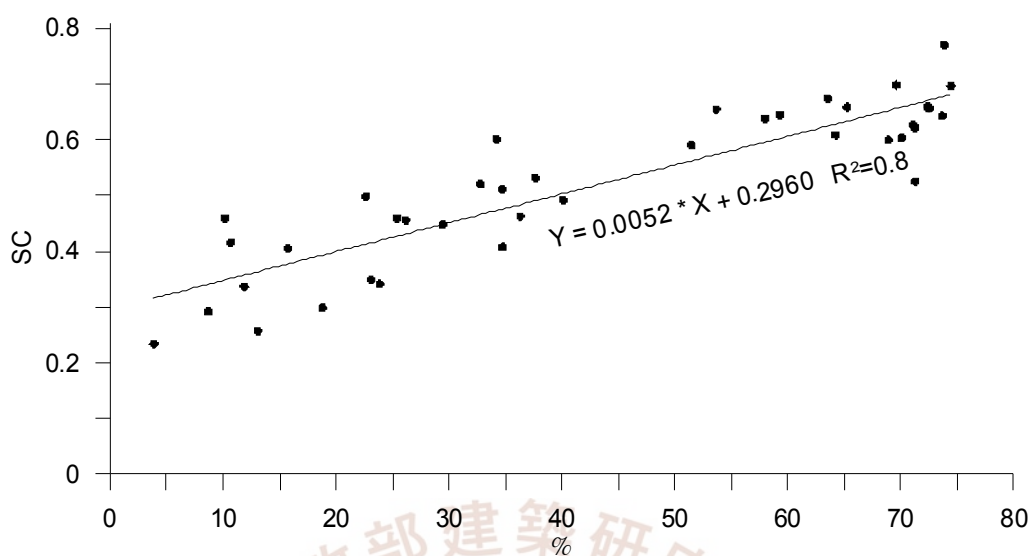


圖 4-5.4 單層玻璃黏貼隔熱紙之可見光穿透率與 SC 關係圖

二、複層玻璃：

1. 遮蔽係數介於 0.22~0.60，單項達到高性能節能玻璃基準 ≤ 0.35 共 6 件，約佔總委託案之 50%。
2. 可見光穿透率介於 14~68%，單項達到高性能節能玻璃基準 $\geq 50\%$ 共 8 件，約佔總委託案之 67%。
3. 可見光(外)反射率介於 5~23%，單項達到高性能節能玻璃基準 $\leq 25\%$ 共 12 件，約佔總委託案之 100%。
4. 目前有 2 件可同時達到 3 項「高性能節能玻璃」評定基準。
5. 總熱傳係數介於 1.3~2.2 W/(m²K)、色溫介於 6400~7200，演色性均大於 80 以上，紫外線穿透率介於 4~31%，阻絕效果似乎較膠膜稍差。
6. 可見光(內)反射率介於 10~23%，(內)外反射率大致相同。

三、其他：

1. 單層玻璃塗覆 Low-E 膜、調光玻璃及膠合玻璃之遮蔽係數介於 0.56~0.81，均無法達到高性能節能玻璃基準。
2. 三層玻璃玻璃本(97)年度只委託 1 件，3 項指標均符合高性能節能玻璃評定基準。

表 4-5.2 本年節能玻璃委託案實驗結果 (1)

種類	遮蔽係數	可見光 穿透率(%)	可見光(外) 反射率(%)
單層玻璃塗覆 Low-E 膜	0.77~0.81	76~78	7~8
調光玻璃	0.72	52	25
膠合玻璃	0.56~0.65	34~72	6~8
複層玻璃	0.22~0.60	14~68	5~23
三層玻璃	0.35	52	16

表 4-4.3 本年節能玻璃委託案實驗結果 (2)

種類	可見光(內) 反射率(%)	紫外線 穿透率(%)	色溫 (K)	U W/(m ² K)
單層玻璃塗覆 Low-E 膜	6~8	4~31	6400~6700	5.8~6.0
調光玻璃	23	12	5326	5.8
膠合玻璃	4~7	0~1	5400~7200	5.4~5.6
複層玻璃	10~23	4~31	6400~7200	1.3~2.2
三層玻璃	19	0~1	7093	1.8

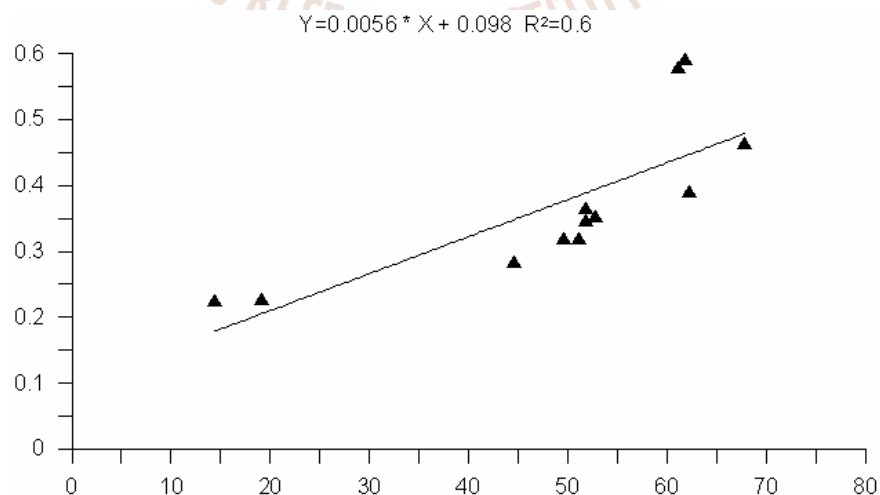


圖 4-5.5 複層玻璃之可見光穿透率與 SC 關係圖

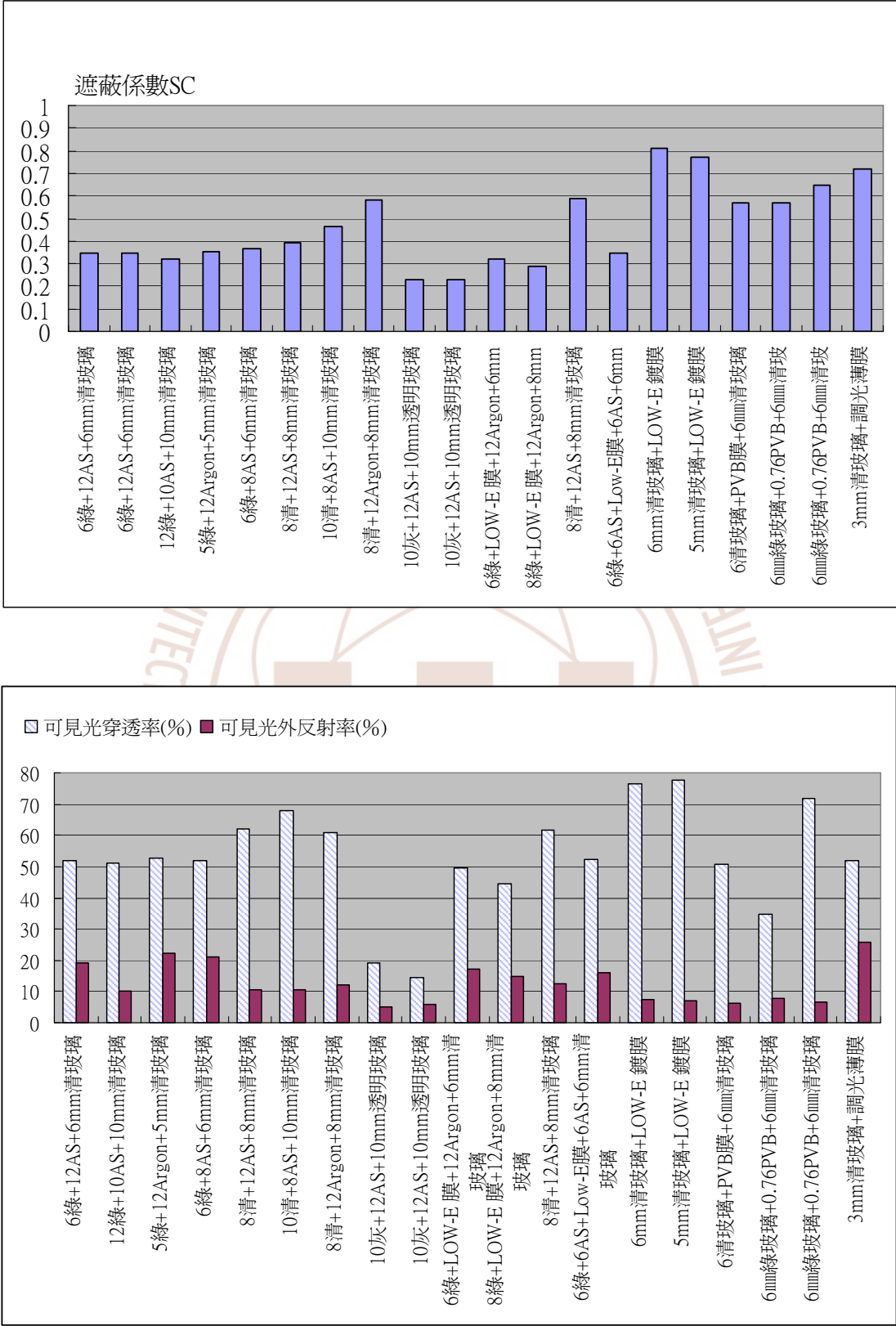


圖 4-5.6 97 年委託技術服務案件實驗結果(3)

第六節 紫外線曝曬加速老化實驗結果

本研究採用 QUV 耐候試驗機模擬陽光照射，並進行市售 8 種節能玻璃實驗。探討參數包括：

(1) 可見光穿透率

(2) 日光入射之演色性 Ra、色溫、色度

表 4-6.1 QUV 曝曬加速老化照射前實驗結果

試驗試件	可見光穿透率	演色性 Ra	色溫	色度
1. 三層玻璃： 6mm 綠色玻璃（外） +6AS+Low-E 隔熱膜 +6AS+6mm 清玻璃（室內）	52.23%	89.34%	7105 K	(0.2994, 0.3404)
2. 複層玻璃 6mm 綠色玻璃（室外） + Low-E Coating+12AS+6mm 清玻璃（室內）	52.21%	89.29%	6753 K	(0.3050, 0.3464)
3. 單層玻璃 6mm 清玻璃+0 隔熱紙	34.97%	96.92%	7177 K	(0.3017, 0.3243)
4. 單層玻璃 6mm 清玻璃+P 隔熱紙	66.50%	97.23%	6720 K	(0.3081, 0.3321)
5. 單層玻璃 6mm 清玻璃+ATO 鍍膜	60.67%	96.16%	7067 K	(0.3027, 0.3281)
6. 膠合玻璃 6mm 綠玻璃 +0.76mmPVB 膠合膜 +6mm 玻璃	71.34%	90.24%	7169 K	(0.2988, 0.3382)
7. 半反射玻璃	31.40%	98.22%	4369 K	(0.3671, 0.3746)
8. 單層玻璃 6mm 清玻璃+Q 隔熱紙	59.31%	87.12%	6205 K	(0.3154, 0.3571)

表 4-6.2 QUV 曝曬加速老化實驗結果（照射 1000 小時）

試驗試件	可見光穿透率	演色性 Ra	色溫	色度
1. 三層玻璃： 6mm 綠色玻璃（外） +6AS+Low-E 隔熱膜 +6AS+6mm 清玻璃（內）	52.15%	89.33%	7111 K	(0.2993, 0.3404)
2. 複層玻璃 6mm 綠色玻璃（室外） + Low-E Coating+12AS+6mm 清 玻璃（室內）	52.18%	89.25%	6762K	(0.3049, 0.3464)
3. 單層玻璃 6mm 清玻璃+0 隔熱紙	35.04%	96.94%	7162 K	(0.3020, 0.3244)
4. 單層玻璃 6mm 清玻璃+P 隔熱紙	66.48%	97.15%	6706 K	(0.3083, 0.3325)
5. 單層玻璃 6mm 清玻璃+ATO 鍍膜	61.23%	95.93%	7047 K	(0.3029, 0.3289)
6. 膠合玻璃 6mm 綠玻璃 +0.76mmPVB 膠合膜 +6mm 玻璃	71.17%	90.23%	7180 K	(0.2986, 0.3381)
7. 半反射玻璃	31.40%	98.23%	4375 K	(0.3669, 0.3745)
8. 單層玻璃 6mm 清玻璃+Q 隔熱紙	59.51%	87.30%	6204 K	(0.3155, 0.3568)

表 4-6.3 QUV 曝曬加速老化實驗結果（照射 2000 小時）

試驗試件	可見光穿透率	演色性 Ra	色溫	色度
1. 三層玻璃： 6mm 綠色玻璃（外） +6AS+Low-E 隔熱膜 +6AS+6mm 清玻璃（內）	52.08%	89.33%	7123 K	(0.2992, 0.3402)
2. 複層玻璃 6mm 綠色玻璃（室外） + Low-E Coating+12AS+6mm 清 玻璃（室內）	52.32%	89.19%	6793 K	(0.3043, 0.3460)
3. 單層玻璃 6mm 清玻璃+0 隔熱紙	35.37%	96.84%	7114 K	(0.3027, 0.3249)
4. 單層玻璃 6mm 清玻璃+P 隔熱紙	67.31%	96.93%	6585 K	(0.3102, 0.3348)
5. 單層玻璃 6mm 清玻璃+ATO 鍍膜	63.50%	95.85%	6911 K	(0.3048, 0.3312)
6. 膠合玻璃 6mm 綠玻璃 +0.76mmPVB 膠合膜 +6mm 玻璃	70.93%	90.23%	7200K	(0.2983, 0.3378)
7. 半反射玻璃	31.38%	98.24%	4374 K	(0.3669, 0.3745)
8. 單層玻璃 6mm 清玻璃+Q 隔熱紙	59.20%	86.86%	6210 K	(0.3154, 0.3571)

第五章 結論與建議

第一節 結論

本研究於執行期間，首先透過玻璃建材自然採光標準比較分析，完成撰寫熱環境實驗室標準書與作業程序，並進一步完成市售標稱節能玻璃與非節能玻璃之可見光穿透率、演色性、色溫、室內反射率等性能分析，相關實驗建議數據可供「建築節約能源設計技術規範與實例」或設計人員於建築節能及採光設計參考。

另外本研究亦配合業界委託技術服務，將量測所得數據與「高性能節能玻璃」之綠建材標章評估基準作比對，除可協助業界研發改進，相關資料亦可回饋未來推動節能政策參考。

再者，本研究亦利用 ED-XRF 量測技術、TCLP 溶出技術及立體、偏光顯微鏡觀察探討節能玻璃是否含有綠建材標章一般通則限制物質，並進行紫外線曝曬（QUV）耐候性測試評估，研究結果詳列如下：

- (1) 完成國內外有關玻璃自然採光量測標準及相關評估指標資料蒐集。
- (2) 建立性能實驗中心玻璃建材自然採光量測、TCLP 溶出分析、QUV 試驗技術。
- (3) 完成市售節能玻璃建材之可見光透射率、可見光反射率、室內反射率、演色性、色溫、紫外線穿透率、Skin damage factor 及相對光譜能量分佈分析比較。
- (4) 共建立市售參層玻璃（共 5 種）、複層玻璃（共 14 種）、膠合玻璃（共 3 種）、單層節能玻璃（共 46 種）、單層非節能玻璃（共 17 種）全（半）反射玻璃（共 9 種）之光學性質資料庫。
- (5) 利用 ED-XRF 技術完成 17 種市售節能玻璃化學元素成分分析。
- (6) 完成市售 8 種節能玻璃 QUV 耐候試驗與解析。

第二節 後續研究建議

本研究計畫除完成上述研究成果外，於計畫執行過程中對於玻璃建材應用於建築節能上之效益認為有長遠之發展潛力，故針對與本研究計畫相關之未來研究方向提供下列建議事項：

1. 由本研究計畫蒐集資料可知目前廠商大部分都沒有公告日光穿透之演色性、色溫、色度等採光效果數據供消費者參考，而本研究已完成國內外有關玻璃自然採光量測標準蒐集、試驗程序建立與完整檢測服務設施，可立即提供業界與行政機關委託辦理相關檢測工作，建議予以規範節能玻璃之自然採光效果認證事項，以提昇我國玻璃產品之節能技術與國際競爭力。
2. 本研究主要針對玻璃試件進行相關實驗研究，建議日後可進行全尺度探討或現場調查節能玻璃對室內照明效果影響，包括照度、輝度、均齊度等，俾使研究更臻完整。
3. 目前結合太陽能發電與建築物外牆兩項功能的一體型太陽能電池模板 (Building-integrated photovoltaic, BIPV) 產品已被整合、設計並裝置在建築物上，然而相關光學或熱學試驗標準尚待擬訂，鑑於未來對「再生能源」日漸重視，建議可進行相關評估研究工作。

期初審查會議紀錄及處理情形

審查意見	辦理情形
1. 本案研究內容分為節能玻璃對採光影響、重金屬含量調查及 Low-E 膜老化探討三部份，宜妥適規劃研究期程並儘速執行。	已妥適規劃研究期程。
2. 文獻回顧部分宜再加強，尤其需釐清節能玻璃對室內光環境影響的評估指標內容，並補充該指標與本案研究的相關性。	已補充光環境評估指標。
3. Low-E 膜戶外曝曬試驗，與 QUV 耐候性試驗的關連性，請補充說明之；同時此二項實驗作業是否影響研究期程，宜請審慎考量。	戶外曝曬試驗與 QUV 耐候性試驗可分別進行，不會影響研究期程。
4. 本研究宜就半反射及全反射玻璃造成外界光害問題，以及對室內採光的影響，廣泛蒐集相關文獻，以凸顯本案執行內容的重要性。	已蒐集半反射及全反射玻璃相關文獻，並規劃納為實驗項目。
5. 有關 Low-E 膜老化程度，對室內採光及節能效益影響的課題，建議併同納入研究。	Low-E 膜老化對室內採光及節能效益影響，已納入研究內容。

期中審查會議紀錄及處理情形

審查意見	辦理情形
1. P. 9 「…可隔絕室外溫度約 50%…」，究為降低溫度或為其隔絕日射量，請補充說明之。	P. 9 係指可阻絕日光輻射能量約 50%，已修正。
2. 「總熱傳係數」是否即為「熱傳透率」，應予明確定義釐清。	「總熱傳係數」定義已補充。
3. 期中報告第四章第三節有關 6mm 清玻璃未貼隔熱紙之相關數據，請補充之，俾利後續參考應用。	6mm 清玻璃未貼隔熱紙之相關數據已補充。
4. 建議提供本計畫相關隔熱紙之廠牌資訊及其實測數據，以供設計者及使用者參考使用。	為避免廠牌資訊公開可能產生爭議建議不公佈。
5. 本研究案之玻璃建材對建築採光節能調查資料，大致已完成預期研究目的。	謝謝委員指導。
6. 調查成果應謹慎呈現，以避免後續成果公布時所可能產生的爭議。	遵示辦理。
7. 本計畫所引用之圖、表數據等，如非自行研究所得，應註明資料來源。	已標註資料來源。
8. 建議將本案實驗解析成果與綠建材標章之「高性能節能玻璃」評估基準進行比較，可評估納為未來調整的參考。	將試驗成果與綠建材標章之「高性能節能玻璃」評估基準進行比較。
9. 建議參考綠建材標章中之 TCLP 溶出試驗程序，進行玻璃重金屬成分之實驗分析作業。	已參考綠建材標章中之 TCLP 溶出試驗程序，進行相關實驗分析作業。
10. 有關複層玻璃中間空氣層厚度對節能效果之影響分析部分，建議將”節能效果”改成”保溫效果”。	已參考建議修正之。
11. 後續研究建議應針對廠商標稱數據與實際結果進行比對，以了解目前廠商數據之合理性。	已參考建議針對廠商標稱數據與實際結果進行比對。

期末審查會議紀錄及處理情形

審查意見	辦理情形
1. 本年度受理之玻璃試件已達 59 件，代表性能實驗中心於玻璃性能檢測上已受業界肯定。希望性能實驗中心能持續建立相關資料庫，以供綠建築日常節能指標或綠建材高性能玻璃評定參考。	將持續建立相關資料庫，俾供綠建築日常節能指標或綠建材高性能玻璃評定參考。
2. 光學玻璃未通電之可見光穿透率值 52.54%，日光輻射熱取得率 0.63。理論上，玻璃不通電是不透明，應有很大的改變，本產品似乎較類似產品之性能為差，可否說明原因。	研究報告內之調光玻璃構造係由 3mm 清玻璃黏貼調光薄膜組成，調光薄膜未通電時，呈現白霧狀、通電時，呈現透明狀。
3. 本研究對於節能玻璃進行光學與熱學之實測，建立相關性能資料，對於採光與節能設計提供了寶貴的參考資料。	謝謝委員指導。
4. 有關自然採光之測試標準收集、測試過程操作、經驗累積及培植測試人員之測試能力是最大收穫之一，可在未來作進一步協助業界改善玻璃製品之光學效果。	謝謝委員指導。
5. 如果可以配合用一至二個實際案例來說明運用效果及現場節能效益(一年節省多少空調或採光照明用電)更好。	建議納入後續研究探討。
6. 打字錯誤及中英文字型不統一，參數正體/斜體不一致情形，有待修正。	將進行校稿訂正。
7. 本研究執行相當多實驗，惟數據分析整理不夠深入，應再加強。	已參考建議進行數據整理分析。

參考書目

1. 葉世文、李訓毅，“建築節能法令之玻璃建材參數適用性驗證”，內政部建築研究所研究計劃成果報告，民國 96 年。
2. 照明 Q&A 節能技術手冊，民國 97 年。
3. ISO 9050, “Glass in building—Determination of light transmittance, solar direct transmittance, total solar energy transmittance, ultraviolet transmittance and related glazing factors”, 2003.
4. JIS R 3106 , “ Testing method on transmittance, reflectance and emittance of flat glasses and evaluation of solar gain coefficient ” , 1998.
5. CIE13.3, “Method of measuring and specifying colour rendering properties of light sources ” , 1995 .
6. CIE130, “Practical Methods for measurement of reflectance and transmittance” , 1997 .
7. CIE15, “Colorimetry” , 2004.
8. CIE S014, “Colorimetry-Part1:CIE Standard Colorimetric Observers” , 2006.
9. CIE S014, “ Colorimetry-Part2:CIE Standard Colorimetric Illuminants” , 2006.
10. CIE S019, “Photocarcinogenesis Action Spectrum (Non-Melanoma Skin Cancers) ” , 2006.
11. ASTM D6052 “Standard Test Method for Preparation and Elemental
12. Analysis of Liquid Hazardous Waste by Energy-Dispersive X-Ray Fluorescence” (2008)
13. C. Decker, ” Weather resistance of waterbased UV-cured polyurethane-acrylate coatings ” Polymer Degradation and Stability

(2004).

14. US Department of Energy website, www.energystar.gov
15. Nilgun Dogan Baydogan, " Solar parameters of induced W03-coated glass" ,
16. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B 264 (2007).
17. David Russo, " The influence of film composition on the optical and thermal properties of solar control coating" , Thin Solid Film (2001).
18. MCKINLAY , " A Reference Action Spectrum for Ultraviolet Induced Erythema in Human Skin" . CIE Journal, **6**, 1987, pp. 17-22

