

台南地區國小課後安親班之照明 環境品質調查研究(2/3)

內政部建築研究所自行研究報告

中華民國 100 年 12 月

(本報告內容及建議，純屬研究小組意見，不代表本機關意見)

100301070000G1054

台南地區國小課後安親班之照明 環境品質調查研究(2/3)

研 究 人 員：蔡介峰

內政部建築研究所自行研究報告

中華民國 100 年 12 月

(本報告內容及建議，純屬研究小組意見，不代表本機關意見)

MINISTRY OF THE INTERIOR
RESEARCH PROJECT REPORT

A Study of Lighting Environment for Day
Care and Tutorial Centers
in Tainan City(2/3)

BY

CHIEH FENG , TSAI
December 31, 2011

目次

| | |
|------------------------|------|
| 目次..... | I |
| 表次..... | II |
| 圖次..... | V |
| 摘要..... | VIII |
| 第一章 緒論..... | 1 |
| 第一節 研究動機與目的..... | 1 |
| 第二節 研究內容與限制條件..... | 3 |
| 第三節 研究流程與步驟..... | 5 |
| 第四節 相關文獻回顧..... | 6 |
| 第二章 安親班與教室照明..... | 8 |
| 第一節 國小學童課後托育班類型..... | 8 |
| 第二節 安親班教室照明品質評估指標..... | 10 |
| 第三節 安親班教室照明節能..... | 40 |
| 第四節 安親班教室照明評比標準..... | 46 |
| 第三章 現場量測調查..... | 49 |
| 第一節 調查之安親班規模..... | 49 |
| 第二節 安親班教室光環境調查..... | 51 |
| 第三節 安親班教室調查案例解析..... | 73 |
| 第四章 安親班教室照明設計模擬..... | 94 |
| 第一節 安親班教室照明模擬設定..... | 94 |
| 第二節 照明模擬結果與現場量測比對..... | 101 |
| 第三節 安親班照明設計及分析..... | 109 |
| 第五章 結論與建議..... | 125 |
| 第一節 結論..... | 125 |
| 第二節 建議..... | 127 |
| 附錄..... | 129 |
| 參考書目..... | 147 |

表 次

| | | |
|---------|--------------------------|----|
| 表1-2.1 | 研究內容與進度說明 | 3 |
| 表2-2.1 | IESNA規範照度分級 | 11 |
| 表2-2.2 | 各國照度分級比較 | 12 |
| 表2-2.3 | CNS12112有關教室室內照明 | 13 |
| 表2-2.4 | 學校各類教室之照度建議值 | 14 |
| 表2-2.5 | 教育建築照度建議值 | 14 |
| 表2-2.6 | EN增訂6種教育建築照度建議值 | 15 |
| 表2-2.7 | GB規範訂定4種教育建築照度建議值 | 15 |
| 表2-2.8 | IESNA教育場所照度規範 | 16 |
| 表2-2.9 | 各國教育場所照度基準比較 | 16 |
| 表2-2.10 | 材料反射率參考表 | 19 |
| 表2-2.11 | 周圍環境照度規定 | 22 |
| 表2-2.12 | EN對視野背景水平照度規定 | 23 |
| 表2-2.13 | 各種光源色溫度 | 25 |
| 表2-2.14 | GB 規範對光源色溫度適用場所建議 | 26 |
| 表2-2.15 | 眩光等級、輝度曲線與設計照度對照表 | 32 |
| 表2-2.16 | 輝度曲線之眩光等級 | 32 |
| 表2-2.17 | CGI眩光指數與感受關係 | 33 |
| 表2-2.18 | UGR眩光指數與感受關係 | 34 |
| 表2-2.19 | CIE等規範對燈具遮光角限制 | 35 |
| 表2-2.20 | AS/NZS規範對燈具遮光角限制 | 35 |
| 表2-2.21 | CIE等規範對光幕反射眩光限制 | 36 |
| 表2-3.1 | 安定器內藏式螢光燈泡能源效率基準 | 40 |
| 表2-3.2 | 安定器內藏式螢光燈泡能源效率分級 | 41 |
| 表2-3.3 | 螢光燈管長度100cm以上之節能標章節源效率基準 | 41 |
| 表2-3.4 | 螢光燈管長度100cm以下之節能標章節源效率基準 | 42 |

| | | |
|--------|---------------------------|-----|
| 表2-3.5 | 高效率照明燈具節能標章能效基準 | 42 |
| 表2-3.6 | 綠建築標章中對主要空間之照明功率密度基準 | 43 |
| 表2-3.7 | 各國教室照明用電密度基準比較 | 45 |
| 表2-4.1 | 各項照明品質指標建議之加權百分比 | 48 |
| 表3-1.1 | 研究調查樣本 | 49 |
| 表3-3.1 | 燈具配置方向 | 73 |
| 表3-3.2 | 燈具類型 | 75 |
| 表3-3.3 | T8燈源色座標、色溫及演色性 | 76 |
| 表3-3.4 | T5燈源色座標、色溫及演色性 | 77 |
| 表3-3.5 | 燈具UGR眩光指標 | 78 |
| 表3-3.6 | 安親班照明耗電估算 | 81 |
| 表4-1.1 | 安親班教室模擬空間尺寸 | 95 |
| 表4-1.2 | 模擬燈具選用 | 96 |
| 表4-2.1 | N01安親班實測與模擬比對 | 102 |
| 表4-2.2 | N011安親班實測與模擬比對 | 103 |
| 表4-2.3 | N014安親班實測與模擬比對 | 105 |
| 表4-2.4 | 牆面裝修材料反射率差異性比對 | 106 |
| 表4-2.5 | 天花板裝修材料反射率差異性比對 | 107 |
| 表4-2.6 | 地面裝修材料反射率差異性比對..... | 108 |
| 表4-3.1 | 各種燈具所需安裝最少盞數(N01) | 110 |
| 表4-3.2 | 各種燈具設置成本分析(N01) | 112 |
| 表4-3.3 | 各種燈具所需安裝最少盞數(N011) | 114 |
| 表4-3.4 | 各種燈具設置成本分析(N011) | 115 |
| 表4-3.5 | 各種燈具所需安裝最少盞數(N014) | 117 |
| 表4-3.6 | 各種燈具設置成本分析(N014) | 119 |
| 表4-3.7 | 各種燈具所需安裝最少盞數(N017) | 120 |
| 表4-3.8 | 各種燈具設置成本分析(N017) | 122 |
| 表4-3.9 | 各種燈具所需安裝最少盞數(N017) | 123 |

表4-3.10 安裝燈具數量基準建議表 124

圖 次

| | | |
|--------|-------------------------------|----|
| 圖1-3.1 | 研究流程與步驟..... | 5 |
| 圖2-2.1 | 照度、輝度示意圖..... | 18 |
| 圖2-2.2 | 教室主要表面示意圖..... | 19 |
| 圖2-2.3 | 等照度圖..... | 22 |
| 圖2-2.4 | 眩光示意圖..... | 28 |
| 圖2-2.5 | Guth位置指數示意圖..... | 30 |
| 圖2-2.6 | 燈具維護示意圖..... | 38 |
| 圖2-2.7 | 燈罩更換示意圖..... | 38 |
| 圖2-2.8 | 牆面粉刷乾淨照片..... | 38 |
| 圖2-3.1 | ASHARE 90.1-2007室內照明用電標準..... | 44 |
| 圖3-1.1 | 調查之教室面積大小..... | 50 |
| 圖3-2.1 | LMT POCKET-Lux 2照度計..... | 51 |
| 圖3-2.2 | Minolta LS-100輝度計..... | 52 |
| 圖3-2.3 | PHOTO RESEARCH PR-655光譜儀..... | 52 |
| 圖3-2.4 | 水平照度量測..... | 53 |
| 圖3-2.5 | 黑板垂直照度量測位置..... | 54 |
| 圖3-2.6 | 空間縱向輝度量測位置..... | 55 |
| 圖3-2.7 | 色座標..... | 57 |
| 圖3-3.1 | 裝設旋轉風扇統計..... | 74 |
| 圖3-3.2 | 裝設旋轉風扇教室照片..... | 74 |
| 圖3-3.3 | 裝設燈具類型統計..... | 75 |
| 圖3-3.4 | 裝設燈源類型統計..... | 76 |
| 圖3-3.5 | 平均水平照度統計(桌面)..... | 79 |
| 圖3-3.6 | 平均垂直照度統計(黑板)..... | 80 |
| 圖3-3.7 | 照明功率密度統計..... | 82 |

| | | |
|---------|------------------------------------|-----|
| 圖3-3.8 | 空間縱向輝度比..... | 85 |
| 圖3-3.9 | 色溫量測統計..... | 86 |
| 圖3-3.10 | 演色性量測統計..... | 87 |
| 圖3-3.11 | 整體照明品質評價指標 (S_{total}) 統計..... | 88 |
| 圖3-3.12 | 平均照度評價指標 (S_{EAV}) 統計..... | 89 |
| 圖3-3.13 | 均齊度評價指標 (S_{uni}) 統計..... | 90 |
| 圖3-3.14 | 用電密度評價指標 (S_{LPD}) 統計..... | 91 |
| 圖3-3.15 | 燈源演色性指數評價指標 (S_{RA}) 統計..... | 92 |
| 圖3-3.16 | 人工光源提供統計(S_{UGR})..... | 93 |
| 圖4-1.1 | 燈具之能源效率..... | 97 |
| 圖4-1.2 | 燈具之眩光指數..... | 97 |
| 圖4-1.3 | DIALux空間設定畫面..... | 98 |
| 圖4-1.4 | DIALux燈具配置與排列方式畫面..... | 99 |
| 圖4-1.5 | DIALux空間照明效果模擬畫面..... | 95 |
| 圖4-2.1 | N01安親班之模擬空間配置..... | 101 |
| 圖4-2.2 | N01安親班之桌面水平照度模擬結果..... | 102 |
| 圖4-2.3 | N01安親班之模擬空間配置..... | 103 |
| 圖4-2.4 | N011安親班之桌面水平照度模擬結果..... | 103 |
| 圖4-2.5 | N014安親班之模擬空間配置..... | 104 |
| 圖4-2.6 | N014安親班之桌面水平照度模擬結果..... | 105 |
| 圖4-2.7 | 各安親班實測與模擬比對..... | 105 |
| 圖4-3.1 | 燈具能源效率與照明功率密度比對 (N01)..... | 111 |
| 圖4-3.2 | 整體照明品質評價指標 (N01) 統計..... | 113 |
| 圖4-3.3 | 燈具能源效率與照明功率密度比對 (N011)..... | 116 |
| 圖4-3.4 | 整體照明品質評價指標 (N011) 統計..... | 116 |
| 圖4-3.5 | 燈具能源效率與照明功率密度比對 (N014)..... | 118 |
| 圖4-3.6 | 整體照明品質評價指標 (N014) 統計..... | 119 |

| | | |
|--------|----------------------------------|-----|
| 圖4-3.7 | 燈具能源效率與照明功率密度比對 (N017) | 121 |
| 圖4-3.8 | 整體照明品質評價指標 (N017) 統計 | 122 |

摘要

關鍵詞：安親班、照明環境品質、照明設計

一、研究緣起

隨著時代的進步，台灣經濟快速的發展，國民所得不斷的增加，人民生活水準的提高。由此社會進步的需求，以及家庭結構與生活方式的改變，促使愈來愈多的家庭婦女加入了就業市場，造成了國小學生課後無人照顧的問題。因此；國小課後安親班如雨後春筍般到處林立，鑑於我國學童的近視率與近視增加度數近年來逐漸增加、惡化的趨勢，而且好發的年齡層亦逐年下降，然以往研究或現行規範較少針對課後安親班提供照明環境品質現場調查資料與指標建議。

二、研究方法及過程

因此，本研究主要蒐集國內外相關照明規範與趨勢，瞭解照度、輝度分佈、均勻度、眩光等各項照明品質推薦基準；然後進行安親班照明現況調查與案例蒐集解析，瞭解其照明環境，輔以電腦軟體模擬分析設計，提供改善照明環境參考。

三、重要發現

(一)現場調查部分

1. 約有87%調查案例之教室燈具配置方向平行於黑(白)板面，13%混和型(部分平行、部分垂直)，沒有一家垂直黑(白)板面安裝，但若教室安裝為無防眩格柵開放型燈具，平行安裝方向產生之眩光往往會大於垂直安裝方向，且燈管裸露在燈具之外，燈管表面輝度極大，學童上課容易產生視覺不舒適或疲勞。
2. 約有56%調查案例之教室天花板裝設旋轉風扇，若配置於燈具附近時，風扇旋轉可能造成照明效果產生閃爍現象，造成學童分心，甚至影響學童視力健康或其他頭痛等生理毛病，故建議盡量避免裝設往復式運動機械體或考量恰當位置。

3. 約有69%調查案例所裝燈具，屬於燈管露出而無法限制眩光之G3類型照明燈具，其量測之UGR眩光指標約介於23~28，無法滿足CIE等規範對教育場所建議應小於19之規定。
4. 約有69%調查案例之教室桌面水平平均照度小於500 lux，且整個調查樣本之平均為455 lux，明顯照度不足，無法滿足CIE等規範公告之500 lux建議基準值。
5. 調查案例中，同時桌面水平照度及黑板垂直照度達到500 lux共有4間，但這4間安親班照明功率密度約介於19.74~28.4W/m²，可見綠色節能照明設計有很大發揮空間。
6. 安親班照明品質整體評價平均只有58分，其中有63%調查案例不足60分，顯見照明品質提升還需很大努力空間。

(二)電腦軟體模擬部分

1. 完成「安裝燈具數量基準建議表」，可提供業者由空間尺寸、室內裝修情形、燈具種類及安裝數量，簡易判斷桌面水平照度是否達到規範建議之500 lux基準，可供查核或設計參考，俾初步改善現有照明環境。
2. 模擬結果採用高效率節能標章燈具照明功率密度較低，可提升能源使用效率，但需留意光型較集中燈具，其整體配光效果可能較聚焦，因此採用此類型燈具，安裝位置需妥善與課桌椅搭配，盡量使每張桌面之水平照度均齊度至少達到0.7以上，以符合ISO等規範。

四、主要建議事項

(一)立即可行建議

主辦機關：經濟部能源局

協辦機關：內政部建築研究所

經濟部能源局為肯定省能技術於產品之應用，循以市場誘因導向機制，積極推動高效率「節能標章燈具」認證，取得認證之產品，代表能源效率高，更能省能省錢。惟97年11月17日公告實施「室內照明燈具節能標章」能效基準，僅訂定燈具效率、統一眩光值(UGR)及燈源演色性(Ra)相關指標，沒有均齊度相關規定，若室內照明環境配光不均勻，亦容易導致

視覺疲勞，故建議可參酌「道路照明燈具節能標章」將該項指標納入，以確保室內照明品質。

(二) 立即可行建議

主辦機關：教育部

協辦機關：經濟部標準檢驗局、內政部建築研究所

依本研究調查結果安親班照明環境品質可能存在相關問題，亟需相關規範進行管制，建議可從建立安親班相關標章、高效率照明器具推動，以建立優質節能照明環境。

(三) 立即可行建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：內政部營建署

本(100)年度已完成安親班光環境現況調查量測，並利用 DIALux 照明模擬軟體完成 4 種不同空間尺寸與 10 種燈具之分析探討，為提昇國內光環境品質及推動建築照明節能，建議持續進行不同建築空間之照明環境品質與耗能狀況調查研究，或利用照明光學軟體加速模擬，俾供我國相關規範研訂或業界技術應用參考。

ABSTRACT

KEYWORDS: day care and tutorial centers , lighting quality, lighting design

Over the past few years, Taiwan's economy has grown quickly, national income has increased constantly, and the standard of living has risen. With the need of social progress, the change of family structure and life-styles, more and more women are urged to enter the employment market, which has resulted in the problem that no parents are able to take care of their elementary school students after school. Therefore, the demand for day care and tutorial centers to look after children for parents while they are still at work has become more and more in demand. Due to the myopia prevalence and myopia progression were getting worse for students in Taiwan in recent years, and the myopia onset age drops yearly, this caused a serious myopia situation.

This thesis has analyzed and compared with other countries' present lighting standards, and has surveyed 16 day care and tutorial centers nearby ABRI to assess the lighting quality and electric power consumption. Additionally, this thesis made simulations of light distribution of space illuminance of 4 kinds of different day care and tutorial center fixtures by software DIALux, 10 typical parameters of fixture efficacy and average illuminance 500Lux in the day care and tutorial centers spaces. After a quantitatively evaluation based on the lighting parameters, a more practical and valuable conservation evaluation method were proposed to provide a better lighting conservation code for day care and tutorial centers lighting design.

第一章 緒論

第一節 研究動機與目的

由於社會型態的改變，雙薪工作的核心家庭忙於賺錢謀生，父母工作時間和學童放學時間無法銜接，學童乏人照顧，再加上生育率降低，家長對小孩期望提升，而家庭內資源又不足，學童需要家庭、學校之外的第三者於放學後時間加強教育服務，因此造成目前國小課後安親班如雨後春筍般到處林立，我們可以由教育部委託高雄市教育局設計的「直轄市及各縣市短期補習班資訊管理系統」裡「全國補習班最近十年成長統計」資料分析發現，全國的補習班在2002年只有6,675家，而到2011年暴增為18,898家，10年間增加了12,223家補習班。其中台南市在2002年只有626家補習班，到2011年增加為1,648家補習班，十年間增加了1,002家。另全國補習班從1991年招生對象累計資料發現，招生對象為學齡前有466家，國小學童有8773家；國中有8146家，高中有1026家，高中以上有1701家。由上面的數據中可以看出近十幾年來補習業迅速的在成長，招生對象以國小學童為最多。

而根據兒童福利聯盟基金會「2009台灣兒童課後照顧概況調查報告」結果顯示，目前有7成4學童放學後到安親班或補習班報到，且平均待在安親班時間長達2~6小時，鑑於我國學童的近視率與近視增加度數近年來逐漸增加、惡化的趨勢，而且好發的年齡層亦逐年下降，然以往研究或現行規範較少針對課後安親班提供照明環境品質現場調查資料與指標建議。因此，本研究擬延續去(99)年度「便利商店之照明環境品質與耗能狀況之研究(1/3)」成果，進行課後安親班或補習班之照明環境品質調查，主要內容包括蒐集國內外相關教育場所照明規範與趨勢，瞭解照度、輝度分佈、均勻度、眩光等各項照明品質推薦基準；然後進行安親班照明現況調查與案例蒐集解析，瞭解其照明環境，輔以電腦軟體模擬分析設計，提供改善照明環境參考。

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，蒐集國內外教育場所或建築照明規範與基準等，包括照度、輝度分佈、均齊度、眩光、耗電指標等。

2. 蒐集有關教育場所或建築照明之技術文獻及研究論文資料，進行比較分析。

(二) 調查分析法：

1. 實際選定相關案例，調查與分析便利課後安親班照明環境現況，包括使用空間、照明方式、照明環境品質現況等。

2. 調查課後安親班使用照明器具相關資料，包括、燈具類型、燈源種類、等。

3. 利用 DIALux 電腦軟體模擬各種不同建築空間照明環境，俾供設計應用參考。

(三) 專家諮詢法：

訪談專家學者，獲得相關資訊，以利研究進行。

(四) 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 研究內容與限制條件

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 | 備註 |
|--------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----|
| 研究課題確立 | ■ | | | | | | | | | | |
| 界定研究範圍 及條件 | | ■ | | | | | | | | | |
| 相關文獻資料 蒐集及整理 | | ■ | ■ | ■ | | | | | | | |
| 國內外照明標 準及規範分析 | | | ■ | ■ | ■ | | | | | | |
| 照明環境現況 調查 | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | |
| 模擬燈具光學 性質量測 | | | | | | ■ | ■ | ■ | | | |
| 期中簡報 | | | | | | ■ | | | | | |
| DIALux 電腦模 擬設計 | | | | | | | ■ | ■ | ■ | | |
| 資料分析整理 | | | | | | | | ■ | ■ | | |
| 調查結果及討 論 | | | | | | | | | ■ | | |
| 期末簡報 | | | | | | | | | | ■ | |
| 繳交報告書 | | | | | | | | | | ■ | |
| 預定進度 (累積數) | 10% | 20% | 30% | 40% | 50% | 60% | 70% | 80% | 90% | 100% | |
| 說明：研究進度以粗線表示其起訖日期。 | | | | | | | | | | | |

本計畫限於時間、人力、物力、研究範圍等因素，無法涵蓋各層面相關變數，故有以下的限制限制條件如下：

1. 囿於時間、成本等因素無法至全國各區取樣研究，現場調查範圍僅以鄰近本所性能實驗中心附近之國小安親班或補習班為研究對象。
2. 本研究主要為了解整體國小課後安親班或補習班之照明環境，依現場調查經驗及現有資料分析發現，現行補習班為提供更多服務，吸引更多學童，很多都是綜合類型，服務內容包羅萬象包括才藝、課業、安親…等，本研究囿於時間與經費限制，無法逐一細分歸納比對，調查方式以個案分析及整體統計方式呈現，有關研究之結果僅表示調查案例評估成果。
3. 本研究照明耗電數據，係由實驗室量測一組相同燈源之燈具樣本，乘以安裝在安親班之燈具數量推估得到，因此研究結果應用有其限制。

第三節 研究流程與步驟

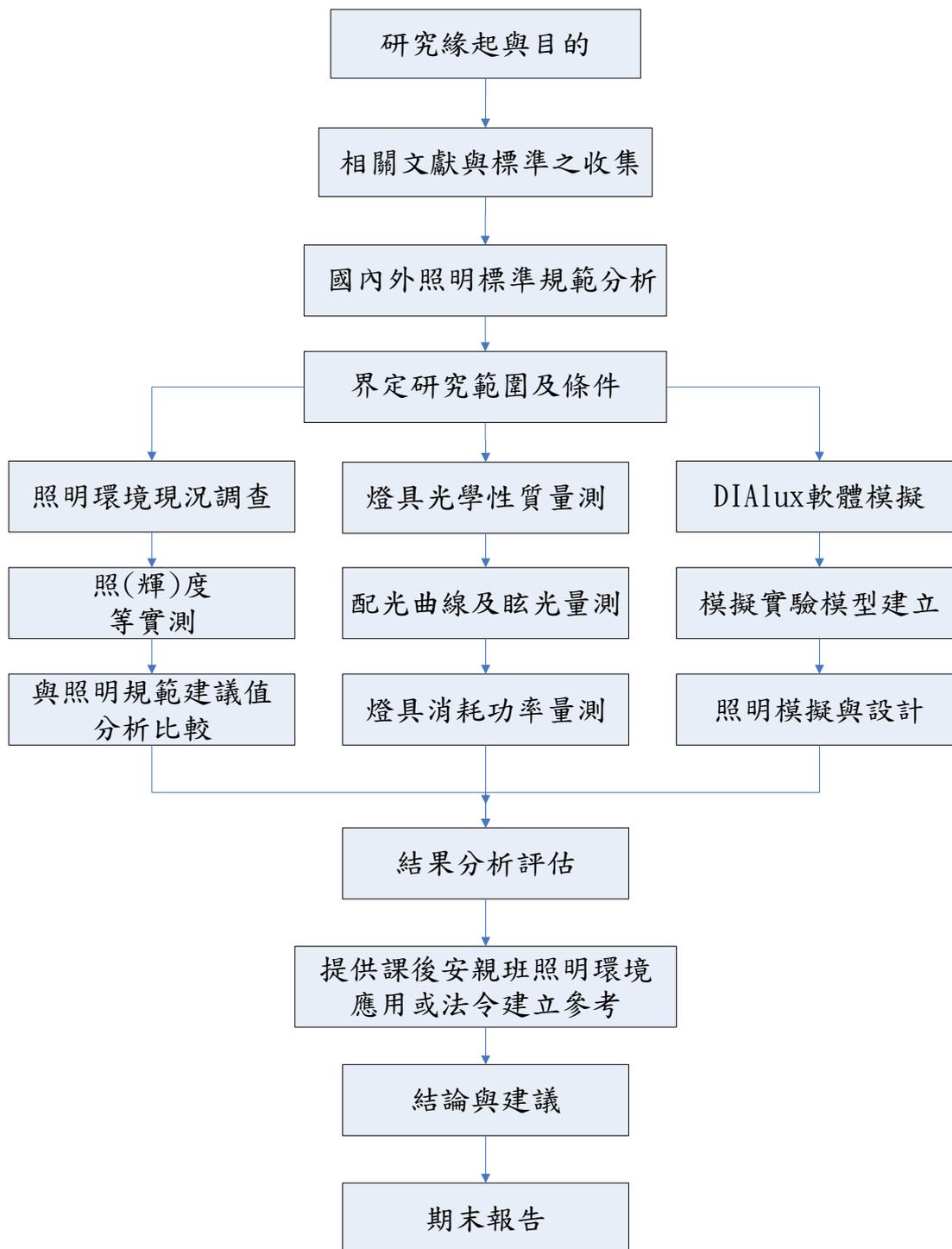


圖 1-3.1 研究流程與步驟

第四節 相關文獻回顧

文獻一：鄭素美（2010），” 台中縣國民小學學生課後補習之調查研究”，〈碩士論文〉

本研究旨在調查台中縣國民小學學生參加課後補習的情形，並探討家長讓孩子參加課後補習的原因和選擇補習班考慮的因素，研究發現家長為孩子選擇課後補習班考慮的主要因素為「環境設備因素」和「師資課程因素」，不同父親教育程度學童，其家長為孩子選擇課後補習班考慮因素之差異在環境設備因素上達顯著水準。父親教育程度是研究所以上和父親教育程度是高中或高職相較下其較重視課後補習班的環境設備，其中照明環境亦是主要考量因素之一。

文獻二：張智鴻、蕭弘清（2006），” 照明燈具遮光角對於照明品質之影響研究”，〈台灣照明學會論文集〉

本研究利用DIALUX照明設計軟體建立教室照明環境，使用光學模擬軟體Trace Pro設計燈具模型，針對遮光角加以變化；爾後置入燈具模擬輸出室內光環境之四項照明指標包括平均照度、統一眩光指標、均齊度、用電密度等，訂定一套簡易評比標準，作為選用設計燈具之參考依據。

文獻三：張春桂（2005），” 國小學童課後補習狀況與家長決策行為之探討~以台南市為例”，〈碩士論文〉

本研究探討在不同家庭背景變項下，家長讓學童參與課後補習的動機、家長為學童選擇課後補習班的條件、現在國小學童課後補習的概況，以及學童沒有參加課後補習之原因，本研究回收有效問卷計1045份，從此數據可知目前台南地區國小學童完全沒有參加任何補習者約佔兩成。其研究結果發現，家長讓學童參與課後補習的動機主要是培養孩子能力和學校課業因素；家長選擇課後補習班的條件依次是補習班教學、補習班設備、補習班師資、接送與價格和外來資訊。

文獻四：李信賢（2005），” 台中市國小教室採光照明環境之研究”，〈碩士論文〉

本研究以實際調查來探究台中市國民小學教室單元照明環境與自然採光的現況，並配合夜間實測照度值，比較日間人工照明與夜間照度值之差異性，量測時間從中午十二點至晚間六點整，每小時測量一次教室之開關燈照度，記錄現場之自然採光的基本資料（晝光分佈情形、晝光率）、教室單元的配置型態（教室單元配置形式、走廊配置形式、建築物座向、樓層）及人工照明的分析整理（燈具配置形式、數量、密度、照度值）等，以建立完整之教室基礎資料，以利後續之分析。配合照明環境相關文獻與理論之探討，評估現今國小之照明環境因子對於教室內照明環境品質之影響，提出一些研究發現與成果。

文獻五：教育部（2004），” 學校教室照明與節能參考手冊”

本手冊蒐集各項有關照明基礎與專業知識，從良好的教室照明所應具備之基本觀念到節能之方法，以及執行汰換高效率燈具之案例過程及成果，做一完整介紹，提供各級學校上課之普通教室規劃應用參考。

文獻六：王筱霞（2003），” 國小學生家長為子女選擇美語補習班之關鍵因素及決策行為”，〈碩士論文〉

國小學生是否參加美語班與年齡、教育程度、職業、家庭每月總收入、居住地區家長有顯著差異；亦與家長對美語班的認知有顯著差異。研究發現家長選擇美語班的主要考量為因素包括「課業」、「環境」及「推薦」，其中照明環境舒適與否亦是主要考量因素之一。

第二章 安親班與教室照明

第一節 國小學童課後托育班類型

現今忙碌的社會中，父母都要工作的雙薪家庭佔了大多數的比例，因此如何安排兒童的課後托育時間，也成了家長關心的問題，設置課後照顧服務的主要目的就是為了協助父母照顧與教導學齡兒童，不致因為父母親忙於工作等因素而疏於輔導學童，於平日放學後時間及寒暑假收托6歲以上、12歲以下的國小學童，進行相關課程教學及生活輔導、作業指導、才藝教導，以擴展學童創作思考能力、健全人格與社會發展。著重於學童放學後其課程、教學、生活輔導之有效規劃，讓父母可以安心工作、兒童可以健康、充實地成長。

執行兒童課後托育的機構包括國民小學、安親班、補習班、才藝班、非營利機構。名義除了國民小學的課後照顧之外，還有課後托育、課後安親、課後活動和課後輔導班等名稱。各直轄市、縣（市）主管機關依據相關法規所訂定的課後托育機構名稱也略有不同，在台北市稱為「兒童托育中心」，高雄市和台中市稱為「課後托育中心」，其他縣市稱為「安親班」，由社會局主管，另一個常聽到的類似機構-「課輔班」，則由教育局主管。才藝班被歸類為補習班的一種，由「補習及進修教育法」來規範，較強調兒童才藝、技能學習，也由教育局管理，國內近年來有關國小學童課後托育班的研究大致分成「安親班」、「課業補習班」及「才藝補習班」3大類，以下作簡略介紹：

一、安親班：

正式名稱為兒童托育中心，屬福利機構，受《兒童及少年福利法》規範，主任及所聘請的每名保育員（即老師）都須是社會福利相關科系畢業的專業人員，或者必須接受三百六十小時以上專業訓練，目前主管機關為各地方政府社會局，2015年幼教合一之後，主管機關更改為教育

局，早期安親班的性質是單純照料孩童，後來漸漸演變成除了服務與功能轉型，也結合課業輔導、才藝與興趣方面的多元知識技能，取代傳統單純的課後照顧，大部份安親班業者都提供接送服務，在學校放學後接小朋友到安親班上課，課程結束後，安排將孩童送回家。這當中有的安親班還會提供餐點給孩童當點心，甚至有的安親班也提供晚餐給雙薪家庭父母忙碌的孩童，讓孩童吃完晚餐再回家。這種多元化的教學方式及服務到家的功能，正是當前國小安親班的主流，也為忙碌、無暇照顧孩子的現代父母提供一個安置孩童的好處所。

二、課業補習班：

課業補習班可說是學科補習班，是指學童放學後到補習班接受學校教育中所教授科目的加強複習或延伸學習。例如：國中先修班、國語、數學、英文與自然等科目。課業補習班不受兒少法的規範，其所聘請的老師不需要經過專業訓練，所以在設置上較安親班容易，主管機關為各地方政府教育局。

三、才藝補習班：

才藝補習班可概分為學術型與非學術型兩種，前者包括才藝班數學、奧林匹克數學、珠心算、作文與電腦等；後者如美術類的陶藝、書法、繪畫；音樂類的鋼琴、小提琴、打擊樂；舞蹈類的芭蕾舞、兒童舞蹈；運動類的跆拳道、柔道、游泳、直排輪及圍棋等，課程安排上只對學童進行單科或多科的補習，不包括作業指導。

第二節 安親班教室照明品質評估指標

學生在進行學習行為時，幾乎都是依靠視覺來進行的，而為了適應學習環境，人類的視覺無形中會自行調節，來適應環境，但在如此的調節作用之下，眼部肌肉會過度緊張，故學童若長期處於不良的照明環境中，將會造成近視等視覺上的病症。因此對學童而言，上課教室內的照明環境具極大的影響力，如照明環境設計良好且設備得當，可以防止視覺疲勞、增加學習的效率與動機；反之學童眼睛會因不舒適、疲乏使視力受損，以致降低學習效率，長期甚至會影響學童健康。

良好教室照明環境應符合學童需求，包括滿足可視性、視覺舒適、健康安全、並能增進學習環境氣氛；本節針對照明設計考量各項因子逐一介紹，並將蒐集之國內外相關照明規範或技術手冊進行分析比較，包括 ISO 8995/CIE S008[1]、日本 JIS Z9125[2]、歐盟 EN12464-1[3]、新加坡 SS 531[4]、澳洲 AS/NZS 1680[5]、北美照明協會 IESNA[6]、大陸 GB50034[7]、CNS12112[8]、學校教室照明與節能參考手冊[9]，期供應用參考：

一、照度 (Illuminance)：

單位勒克司 (lux)，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，長期下來會傷害眼部肌肉，造成近視發生，因此，在教室學習環境中，為達視力保健，要求合宜的照度是非常重要的，良好教室照明除了教室水平照度（如桌面照度）需達標準照度外，並應要求目視目標的垂直照度（如黑板面照度）應達標準建議值。

1. 照度分級：

根據研究，人類視覺主觀明顯感覺到照度的變化，其差值大約為1.5倍，

而在一般照明條件下，提供20 lux水平照度，就能正確辨別人臉部特徵。因此CIE、ISO、EN、新加坡SS規範以此為照度分級最小值，並區分20、30、50、75、100、150、200、300、500、750、1000、1500、2000、3000、5000 lux等15級。

日本JIS規範考量自然光應用，以CIE分級為基準，往上增加7500、10000 lux等2級。

大陸GB規範分級與CIE標準大體一致，但為調和既有國內規範，照度分級往下延伸到0.5 Lux，共增加0.5、1、3、5、10、15 lux等6級。

美國IESNA規範分級，不以人類視覺主觀感受變化為基礎，而以照明活動或工作性質為分類依據，共區分為A~G 7等級，如表2-2.1所示。

澳大利亞AS/NZS規範亦以照明活動或工作性質為分類依據，區分40、80、160、240、320、400、600、800、1200、1600 lux等10級。

我國CNS規範照度分級係按建築或工作場所不同，除與CIE等國規範區分20~5,000 lux 15級外，向下延伸1、2、5、10等4級，往上增加7,500、10,000、15,000、20,000 lux等4級，共計23等級，各國照度分級比較如表2-2.2所示。

要創造優質教室照明環境，應依教室作業空間或人員活動特色分別設定照度等級，以防止視覺疲勞、增進學習的效率。

表2-2.1 IESNA規範照度分級

| 照度分級 | 照度值 (lux) | 活動或工作性質 |
|------|------------|-----------------------|
| A | 30 | 公共空間 |
| B | 50 | 短暫停留處所 |
| C | 100 | 簡單視覺作業 |
| D | 300 | 高對比且大件物體視覺作業 |
| E | 500 | 高對比且小件物體、低對比且大件物體視覺作業 |
| F | 1000 | 低對比且小件物體視覺作業 |
| G | 3000~10000 | 精密或特殊視覺作業場所 |

(資料來源：本研究整理)

表2-2.2 各國照度分級比較

| 室內照明規範 | 照度分級 | | |
|--------|------------|---------|-----|
| | 視覺感覺到照度的變化 | 活動或工作性質 | 等級數 |
| CIE | √ | √ | 15 |
| ISO | √ | √ | 15 |
| EN | √ | √ | 15 |
| SS | √ | √ | 15 |
| JIS | √ | √ | 17 |
| GB | √ | √ | 21 |
| IESNA | | √ | 7 |
| AS/NZS | | √ | 10 |
| CNS | √ | √ | 23 |

(資料來源：本研究整理)

2. 維持照度基準：

我國CNS 12112訂有照度標準，此標準依據各場所使用性質不同，訂定不同照度標準，範圍包括辦公室、工廠、學校、醫院、商店等28種建築或場所。其中教室照明按作業場所（如教室、實驗室……）分別提出不同的照度範圍，如表2-2.3所示。照度值係以目視作業面之水平面為量測基準（若無特別指定作業面高度，以距地板上0.85m為準，走廊、屋外以地面高度計算），量測方法採用CNS 5065-1988「照度測定法」，將受測區域等分為大小相同之面積，以切割交點為測點，總數為10~50點。

學校教室照明與節能參考手冊按作業性質（如極精細作業、精細作業、普通作業等）分別提出不同位置的照度建議值，包括桌面、地板面及黑板面等，如表2-2.4所示。桌面照度值係以桌面為量測基準，量測方法將受測區域等分

為4個大小相同之面積，以切割交點為測點，總數為9點；黑板垂直面照度值，係以黑板中軸線交點、垂直往上下各0.3m、然後向左右延伸1m，量測7點取其平均為其黑板之平均照度。

表2-2.3 CNS12112有關教室室內照明

| 學校 | | | |
|---------|----------------------------------|--|---|
| 照 度 lux | 場 所 (室 內) | | 作 業 |
| -- | | — | — |
| 1500 | | 製圖教室 縫紉教室 電腦教室 | ○精密製圖 ○精密實驗 ○縫紉 ○打鍵工作 ○圖書閱覽 ○精密工作 ○工藝美術製作 ○黑板書寫 ○天秤計量 |
| 1000 | | | |
| 750 | 教室，實驗室，實習工場，研究室， 圖書閱覽室，書庫 | | |
| 500 | 辦公室，教職員休息室，會議室，保 健室，餐廳，廚房，配膳室 | | |
| 300 | 廣播室，印刷室，總機室，守衛室， 室內運動場 | | |
| 200 | | | |
| 150 | | 大教室， 禮堂， 儲櫃室， 休息室， 樓梯間， 走廊， 電梯走道， 廁所， 值班室， 工友室， 天橋 | |
| 100 | | | |
| 75 | | | |
| 50 | 倉庫，車庫 | | |
| 30 | 安全梯 | | |

(資料來源：CNS12112)

表2-2.4 學校各類教室之照度建議值

| 作業種類 | 教室名稱 | 桌面照度 (lux) | 地板照度 (lux) | 黑板照度 (lux) |
|-------|--|---------------|---------------|---------------|
| 極精細作業 | 製圖教室、縫紉教室 | 750 | | 500 |
| 精細作業 | 普通教室、實驗教室、 電腦教室、自然教室、 社會教室、美術教室、 工藝教室、家事教室、 會計教室、英打教室、 視聽教室、語言教室、 攝影教室、餐飲教室、 音樂教室 | 500 | | 500 |
| 普通作業 | 舞蹈教室 | | 300 | 500 |

(資料來源：學校教室照明與節能參考手冊)

CIE、ISO、JIS、SS規範依據教育建築空間之室內、作業或活動種類，列出遊戲室等20種工作場所的平均照度 $\overline{E_m}$ 、統一眩光值(UGR)及演色性指標(Ra)建議值，如表2-2.5所示。

表2-2.5 教育建築照度建議值

| 室內、作業或活動種類 | $\overline{E_m}$ (lux) | UGR | Ra | 備註 |
|-----------------|------------------------|-----|----|-------------|
| (1) 遊戲室 | 300 | 19 | 80 | |
| (2) 托兒所 | 300 | 19 | 80 | |
| (3) 托兒所勞作室 | 300 | 19 | 80 | |
| (4) 教室 | 300 | 19 | 80 | 建議可調光 |
| (5) 夜校教室、成人教育教室 | 500 | 19 | 80 | |
| (6) 演講廳 | 500 | 19 | 80 | 建議可調光 |
| (7) 黑板 | 500 | 19 | 80 | 防止鏡面反射 |
| (8) 實習桌 | 500 | 19 | 80 | 於講座廳750 lux |
| (9) 美術、手工教室 | 500 | 19 | 80 | |

| | | | | |
|----------------|-----|----|----|---------------------------|
| (10) 美術學校美術室 | 750 | 19 | 90 | T _{cp} 至少5,000 K |
| (11) 製圖室 | 750 | 16 | 80 | |
| (12) 實習室、實驗室 | 500 | 19 | 80 | |
| (13) 教學實習工廠 | 500 | 19 | 80 | |
| (14) 音樂練習室 | 300 | 19 | 80 | |
| (15) 電腦教室 | 500 | 19 | 80 | |
| (16) 語言實習室 | 300 | 19 | 80 | |
| (17) 準備室、討論室 | 500 | 22 | 80 | |
| (18) 學生討論室、集合廳 | 200 | 22 | 80 | |
| (19) 教師辦公室 | 300 | 22 | 80 | |
| (20) 體育館、游泳池 | 300 | 22 | 80 | |

(資料來源：本研究整理)

EN對教育建築照度值分類與CIE標準大體一致，但為調和既有規範，另增訂入口大廳等6種室內、作業或活動種類之平均照度建議值，如表2-2.6所示。

表2-2.6 EN增訂6種教育建築照度建議值

| 室內、作業或活動種類 | \overline{E}_m (lux) | UGR | Ra | 備註 |
|------------|------------------------|-----|----|----|
| (21) 入口大廳 | 200 | 22 | 80 | |
| (22) 走廊 | 100 | 25 | 80 | |
| (23) 樓梯 | 150 | 25 | 80 | |
| (24) 儲存教具室 | 100 | 25 | 80 | |
| (25) 學校販賣部 | 200 | 22 | 80 | |
| (26) 廚房 | 500 | 22 | 80 | |

(資料來源：本研究整理)

大陸GB規範則列出教室、實驗室、美術教室、多媒體教室、教室黑板等場所或位置之照度值，量測基準如表2-2.7所示。

表2-2.7 GB規範訂定4種教育建築照度建議值

| 房間或場所 | 參考平面及其高度 | \overline{E}_m (lux) | UGR | Ra |
|-------|----------|------------------------|-----|----|
| 教室 | 課桌面 | 300 | 19 | 80 |
| 實驗室 | 實驗桌面 | 300 | 19 | 80 |
| 美術教室 | 桌面 | 500 | 19 | 90 |
| 多媒體教室 | 0.75m水平面 | 300 | 19 | 80 |
| 教室黑板 | 黑板面 | 500 | - | 80 |

(資料來源：本研究整理)

美國IESNA規範按教育場所性質列舉區分為教室等6種，分列不同場所之水平照度和垂直照度基準值，有關教育場所照度規範摘錄如表2-2.8所示，其中水平照度值係以0.76m水平面為量測基準，各國教室、黑板照度基準比較如表2-2.9所示。

表2-2.8 IESNA教育場所照度規範

| 教育場所照度建議值 | 水平照度值 (lux) | 垂直照度值 (lux) |
|-----------|-------------|-------------|
| 教室 | 500 | 300 |
| 實驗室 | 500 | 300 |
| 演講廳之講台 | 1000 | 500 |
| 美術教室 | 500 | 300 |
| 籃球場 | 1000 | 300 |
| 走廊 | - | 100 |

(資料來源：本研究整理)

表2-2.9 各國教育場所照度基準比較

| 室內照明規範 | 照度基準 (lux) | |
|---------|------------|-----|
| | 普通教室 | 黑板 |
| CIE/ISO | 300 | 500 |

| | | |
|-------------------|---------|---------|
| EN | 300 | 500 |
| SS | 300 | 500 |
| JIS | 300 | 500 |
| GB | 300 | 500 |
| IESNA | 500 | - |
| CNS | 500~750 | 300~500 |
| 學校教室照明與 節能參考手冊 | 500 | 500 |

(資料來源：本研究整理)

安親班服務內容包羅萬象包括課輔、才藝、安親等，所需照明環境不盡相同，建議應依據室內活動或作業種類，選擇適當照明環境，舉例說明如下：

1. 課輔性質：

主要加強複習或延伸學習學校教育中所教授科目，照明環境應比照一般學校普通教室，建議照度基準500 lux、統一眩光值(UGR)小於19及燈源演色性(Ra)大於80。

2. 才藝性質：

可概分為學術型與非學術型兩種，前者包括才藝班數學、珠心算、作文與電腦等，照明環境應比照一般學校普通教室，建議照度基準500 lux、統一眩光值(UGR)小於19及燈源演色性(Ra)大於80；後者如美術類的繪畫；音樂類的鋼琴、小提琴；舞蹈類的兒童舞蹈；運動類的跆拳道、柔道、直排輪等，建議可參考CIE等規範，選擇適當照明環境，各教育場所照度建議值如表2-2.5所示。

3. 單純照料孩童性質：

若安親班的性質僅是單純照料孩童，提供無暇照顧孩子的現代父母一個安置孩童的好處所，照明環境建議可比照遊戲室或托兒室，照度基準300 lux、統一眩光值(UGR)小於19及燈源演色性(Ra)大於80。

二、輝度 (Luminance)：

用來評估光源或受照物體反射的光亮程度，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 nit。

人的眼睛雖然對於視覺範圍內的各種物品之輝度差異值具有調適能力，但是如果輝度分布明暗對比太大時，會使視線不易集中，且需不斷調適各處不同的輝度值，眼睛明、暗調整變換頻率過高，易造成眼睛疲勞，導致視覺效能的減退，但相反的，如與輝度太接近，會使空間趨於平淡缺乏活力。物體輝度與人因及視覺探討包括：Jin Sook Lee[10]將作業面照度值分別控制在平均照度為200、500、1000 lux，窗面輝度控制在23000、15000、8000、5000、3000 cd/m^2 ，受測者實驗時間10秒，以問卷方式，探討受測者舒適感、眼睛恢復時間、輕鬆感等，藉由統計與迴歸分析，建立簡易眩光評價方法，調查結果顯示輝度越高，眼睛恢復時間越長。另詹永舟[11]改變螢幕輝度從0到255燭光，發現瞳孔直徑變化由大到小分佈在3.5~6.5公釐。

由於視覺輝度與室內表面裝修材料反射率與照度有關，因此運用顏色明度高的裝修材料，將明度低的裝修材變更為明度高的裝修材，可增加照度。各國主要規範室內表面反射率、輝（亮）度比，整理如下：

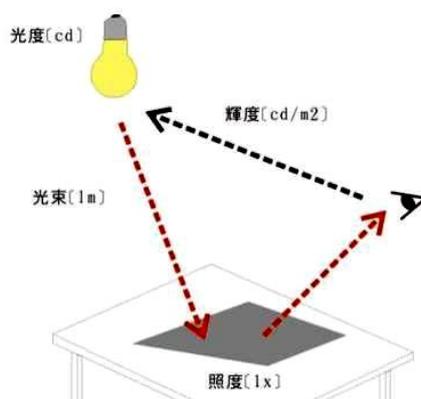


圖 2-2.1 照度、輝度示意圖
(資料來源：[12])

1. CIE/ISO、JIS、SS、GB等規範：

室內主要表面反射率建議範圍，分別如下，裝修材料反射率可由分光光譜儀等儀器測得，或參考學校教室照明與節能等相關手冊[9]獲得相關資訊：

- 天花板：0.6 ~ 0.9
- 牆面：0.3 ~ 0.8
- 作業面：0.2 ~ 0.6
- 地面：0.1 ~ 0.5

表2-2.10 裝修材料反射率參考表

| 材料名稱 | 反射率% | 材料名稱 | 反射率% |
|--------|------|--------|------|
| 白色泥粉刷 | 75 | 紅磚 | 33 |
| 混凝土地面 | 20 | 白色石膏板 | 75 |
| 水泥砂漿粉刷 | 32 | 淺藍色地磚 | 42 |
| 礦纖板 | 69 | 白色釉面磚 | 80 |
| 白色調和漆 | 70 | 綠色地磚 | 25 |
| 磨石子地面 | 39 | 白色大理石 | 62 |
| 中黃色調和漆 | 57 | 深咖啡色地磚 | 20 |

(資料來源：學校教室照明與節能手冊)

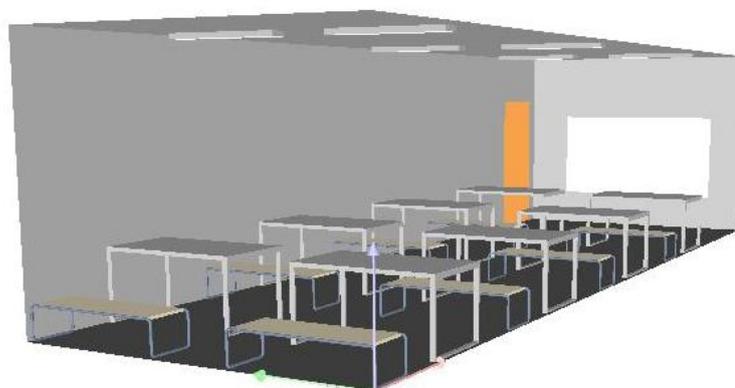


圖 2-2.2 教室主要表面示意圖

(資料來源：本研究繪製)

2. EN規範對室內主要表面反射率建議範圍：

- 天花板：0.7 ~ 0.9
- 牆面：0.5 ~ 0.8
- 地面：0.2 ~ 0.4

3. AS/NZS規範對室內主要表面反射率建議範圍：

- 天花板：大於0.6
- 牆面：大於0.5
- 地面：0.2 ~ 0.4

4. IESNA規範對教室主要表面反射率提出建議範圍：

- 天花板：0.7~ 0.9
- 牆面：0.4 ~ 0.6
- 地面：0.3 ~ 0.5
- 桌面：0.3 ~ 0.5
- 黑板：0.0 ~ 0.2
- 對教室輝度比之限制：
 - (1)作業面和周圍之亮面輝度比限制為1:3
 - (2)作業面和周圍之暗面輝度比限制為5:1

5. 學校教室照明與節能參考手冊對室內主要表面反射率建議範圍：

- 天花板：0.70 ~ 0.85
- 牆面：0.40 ~ 0.60
- 地面：0.15 ~ 0.30
- 桌面：0.30 ~ 0.35
- 黑板：0.15 ~ 0.20

三、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，眼的視覺能力會降低，如果經常交替適應，容易導致視覺的疲勞，因此良好的室內照明環境應要求配光分佈均勻，尤其桌面照度以及黑板面照度更應要求一致。

1. 作業面均齊度

1.1 CIE/ISO、JIS、SS、GB等規範：

定義均齊度是空間水平照度最小值與平均值的比值，並廣泛規定所有工作空間之作業面照度均齊度不應小於0.7，而鄰近周圍環境照度均齊度不應小於0.5。

1.2 大陸GB規範：

大陸除參考CIE規範訂定作業面均齊度外，另加註：

(a) 房間或場所內的通道和其他非作業區域的一般照明的照度值不宜低於作業區域一般照明照度值的1/3。

(b) 在有電視轉播的體育場館，其主攝影方向上的照明應符合下列要求：

- 場地垂直照度最小值與最大值之比不應小於0.4；
- 場地平均垂直照度與平均水準照度之比不應小於0.25；
- 場地水準照度最小值與最大值之比不應小於0.5；
- 觀眾席前排的垂直照度不應小於場地垂直照度的0.25。

1.3 AS/NZS規範：

規定作業面照度均齊度不應小於0.7、鄰近周圍環境照度均齊度不應小於0.5、流動空間照度均齊度不應小於0.3。

1.4 EN規範：

規定教室照度均齊度不應小於0.6、黑(白)板不應小於0.7，與鄰近周圍環境照度均齊度不應小於0.4。

1.5 學校教室照明與節能參考手冊：

對照度均齊度建議值為桌面不應小於0.5，黑板面不應小於0.7。

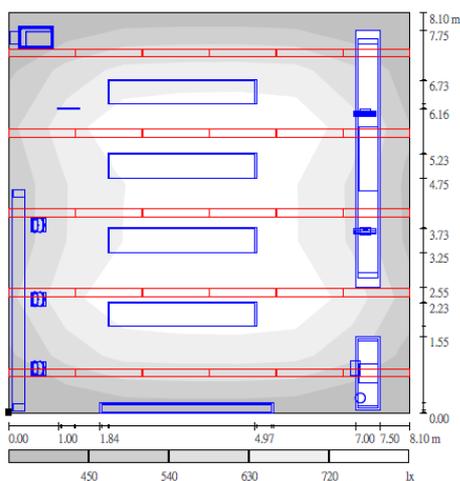


圖 2-2.3 等照度圖
(資料來源：本研究模擬繪製)

2. 周圍環境照度規定

周圍環境的照度應與作業區域照度有關，適當周圍環境照度可提供視野範圍內一個平衡亮度分布，若作業區周圍環境的照度快速空間變化，可能會導致視覺上的緊張和不舒適。因此CIE、ISO、JIS、SS、GB規範規定水平照度應不低於如表2-2.11數值，其中GB 50034-2004加註周圍環境係指作業面外0.5公尺範圍。

表2-2.11 周圍環境照度規定

| 作業面照度值(lux) | 周圍環境照度值(lux) |
|-------------|--------------|
| ≥ 750 | 500 |
| 500 | 300 |
| 300 | 200 |
| ≤ 200 | 與作業面照度值相同 |

(資料來源：本研究整理)

EN規範除作業面與周圍環境規定外，另要求視野背景水平照度值應不低於如表2-2.12數值。

表2-2.12 EN對視野背景水平照度規定

| 作業面照度值 (lux) | 周圍環境照度值 (lux) | 視野背景照度值 (lux) |
|-----------------|------------------|------------------|
| ≥ 750 | 500 | 100 |
| 500 | 300 | 100 |
| 300 | 200 | 50 |
| 200 | 200 | 50 |
| 150 | 150 | 50 |
| 100 | 100 | 50 |
| ≤ 50 | 與作業面照度值相同 | 作業面照度值/2 |

(資料來源：本研究整理)

四、光色特性 (Color Aspects)

光源的顏色品質，通常用二個指標來描述：光源本身顏色、影響受照物體或人顏色呈現演色能力。

1. 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。

一般說來，暖色系(黃~橙，紅~紫紅)在視覺感受上趨近於視者，有溫暖感；寒色系(藍紫~藍，藍綠~黃綠)則看起來後退，有清冷感，也比較有明亮、清晰的視覺感。

當照明的光色改變時，反映於兩眼視野內所接受到的光色刺激也會跟著產生變化。然而，人眼具有一種稱為「色適應」(chromatic adaptation)的機制，當習慣了某種顏色之後，會開始漸漸把所習慣的顏色刺激視為白色，而調整兩眼所接收到的刺激。

國內外相關色溫對人體影響研究相當多，例如謝明燁(2009)[13] 研究受測者紙本閱讀行為，探討人員對紅、藍、綠、2800K、5200K、13850K等6種光色之色適應，研究結果發現，5200K 下的色適應狀態最為穩定，其次是2800K、13850K 與藍色光，而綠色光與紅色光下的色適應狀態最為不穩

定，換言之，綠色光與紅色光對於閱讀行為最容易產生妨礙，對於應用在室內閱讀行為空間方面較為不利。

表 2-2.13 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 |

(資料來源：本研究整理)

綜上所述，光源色溫度選擇涉及心理學、美學以及使用者對環境特性的理解，如何選擇色溫度，取決於照度、空間和傢俱的顏色以及周圍的環境和用途。在溫暖的氣候中，使用者通常喜歡冷色系的光，而在寒冷的氣候中，使用者則喜歡較暖色系的光。CIE、ISO、EN、JIS、SS、GB、AS/NZS 規範依據光源色溫度分為溫暖、中間值、寒冷等三組，其中大陸GB 50034 規範並列舉建議適用場所。

表2-2.14光源色溫度適用場所 (GB 50034)

| 顏色特徵 | 色溫度 (k) | 適用場所 |
|------|-----------|------------------------------------|
| 溫暖 | 小於3300 | 客房、臥室、病房、酒吧、餐廳 |
| 中間值 | 3300~5300 | 辦公室、教室、閱覽室、看診室、 檢驗室、機械加工房間、儀表裝配 |
| 寒冷 | 大於5300 | 熱加工房間、高照度場所 |

(資料來源：本研究整理)

2. 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。

目前 CIE13.3-1995 標準定義平均演色指數 (Average Color Rendering Index, Ra) 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，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，演色數值的最大值定為 100。一般認為：Ra = 100~80，演色性優良；Ra = 79~50，演色性一般；Ra < 50，演色性較差。

以教室照明而言，美術教室對物體顏色的辨別要求較高，因此 CIE/ISO 等規範規定照明光源的演色性指數 (Ra) 應大於 90，其餘教育場所應選用 Ra 大於 80 之人工光源。

五、眩光 (Glare) [14]:

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。而眩光主要造成的生理反應主要有以下三點：

- (1)由於受到高亮度的刺激，使得瞳孔縮小。
- (2)由於角膜或水晶體產生光的散射，因而在眼睛內形成光幕。
- (3)由於視網膜受到高亮度的刺激，使的適應狀態因此破壞。

(一) 眩光的種類：

眩光的種類一般可分為三類，分別為「直接眩光」、「反射眩光」以及「背景對比眩光」，其個別之意義分述如下：

(1)直接眩光：

直接眩光是眼睛直視光源所形成。若於眼睛水平線上下各 30° 、左右兩側各 75° 的視覺範圍內有高輝度光源存在，即有可能對眼睛形成直接眩光。如圖 2-2.4 光線〔a〕〔b〕所示，對於站立者而言，上方兩個裸露光源所發出的光線，皆有可能直接進入視線範圍而形成直接眩光。

(2)反射眩光：

反射眩光係光源經由反射所形成。高輝度光源所發出之光線，經由鏡面或光滑表面的反射而進入視覺範圍內，導致眼睛無法清楚辨識景物。如圖 2-2.4 光線〔c〕所示，光源發出之光線經由桌面反射後直接進入視線範圍成為反射眩光；而光線〔d〕則成為良好的光線反射，有助於桌面工作進行。

(3)背景眩光：

背景眩光係當主體較暗而背景太亮時所形成。眼睛所注視之目標物，其背後存有高輝度光源，使得目標物相對於較黑暗，以致於眼睛看不清楚目標物。如圖 2-2.4 光線〔c〕所示，觀測者面對站立者時，由於立者後面具有強烈的太陽光線，使其相對較暗，故對於觀測者而言及

形成背景眩光。

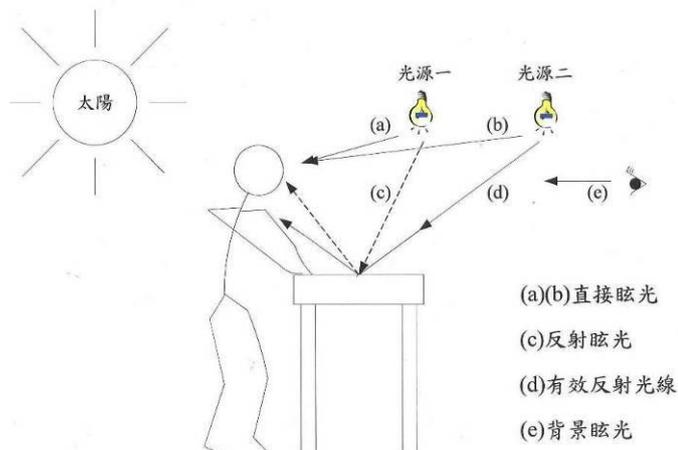


圖 2-2.4 眩光示意圖

(資料來源：[14])

若由眩光引起的視覺效應來區分眩光的種類，則可分為三類，分別為「失能眩光」、「不舒適眩光」與「目盲眩光」，其個別之意義分述如下：

(1)失能眩光(disability glare)

視覺能力降低，使得眼睛辨別事物能力變差的眩光。

(2)不舒適眩光 (discomfort glare)

令人眼睛產生不舒服感覺的眩光，未必會干擾視覺能力。

(3)目盲眩光(blinding glare)

強烈眩光移開一段時間後仍無法看到任何東西。

通常在室內照明中較重視不舒適眩光的防治，若不舒適眩光控制得宜，失能眩光也就同時得以解決。造就眩光的原因眾多，一般由光源所引起的眩光大致可分為下列五種原因：

(1)眼睛所能適應之光輝度愈低。

(2)光源的輝度愈高。

(3)光源愈接近視線附近。

(4)光源所形成之發光面積愈大。

(5)光源數目愈多更能顯著

不舒適眩光可以以下式表示：

$$G = \frac{L_s^a \cdot W^b}{L_f^c \cdot f(\theta)} \quad (2-1)$$

其中

G：眩光指數

W：光源對觀測者眼睛所形成的立體角。

a、b、c：係數

f(θ)：位置指數。

(二) 不舒適眩光的評估方法：

國際間針對眩光提出若干量化評估方法，其中較具代表性的方法為下列幾項，分述如下：

(1) 英國照明學會眩光指數法 (BGI法)：

英國照明學會於 1961 年發表此法，若以眩光指數 GI 來評估不舒適眩光之程度，須先使用式 (2-2) 計算出燈具所產生之眩光量 G，接著使用式 (2-4) 將眩光量轉換為眩光指數 GI，其計算方式如下：

$$G = \sum_{i=1}^n G_i \quad (2-2)$$

其中 n：燈具數目

$$G_i = K \frac{L_s^{1.6} \cdot W^{0.8}}{L_b \cdot P^{1.6}} \quad (2-3)$$

式中 K：係數，當輝度使用單位為 cd/m^2 時，其值等於 0.478。

L_s ：光源在觀測者眼睛方向的輝度 (cd/m^2)。

ω ：光源對觀測者眼睛所形成的立體角。

L_b ：觀測者視野內的不含光源之綜合輝度 (背景輝度) (cd/m^2)。

P：Guth 位置指數。

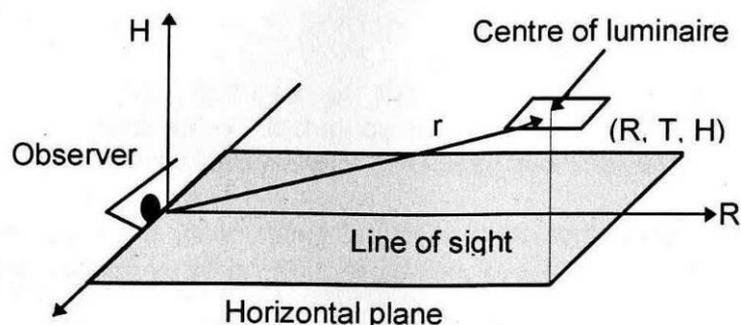


圖 2-2.5 Guth 位置指數示意圖

眩光指數

$$GI = 10 \log(0.5 \times G) \quad (2-4)$$

眩光指數和不適眩光程度對照表如下

| 眩光指數GI | 眩光程度 |
|--------|---------------|
| 28以上 | 有強烈刺眼的現象 |
| 28 | 開始感覺有強烈刺眼的現象 |
| 22-28 | 有不舒服刺眼的現象 |
| 22 | 開始感覺有不舒服刺眼的現象 |
| 16-22 | 有刺眼現象 |
| 16 | 開始感覺有刺眼現象 |
| 10-16 | 略有刺眼現象 |
| 10 | 感覺略有刺眼現象 |
| 10以下 | 無刺眼現象 |

(2) 視覺舒適機率法 (Visual Comfort Probability Method ; VCP):

美國照明學會於 1966 年 3 月所發表，由於此法乃利用觀測人員對

於照明系統在視覺舒適度上評估合格之人數百分比來表示，因此稱為視覺舒適機率法。欲使用 VCP 法評估眩光程度，首先必須以式(2-5)計算出不舒適眩光額定值 (DGR)，再由相關曲線轉換為 VCP 值，計算方法如下：

$$DGR = \left[\sum_{i=1}^n M_i \right]^a \quad (2-5)$$

其中 n ：燈具數目； $a = n^{-0.0914}$

$$M_i = K \frac{L_s \cdot Q}{L_F^{0.44} \cdot P}$$

式中 K ：係數，當輝度使用單位為 cd/m^2 時，其值等於 0.5018。

L_s ：光源在觀測者眼睛方向的輝度 (cd/m^2)。

Q ：光源對觀測者眼睛所形成的立體角 ω (sr) 的函數。

$$Q = 20.4\omega + 1.52\omega^{0.2} - 0.075$$

L_F ：針對天花板來說，水平視線上方 53° 以內包含天花板、牆壁、地面以及照明燈具之平均輝度 (cd/m^2)。

P ：Guth 位置指數。

$$VCP = \frac{100}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{6.374 - 1.3227 \ln DGR} e^{-t^2/2} dt$$

(3) 歐洲輝度曲線法 (Glare limiting curve system; LC)：

此法乃針對不同工作及活動給予不同等級之建議，使用兩組輝度限制曲線，其一為燈具縱長發光面與視線平行，另一則與視線垂直。

輝度曲線法主要針對眩光指數法加以限制，通常眩光限制的對象為照明器於鉛直角 (γ) 為 $45^\circ < \gamma \leq \gamma_{\max}$ 範圍內之輝度，其中 γ_{\max} 為房間內最深處的照明器具在觀測者眼睛方向之角度，可用(2-6)方式來表示之。

$$\tan\gamma_{\max} = \frac{a_{\max}}{h_s} \quad (2-6)$$

式中 a_{\max} ：觀測者至照明器具之最大水平距離。

h_s ：觀測者眼睛之高度(通常為 1.2m)至照明器具的距離。

根據設計照度以及品質等級(表 2-2.15 所示)，從 8 條輝度界線曲線選擇適用的特性曲線，與被評價的照明器具之輝度比較，如果被評價之器具輝度較界線輝度曲線低，則不會產生眩光；反之則燈具之眩光越刺眼。

表 2-2.15 眩光等級、輝度曲線與設計照度對照表

| 等級 | 設計照度 | | | | | | | |
|----|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | A | 2000 | 1000 | 500 | ≤250 | | | |
| B | | 2000 | 1000 | 500 | ≤250 | | | |
| C | | | 2000 | 1000 | 500 | ≤250 | | |
| D | | | | 2000 | 1000 | 500 | ≤250 | |
| E | | | | | 2000 | 1000 | 500 | ≤250 |
| 曲線 | a | b | c | d | e | f | g | h |

表 2-2.16 輝度曲線之眩光等級

| 品質等級 | 眩光等級 | 說明 |
|------|------|--------|
| A | 1.15 | 非常高的品質 |
| B | 1.5 | 高品質 |
| C | 1.85 | 中等品質 |
| D | 2.20 | 低品質 |
| E | 2.55 | 非常低的品質 |

(4) 國際照明委員會眩光指數(CIE Glare Index)：

由於世界各國對於眩光評價方法眾多，因此在國際照明委員會

(CIE) 第 19 屆會期中，Einhorn 綜合各國眩光評估法，提出眩光指數修正公式 CGI，其計算方式如 (2-7) 式所示：

$$CGI = 8 \log \left[\frac{1 + \frac{E_d}{500}}{E_i + E_d} \right] \sum \frac{L^2 \cdot \omega}{P^2} \quad (2-7)$$

式中 E_d ：所有照明燈具於觀測者眼睛垂直面之直射照度 (lux)。

E_i ：所有照明燈具於觀測者眼睛垂直面之間接照度 (lux)。

L ：單一燈具於觀測者眼睛方向上之輝度 (cd/m^2)。

ω ：單一燈具與觀測者眼睛構成之立體角。

P ：Guth 位置指數。

對於室內照明之 CGI 指數，其計算規則為觀測者位於房間中線靠後牆之位置，以平視作為計算條件，其眩光等級分類如表 2-2.17 所示。

表 2-2.17 CGI 眩光指數與感受關係

| 眩光等級 | 眩光指數 | 說明 |
|------|------|---------|
| A | 28 | 剛好不能忍受 |
| B | 22 | 剛好有不舒適感 |
| C | 16 | 剛好能接受 |
| D | 8 | 剛好感覺到 |

(5) 統一眩光等級 (Unified Glare Rating)：

由於 CGI 眩光指數不易使用，因此 CIE 又於 1995 年提出統一眩光等級法 (UGR)，以便於在照明設計階段，找出會產生不舒適眩光之元件，UGR 評估法之發展也解決了 CGI 公式於實際計算之困難，其計算方法如 (2-8) 式所示：

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

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

UGR 眩光指數與眩光感受之關係如表 2-2.18 所示。若於一般室內空間使用 UGR 法來評估照明設備之眩光程度，必須使用電腦軟體輔助計算，方可得到較為準確之計算數值。

表2-2.18 UGR眩光指數與感受關係

| 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 |

(三) 眩光防制：

(1) 燈具遮光角限制：

眩光是由視野內的過高亮度或過強對比造成的，會影響物體的視覺成像，照明燈具應用合適的燈罩限制遮光角以減少眩光，CIE、ISO、JIS、GB 規範對燈具遮光角限制規定如表 2-2.19 所示，AS/NZS 對燈具遮光角限制規定如表 2-2.20 所示。

表 2-2.19 CIE 等規範對燈具遮光角限制

| 燈具輝度(kcd/m ²) | 最小遮光角限制 (CIE、ISO、JIS、 GB 等規範) | 最小遮光角限制 (EN 規範) |
|---------------------------|-------------------------------------|--------------------|
| 1~20 | 10° | - |
| 20~50 | 15° | 15° |
| 50~500 | 20° | 20° |
| 大於 500 | 30° | 30° |

(資料來源：本研究整理)

表 2-2.20 AS/NZS 規範對燈具遮光角限制

| 燈具安裝場所 | 最小遮光角限制 (燈具輝度) kcd/m ² | | |
|--------|-----------------------------------|--------|-------|
| | 1~25 | 25~500 | 大於500 |
| 學校、辦公室 | 30° | 30° | 40° |
| 一般工業場所 | 20° | 20° | 30° |
| 儲藏室、走廊 | - | 20° | 20° |
| 局部照明 | 20° | 40° | 40° |

(資料來源：本研究整理)

(2) 不舒適眩光限制

室內工作場所的不舒適眩光通常採用統一眩光值 (UGR) 評價，可以採用(2-8)公式現場量測計算出來，亦可以由照明燈具配光曲線量測及電腦軟體輔助計算得到。

以教室照明而言，製圖室需集中大量精神處理精細作業，對眩光防制要求較高，因此 CIE/ISO 等規範規定照明燈具的統一眩光值(UGR)應小於 16，其餘教育場所 UGR 限制值如表 2-2.5 所示。

(3) 光幕反射眩光限制

視覺作業中的鏡面反射常常被稱為光幕反射或反射眩光，通常對視覺是有害的，會改變作業可見度，可用下列方法防止或減少光幕反

射和反射眩光：

- 避免將燈具安裝在干擾區內。
- 採用低光澤度表面裝飾材料。
- 限制燈具亮度。
- 增加燈具的發光面。
- 照亮天花板和牆面，但避免出現光斑。
- 配有螢幕顯示器的工作場所照明應限制燈具中垂線以上等於和大於 65° 高度角的輝度，CIE、ISO、EN、JIS、GB 規定燈具在該範圍角度之平均輝度限值應符合表 2-2.21 的規定。

表 2-2.21 CIE 等規範對光幕反射眩光限制

| 螢幕等級 | I | II | III |
|--------------|---|----|---------------------------|
| 螢幕品質 | 佳 | 普通 | 差 |
| 燈具在該範圍角度之限制值 | $\leq 1000 \text{ cd/m}^2$ | | $\leq 200 \text{ cd/m}^2$ |
| 備註 | 1. 本表適用於仰角小於 15° 的螢幕。 2. 對於敏感螢幕或仰角可變的螢幕，表中燈具輝度限制值應用在更低的燈具垂直角（如 55° 上）。 | | |

（資料來源：本研究整理）

(4)控制燈具遮光方法：

- a. 直接限制光源輝度或採用漫射透光材料減弱眩光，但這種方法易降低燈具能源效率。
- b. 增加燈具遮光角限制眩光。

六、晝光率 (Daylight Factor)

將自然光有效導入室內環境不僅僅能降低人工光源使用，達到節能目的，也能夠對人產生較高的視覺功能以及提供效率。太陽是晝光(Daylight)的來源，當太陽光進入大氣層時，空氣中塵埃與氣體分子會使光線折射或漫射，最終在天空中呈現一定的亮度，稱為天空光 (Skylight)，而太陽直射至地表稱為日光 (Sunlight)。晝光是天空光與日光的組合。

日光強度高且變化快，當過多的日光入射至室內空間時，會造成室內過熱。因此一般室內採光設計都會針對天空光來考量，室內晝光率可由下式進行評估：

$$DF = \frac{E_{in}}{E_{out}} \times 100\%$$

其中 E_{in} ：室內照度平均值

E_{out} ：室外照度值（考慮為最小的狀況，也就是曇天狀態。）

在有側窗之室內場所，隨著與窗的距離增大，可得到的自然光會明顯減少，CIE、ISO、JIS 規範規定室內場所距離窗邊1~3m範圍內，晝光率不得小於1%。

七、維護 (Maintenance)

照明系統必須定期維護，以確保照明品質，若缺乏維護會降低照明效率，影響人的視覺感受，可能甚至造成人身安全問題，因此CIE等規範建議計算用的維護係數不宜小於0.7。

一般燈管發黑或閃爍故障時，其安定器仍會消耗用電；燈管及反射罩髒汙也會直接影響燈具之發光效率，室內裝修汙穢亦會影響整體照明效果，簡易之維護管理手法彙整如下：

1. 燈管及反射罩應定時清洗，發黑或閃爍燈管應及時換新，以維持適度照明，如圖2-2.6所示。

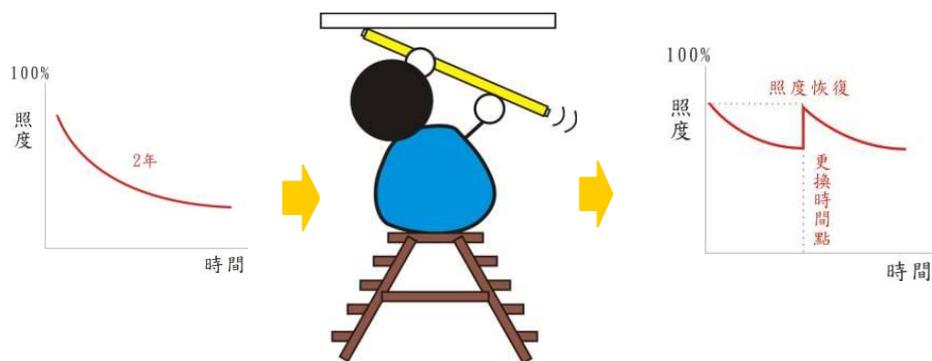


圖 2-2.6 燈具維護示意圖

(資料來源：[12])

2. 當燈罩經長年使用、積塵、減少光線時，可拆除燈罩，如圖2-2.7所示。

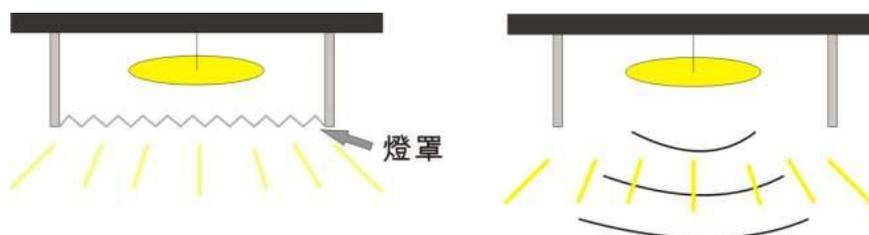


圖2-2.7燈具維護示意圖

(資料來源：[12])

3. 定期粉刷牆面及天花板，如圖2-2.8所示。



圖2-2.8 牆面粉刷乾淨照片

(資料來源：本研究拍攝)

第三節 安親班教室照明節能

安親班教室照明節能設計應在維持教室照明品質的原則下，照明的耗能越少越好，一般應考慮之重點為：光源、燈具、安定器、照明用電密度等，分述如下：

一、光源

教室應採用高效率燈源，如在相同照度需求下，以T5螢光燈取代舊式T8或T9螢光燈則約可省電15~20%，而以省電燈泡取代白熾燈泡約可省電75~80%。目前我國針對燈源能源效率管制部分如下：

1. 經濟部標準檢驗局：

鑑於省電燈泡（安定器內藏式螢光燈泡）在國內市場的使用量有逐年上升的趨勢，經濟部標準檢驗局為配合省電燈泡新能源效率基準，將自99年1月1日起依新訂定之能源效率基準實施強制檢驗，如未取得「商品型式認可證書」及「商品驗證登錄證書」或證書業經廢止而仍進口或出廠銷售者，將依商品檢驗法第60條規定處新台幣20萬以上，200萬以下之罰鍰，以管制照明產品之能源效率，公布之基準表如表2-3.1所示。

表2-3.1 安定器內藏式螢光燈泡能源效率基準

| 外型 | 額定消耗電功率 | 能源效率(lm/W) |
|----|-------------|------------|
| 無罩 | 低於10W | 40 |
| | 10W以上，低於15W | 50 |
| | 15W以上，低於25W | 60 |
| | 25W以上 | 65 |
| 有罩 | 低於15W | 40 |
| | 15W以上，低於20W | 48 |
| | 20W以上，低於25W | 50 |
| | 25W以上 | 55 |

(資料來源：經濟部能源局)

2. 經濟部標準能源局

公告自100年3月17日起安定器內藏式螢光燈泡，其節能標章需依表2-3.2之能源效率分級基準表，標示產品能源效率之等級。

表2-3.2 安定器內藏式螢光燈泡能源效率分級基準表

| 消耗功率 | 能源效率(1m/W) | | | | |
|--------|------------|-------|-------|-------|------|
| | 5級 | 4級 | 3級 | 2級 | 1級 |
| 低於10W | 低於45 | 45~54 | 54~63 | 63~72 | 72以上 |
| 10~15W | 低於50 | 50~58 | 58~66 | 66~74 | 74以上 |
| 15~25W | 低於60 | 60~66 | 66~72 | 72~79 | 79以上 |
| 25W以上 | 低於65 | 65~70 | 70~75 | 75~81 | 81以上 |

(資料來源：經濟部能源局)

另常見之螢光燈管，其節能標章能源效率基準，可分燈管發光長度100cm以上與燈管發光長度未達100cm兩類；此兩類螢光燈管之節能標章節源效率基準如表2-3.3及表2-3.4所示。

表2-3.3 螢光燈管發光長度100cm以上之節能標章節源效率基準

| 標準色度範圍 | 搭配 CNS13755 試驗登錄合格電子式安定器 |
|--|--------------------------------|
| 燈泡色 (L-EX: 2600~3150K) 溫白色 (WW-EX: 3200~3700K) 白色 (W-EX: 3900~4500K) | 發光效率：≥ 96 lm/w 平均演色性指數：≥ 80 |
| 晝白色 (N-EX: 4600~5400K) 冷白色 (CW-EX: 4600~5400K) | 發光效率：≥ 94 lm/w 平均演色性指數：≥ 80 |
| 晝光色 (D-EX: 5700~7100K) | 發光效率：≥ 90 lm/w 平均演色性指數：≥ 80 |

(資料來源：經濟部能源局)

表2-3.4 螢光燈管發光長度未達100cm之節能標章節源效率基準

| 標準色度範圍 | 搭配 CNS13755 試驗登錄合格電子式安定器 |
|--|--|
| 燈泡色 (L-EX: 2600~3150K) 溫白色 (WW-EX: 3200~3700K) 白色 (W-EX: 3900~4500K) | 發光效率: ≥ 87 lm/w 平均演色性指數: ≥ 80 |
| 晝白色 (N-EX: 4600~5400K) 冷白色 (CW-EX: 4600~5400K) | 發光效率: ≥ 84 lm/w 平均演色性指數: ≥ 80 |
| 晝光色 (D-EX: 5700~7100K) | 發光效率: ≥ 81 lm/w 平均演色性指數: ≥ 80 |

(資料來源: 經濟部能源局)

二、燈具

良好教室照明除可達到最佳學習效果，亦維護學童視力健康，所以教室在採用高效率燈具同時，應先考量照明環境品質，經濟部能源局公告實施之高效率照明燈具節能標章能效基準，就是同時規範燈具效率與品質如表2-3.5所示，目前已廣泛使用於各照明光環境中。

表 2-3.5 高效率照明燈具節能標章能效基準

| 燈具分類 | 基準規範 | | 品質要求 |
|------------------------|--|------------------|---------------------------------------|
| | 效率要求 | | |
| 燈具24 英吋 (65公分)以下 | 燈泡色 (L-EX: 2600~3150K) 溫白色 (WW-EX: 3200~3700K) 白色 (W-EX: 3900~4500K) | ≥ 64.0 lm/W | UGR ≤ 19.0 Ra ≥ 80.0 |
| | 晝白色 (N-EX: 4600~5400K) 冷白色 (CW-EX: 4600~5400K) | ≥ 62.0 lm/W | |
| | 晝光色 (D-EX: 5700~7100K) | ≥ 60.0 lm/W | |
| 燈具24 英吋 (65公分)以上 | 燈泡色 (L-EX: 2600~3150K) 溫白色 (WW-EX: 3200~3700K) 白色 (W-EX: 3900~4500K) | ≥ 74.0 lm/W | |
| | 晝白色 (N-EX: 4600~5400K) 冷白色 (CW-EX: 4600~5400K) | ≥ 72.0 lm/W | |
| | 晝光色 (D-EX: 5700~7100K) | ≥ 70.0 lm/W | |

註：統一眩光指數(UGR, Unified Glare Rating)測試條件及方法應符合「CIE

117」規範內容要求，且UGR測試條件使用係數如下：

- a. 天花板反射係數(Ceiling reflectance)：0.3
- b. 牆面反射係數(Wall reflectance)：0.3
- c. 地面反射係數(Floor cavity reflectance)：0.2
- d. 室內長寬尺寸(Room dimension)：4H：3H(其中H為室內高度)

三、照明功率密度

目前在評估與管制建築照明耗能之簡單有效方法，是以照明功率密度值度LPD (lighting power density)最具代表性。其意義就是由『某一空間全部照明器具耗電量』除以『該空間淨面積』所得的值。也就是該空間在一平方公尺的單位面積範圍內，燈具所消耗的電力功率，照明功率密度之單位元為 W/m^2 。

綠建築標章中對主要空間之照明功率密度基準，如下表2-3.6所示，可作為照明節能之檢討指標參考。

表 2-3.6 綠建築標章中對主要空間之照明功率密度基準

| 空間型態 | 照明功率密度基準 (W/ M^2) |
|--------------|-----------------------|
| 辦公室 | 15 |
| 教室、視廳教室 | 15 |
| 會議室 | 10 |
| 飯店、餐廳之餐飲區及門廳 | 15 |
| 實驗室 | 15 |
| 閱覽室 | 15 |

(資料來源：綠建築參考手冊)

另美國能源主管機關為能源部，美國照明節能規範主要係依據美國聯邦能源部建築節能計畫之標準與指導方案(Building Standards & Guide-lines Program, BSGP)所建立，其主要之節能標準為美國冷凍空調學會與照明學會所共同制定之ANSI/ASHRAE/IES 90.1-2007(Energy Efficient Design of New Buildings Except Low-rise

Residential Buildings) 為基準，其照明功率密度基準規範更為嚴格，如圖 2-3.1 所示，以學校(School) 空間為例，其照明功率密度基準為 13W/m²，各國教室照明功率密度基準整理如表 2-3.7 所示。由此可知，在配合節能減碳策略，降低照明密度將是未來節能之重點，未來基準值再降低時，空間採用的照明燈具所消耗功率就要更低才行。

**TABLE 9.5.1 Lighting Power Densities
Using the Building Area Method**

| Building Area Type ^a | LPD (W/m ²) |
|---------------------------------|----------------------------|
| Automotive facility | 10 |
| Convention center | 13 |
| Courthouse | 13 |
| Dining: bar lounge/leisure | 14 |
| Dining: cafeteria/fast food | 15 |
| Dining: family | 17 |
| Dormitory | 11 |
| Exercise center | 11 |
| Gymnasium | 12 |
| Health-care clinic | 11 |
| Hospital | 13 |
| Hotel | 11 |
| Library | 14 |
| Manufacturing facility | 14 |
| Motel | 11 |
| Motion picture theater | 13 |
| Multifamily | 8 |
| Museum | 12 |
| Office | 11 |
| Parking garage | 3 |
| Penitentiary | 11 |
| Performing arts theater | 17 |
| Police/fire station | 11 |
| Post office | 12 |
| Religious building | 14 |
| Retail | 16 |
| School/university | 13 |
| Sports arena | 12 |
| Town hall | 12 |
| Transportation | 11 |
| Warehouse | 9 |
| Workshop | 15 |

圖 2-3.1 ASHARE 90.1-2007 室內照明用電標準

(資料來源：[15])

表2-3.7 各國教室照明功率密度基準比較

| 各國規範 | 照明功率密度基準 | 備註 |
|------|----------|-----|
| 美國 | 13 | |
| 新加坡 | 15 | |
| 香港 | 17 | |
| 大陸 | 11 | 現行值 |
| 大陸 | 9 | 目標值 |

(資料來源：本研究整理)

第四節 安親班教室照明評比標準

照明品質之具體量化評比，需有一客觀之評比參考，針對安親班教室照明之評估，本研究參考張智鴻、蕭弘清[16]建議建議以 DIALux 模擬軟體輸出「平均照度」、「統一眩光指標」、「均齊度」、「照明功率密度」等 4 項參數作為評估基準，再加入燈源演色性指標 (Ra) 因子，訂定一套簡易評比標準，作為客觀評比參考。

一、工作面平均照度之評價法

一般來說，於工作面上若要求事物看得越清楚，則需有足夠的照度，然而並非意味著照度越高即對視力保健越有幫助。本研究使用介於 -90° ~ $+90^\circ$ 間之正弦函數 (sine function) 表示之，並設定參考基準值(E_{ref}) 為 380 lux，並將平均照度之區間限定為 1200 lux 與 200 lux 之範圍，若照度為 500 lux 時，經計算 $S_{E_{av}}=60.4$ 達到照度合格最低標準。

$$S_{E_{av}} = \begin{cases} 0 & , E_{av} < 200 \\ 50 \cdot \left[1 + \sin \left(\frac{\pi}{180} \cdot \frac{|E_{av}| - |E_{ref}|}{10} \right) \right] & , 200 \leq E_{av} < 1200 \\ 100 & , E_{av} > 1200 \end{cases} \quad (4-1)$$

式中 E_{av} ：工作面平均照度值 (lux)

E_{ref} ：工作面參考基準值 (lux)

二、統一眩光等級 (UGR) 評價法

對於 UGR 之計算值而言，一般皆介於 10~30 之間，數值越大則表示眩光影響較為嚴重，應得到較低的評分；反之則代表眩光感受較低，故可得較高之分數。統一眩光等級之眩光評估值 UGR 的評價函數 S_{UGR} 可表示為：

$$S_{UGR} = 5 \cdot (30 - UGR) \quad (4-2)$$

根據 CIE 等規範對教室眩光限制值需小於 19，以 (4-2) 式計算後可得眩光指標之評分分別為 55 分，也就是 UGR 指標必須小於 19，計算後才

能高於 60 分，達到眩光合格最低標準。

三、均齊度評價法

對於教室照明來說，全般照明之均齊度越佳代表環境中的光線明暗對比越低，人員視覺感覺越舒適。均齊度之定義通常為最低照度除以平均照度，照明均齊度評估值 Uniformity 的評價函數 S_{uni} 可表示為：

$$S_{uni}=100 \cdot \text{Uniformity} \quad (4-3)$$

四、耗電量評價法

本文對於耗電量之評估，採單位照明功率密度 (LPD) 作為指標，其定義為單位面積之用電量 (W/m^2)，故於決定評價函數時，若 LPD 數值越大即表示耗電量越多，此時應得到較低之分數；反之，則有較高之評價，值得注意的是，此評分可視照明方式種類而改變。本研究對於教室照明耗電能為 $15 (W/m^2)$ ，則給予 80 分，低於 $10 (W/m^2)$ ，則給予滿分，高於 $35 (W/m^2)$ ，則給予 0 分作為限制，故耗電量的評價函數

$$S_{LPD}=140-4 \cdot \text{LPD} \quad (4-4)$$

五、演色性指標評價法

CIE 等規範對教室照明光源的演色性指數 (Ra) 規定應大於 80，建議演色性評估值的評價函數 S_{Ra} 以下式評估：

$$S_{Ra}=\text{Ra}$$

六、照明品質整體評價法

本研究針對上述所提之單項指標評價法，採用加權計算以作為整體照明品質之評估方式。一般而言，因一般安親班教室屬於小空間，且目前燈源之演色性品質滿穩定，因此本研究認為平均照度應為安親班教室照明品質指標之首要條件，其次則是眩光的防範，再來則為配光均齊、燈源演

色性，以增進空間照明舒適，最後才考量耗電量，因此各項指標之加權百分比建議如表 2-4.1 所示，設整體照明品質評分函數為 S_{Total} ，其評價函數 S_{Total} 為：

$$S_{Total} = 0.65 \times S_{Eav} + 0.15 \times S_{UGR} + 0.10 \times S_{Uni} + 0.05 \times S_{Ra} + 0.05 \times S_{LDP} \quad (4-7)$$

表 2-4.1 各項照明品質指標建議之加權百分比

| 照明指標函數 | 照明品質指標重要性 | 加權百分比 (%) |
|-----------|-----------|-----------|
| S_{Eav} | 高 | 65 |
| S_{UGR} | 次高 | 15 |
| S_{Uni} | 中高 | 10 |
| S_{Ra} | 中低 | 5 |
| S_{LDP} | 中低 | 5 |

(資料來源：本研究整理)

第三章 現場量測調查

本研究為了解現有安親班或補習班之照明環境現況，利用儀器實測教室桌面水平照度、黑板面垂直照度、空間縱向輝度分布及現場光譜相關資料，同時記錄其教室配置型態、面積以及照明方式、燈具型式、數量、配置，再將量測結果進行分析，詳細說明如下：

第一節 調查之安親班規模

囿於時間限制及店家配合意願等各項因素，本研究篩選鄰近本所性能實驗中心(位於台南市歸仁區)共 16 間安親班或補習班為研究對象，如表 3-1.1 所示。

表 3-1.1 研究調查樣本

| 編號 | 座落位置 | 教室面積(m ²) | 備註 |
|------|------------|-----------------------|----|
| No1 | 台南市歸仁區文化街 | 39.50 | |
| No2 | 台南市歸仁區中正南路 | 18.87 | |
| No3 | 台南市歸仁區民權北路 | 22.50 | |
| No4 | 台南市歸仁區民族北路 | 18.50 | |
| No5 | 台南市歸仁區民權北路 | 20.25 | |
| No6 | 台南市歸仁區信義路 | 22.94 | |
| No7 | 台南市歸仁區信義路 | 22.14 | |
| No8 | 台南市歸仁區民權南路 | 19.89 | |
| No9 | 台南市歸仁區中正南路 | 14.62 | |
| No10 | 台南市歸仁區民權南路 | 18.49 | |
| No11 | 台南市東區裕文路 | 25.22 | |
| No12 | 台南市東區崇德路 | 19.25 | |
| No13 | 台南市東區德東街 | 31.50 | |
| No14 | 台南市南區明興路 | 16.38 | |
| No15 | 台南市南區明興路 | 39.15 | |
| No16 | 台南市南區明興路 | 22.23 | |

(資料來源：本研究整理)

接受現場調查之教室之平均面積約為 23.15 m²，其中面積最大是 N01 安親班為 38.50 m²，最小是 N01 安親班為 14.62 m²，以 15~25 m² 佔比率最高為 69%，天花板平均高度約為 2.97m，桌面平均高度約為 0.76m，皆採用全般照明之方式，以吸頂式燈具為主，光源皆採用螢光燈管。

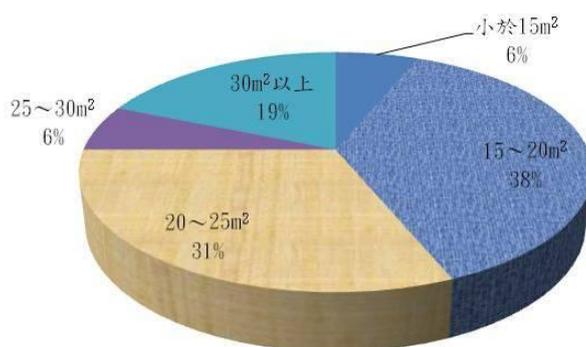


圖 3-1.1 調查之教室面積大小

(資料來源：本研究整理)

現場量測時間為民國 100 年 06 月 01 日至 10 月 31 日，配合安親班作息於下午 16:30~夜間 19:30 於晴朗無雲天氣進行，並盡量避免外部光源影響。現場記錄量測資料，包括室內尺寸、室內裝修材料及顏色、黑(白)板尺寸、燈具型式、數量、配置、人工照明提供之桌面水平照度、黑(白)板垂直照度、空間縱向輝度分布、現場(光譜、色溫、演色性)測量、可見光中藍光所佔比例(436~444nm)評估等。

第二節 安親班教室光環境調查

一、量測儀器簡介

1. 攜帶式照度計：

本研究照度紀錄使用 LMT POCKET-Lux 2照度計（圖3-2.1），對於CIE 光譜照度靈敏度 $V(\lambda)$ 的偏差 f_i 在 $\pm 3\%$ 以內，對紫外光及紅外線分光靈敏特性（UV-response、IR-response）小於 0.1% ，溫度係數（temperature coefficient）小於 $0.1\%/^{\circ}\text{C}$ ，可量測範圍： $0.1\sim 19,000\text{ lx}$ ，可操作溫度範圍： $0\sim 40^{\circ}\text{C}$ ，該型照度計符合CNS 5119 之AA 級標準，測得數值取小數點以下一位四捨五入記錄。



圖 3-2.1 LMT POCKET-Lux 2 照度計

[資料來源：本研究拍攝]

2. 攜帶式輝度計：

本研究輝度紀錄使用 Konica Minolta LS-100輝度計（圖3-2.2），對於CIE 光譜照度靈敏度 $V(\lambda)$ 的偏差 f_i 在 $\pm 8\%$ 以內，對紫外光及紅外線分光靈敏特性（UV-response、IR-response）小於 0.1% ，準確度（Accuracy）在 $\pm 2\% \pm 1$ 位顯示數值內，重複性（Repeatability）：小於 1% ，溫度係數（temperature coefficient）小於 $0.1\%/^{\circ}\text{C}$ ，可量測範圍： $0.1\sim 290,000\text{ cd/m}^2$ ，可操作溫度範圍： $0\sim 40^{\circ}\text{C}$ ，測得數值取小數點以

下一位四捨五入記錄。



圖 3-2.2 Minolta LS-100 輝度計
[資料來源：本研究拍攝]

3. 攜帶式光譜儀：

本研究現場色溫、演色性紀錄使用 PHOTO RESEARCH PR-655 光譜儀 (圖 3-2.3)，可量測波長範圍：380~780 nm，光譜準確度：1 nm，光譜解析度：3.12 nm/pixel，色度量測準確度： ± 0.003 (CIE1931 x, y 色座標系統)，訊號可由 USB 傳輸至 PC，彩色觸控螢幕可單機設定並單機顯示量測數值及光譜圖，並進行相對色溫 (Correlated Color Temperature, CCT)、演色性 (Color Rendering Index, Ra) 分析計算。



圖 3-2.3 PHOTO RESEARCH PR-655 光譜儀
[資料來源：本研究拍攝]

二、教室桌面水平照度調查

本研究採用CNS 5065照度測定法進行量測，同時亦依據該規範進行4點法室內全般照度之計算。水平照度測定高度，依CNS 5065規定，以教室桌面，定為假想面，測定點之配置，原則上將測定區域分割成相等大小之面積，以每一分割線交點為一點，測點參考學校教室照明與節能參考手冊建議取9點以上，水平照度量測如圖3-2.4。

測量照明時之注意事項包括：照度計需定期校正、測定者勿著反光衣著或陰影遮住照度計之感光面、照度計之感光面應與待測定基準面一致等。

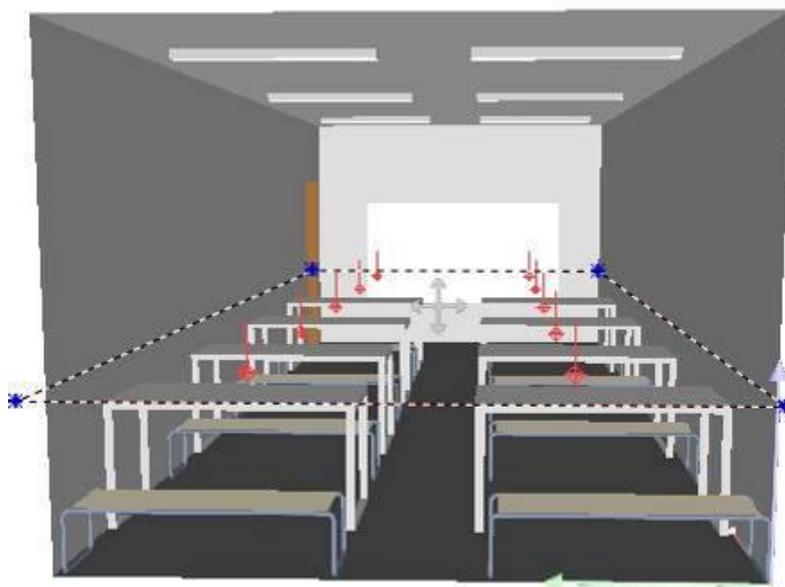


圖 3-2.4 水平照度量測

[資料來源：本研究繪製]

本研究水平平均照度之計算採用4點法，將測定範圍長分為 m 等分，寬分為 n 等分，分為 $m \times n$ 個區域，平均照度計算方式如下：

$$E_{ave} = \frac{1}{4MN} (\sum E_a + 2\sum E_b + 4\sum E_c)$$

其中 E_a ：外頂點照度值

E_b ：邊點照度值

E_c ：內點照度值

在量測出室內照度分布後，可以進行均齊度計算。均齊度 (Q) 計算

方式如下：

$$Q = \frac{E_{\min}}{E_{\text{ave}}}$$

其中 E_{\min} ：為所量測最小照度值

E_{ave} ：室內平均照度值

藉由均齊度可以看出室內光環境分布狀況，當均齊度過小時代表室內照明環境分布不平均，此狀況會造成使用者眼睛負擔。

三、黑(白)板面垂直照度照度調查

本研究調查案例之黑(白)板長度約 2.4~1.5 公尺、寬度約 1.2~0.9 公尺，不全然適用 CNS 5065 照度測定法中大面積的平均照度測量方式，因此採用於黑(白)板之中軸線平均分佈取 3 點量測垂直照度值，而後取其平均，照度量測如圖 3-2.5。

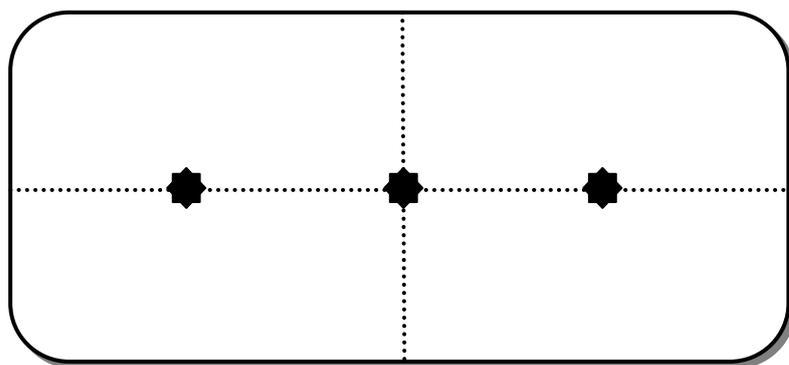


圖 3-2.5 黑板垂直照度量測位置

[資料來源：本研究繪製]

四、空間縱向輝度調查

CNS 5064 輝度測定法主要是針對人工光源所擬定，主要目的有三，分別為：第一、審查輝度是否符合標準之規定，第二、於不同設備中進行輝度的量測比較，以獲得光源改善及維護的資訊，第三、得到視覺環境和視覺的評估基準。

標準中特別強調，「輝度計在光學系統上因測量的距離遠近，會影響誤差。故量測距離與輝度計的焦距距離必須很大」。量測時應注意測量方向是否正確？視角內的輝度是否分布均勻？對於視角大小，標準有列詳加規定。並提及「在基準點測量時，須遵照測量目的，可用較大角度，只要輝度在視覺範圍是接近均勻的」。CNS 5064 輝度測定法室內照明之測量基準點高度為 1.5 公尺、輝度計視角約 30° 。

本研究以約位於教室中心之課桌椅座位為空間縱向輝度量測基準，測量基準點高度為 1.5 公尺，分別量測桌面、黑(白)板中心點、距離黑(白)板外邊緣上下約 0.15 公尺內牆面之輝度值，探討室內輝度分布情形，輝度量測如圖 3-2.6。

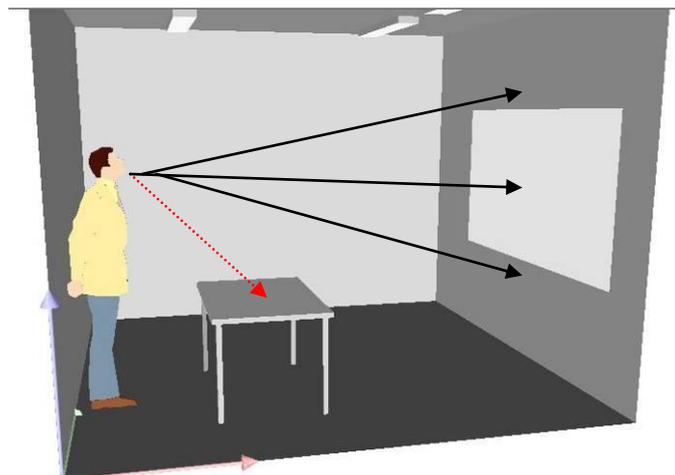


圖 3-2.6 空間縱向輝度量測位置
[資料來源：本研究繪製]

五、現場光譜資料調查

燈源發出之光一觸及物體表面，便會被此表面所反射、吸收或透射，而改變光之光譜組成，例如紅蘋果只反射光譜中的紅色波長，其餘皆被吸收，故以全波段光譜之光照射時，人眼所見此蘋果為紅色；但若以綠光照射時，因其中沒有或極少紅色波長供紅蘋果反射，而幾乎全部被吸收，故只顯現黑色或深灰色。為了解光落在教室桌面組成，本研究在量測桌面水平照度時，一併利用攜帶式光譜儀量測該處光譜資料，本研究現場色溫、演色性之計算採用算術平均法。

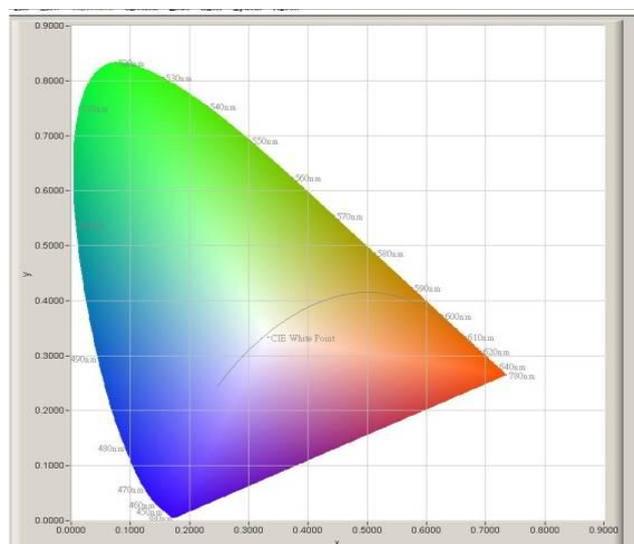
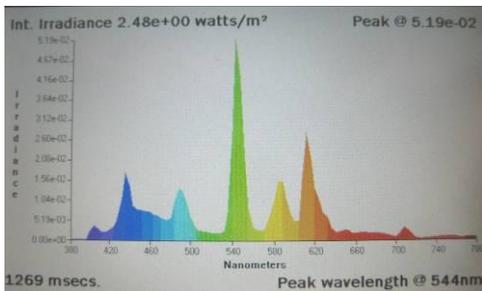
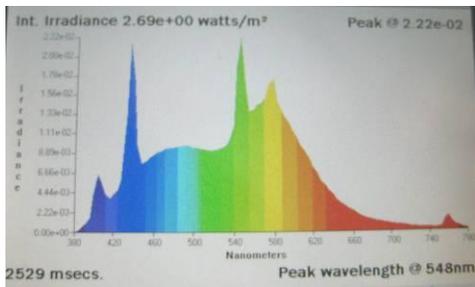


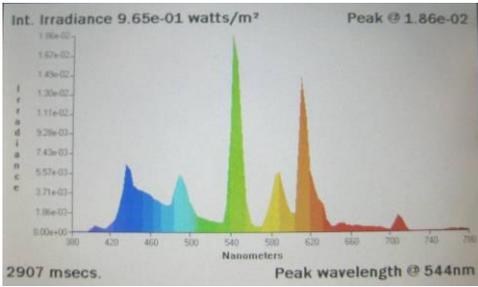
圖 3-2.7 色座標

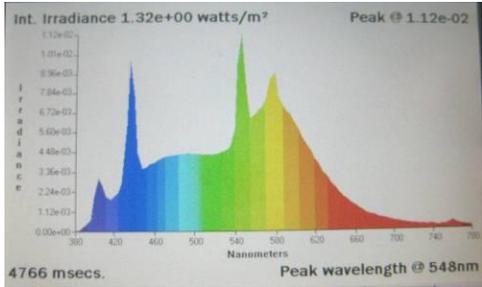
[資料來源：本研究整理]

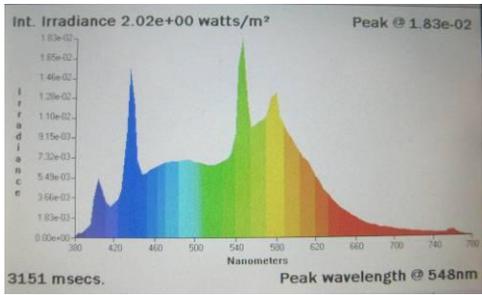
六、現場調查案例

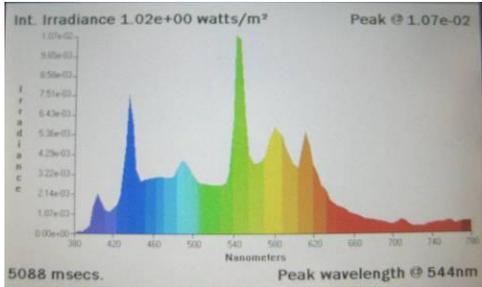
| | | | | | | | | | |
|--------------------------|--|------|------|-------|---------------------|---|--|--|--|
| 編號 | N01 | | | | 100年10月12日 時間18點10分 | | | | |
| 室內裝修 | 天花板(礦纖板)、牆面(白色調和漆)、地面(白色釉面磚) | | | | | | | | |
| 室內尺寸 | 長×寬×高 (11.5×3.5×2.7m) | | 桌面高度 | | 0.85m | | | | |
| 黑板尺寸 | 長×寬 (2.4×1.2m) | | 燈具方向 | | 平行黑板面 | | | | |
| 燈具種類 | 無格柵山型吸頂燈*10組 | | 燈具光源 | | T8 - 40W × 2(晝光色) | | | | |
| 燈具尺寸 | 120cm×18cm | | 安定器 | | 傳統安定器 | | | | |
| 燈具配置圖 |  | | | | 現場光譜圖 |  | | | |
| | 位置 | 桌面 | 黑板面 | 黑板面上緣 | | 黑板面下緣 | | | |
| 最小照度(lux) | 615 | 450 | - | - | | | | | |
| 最大照度(lux) | 735 | 570 | - | - | | | | | |
| 平均照度(lux) | 690 | 523 | - | - | | | | | |
| 均齊度 | 0.89 | 0.86 | - | - | | | | | |
| 空間輝度(cd/m ²) | 108 | 16 | 133 | 105 | | | | | |
| 現場平均色溫、演色性 | T=5073、Ra=73.3 | | | | | | | | |
| 現場藍光比例 | 7.3% | | | | | | | | |

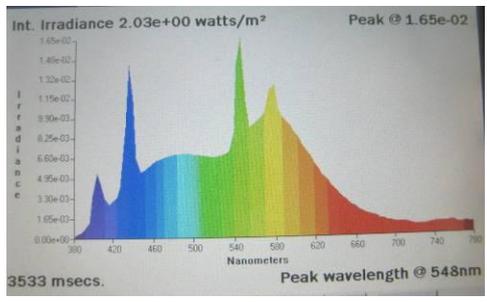
| | | | | | |
|--------------------------|--|------|------------------|---|-------|
| 編號 | N02 | | | | |
| 測量日期 | 100年6月14日 時間18點30分 | | | | |
| 室內裝修 | 天花板(礦纖板)、牆面(白色調和漆)、地面(白色釉面磚) | | | | |
| 室內尺寸 | 長×寬×高 (5.1×3.7×3.2m) | 桌面高度 | 0.8m | | |
| 白板尺寸 | 長×寬 (1.8×0.9m) | 燈具方向 | 平行、垂直黑板面 | | |
| 燈具種類 | 格柵型燈具*8組 | 燈具光源 | T5 - 14W x4(晝光色) | | |
| 燈具尺寸 | 60cm×60cm | 安定器 | 電子式安定器 | | |
| 燈具配置圖 |  | | 現場光譜圖 |  | |
| | 位置 | 桌面 | | 白板面 | 白板面上緣 |
| 最小照度(lux) | 490 | 480 | - | - | |
| 最大照度(lux) | 690 | 530 | - | - | |
| 平均照度(lux) | 587 | 507 | - | - | |
| 均齊度 | 0.84 | 0.94 | - | - | |
| 空間輝度(cd/m ²) | 120 | 115 | 136 | 107 | |
| 現場平均色溫、演色性 | T=4919、Ra=83.0 | | | | |
| 現場藍光比例 | 6.4% | | | | |

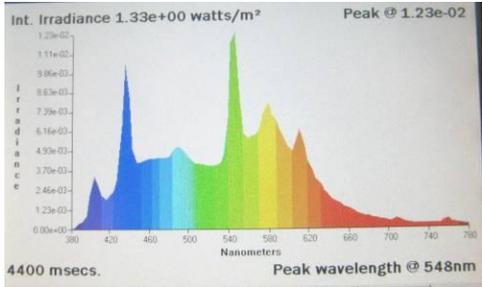
| | | | | | |
|--------------------------|--|------|------------------|---|-------|
| 編號 | N03 | | | | |
| 測量日期 | 100年6月22日 時間18點20分 | | | | |
| 室內裝修 | 天花板(白色調和漆)、牆面(白色調和漆)、地面(白色釉面磚) | | | | |
| 室內尺寸 | 長×寬×高 (5.0×4.5×3.1m) | 桌面高度 | 0.76m | | |
| 黑板尺寸 | 長×寬 (2.4×1.2m) | 燈具方向 | 平行黑板面 | | |
| 燈具種類 | 無格柵山型吸頂燈*4組 | 燈具光源 | T8 - 40W x2(晝光色) | | |
| 燈具尺寸 | 120cm×18cm | 安定器 | 傳統安定器 | | |
| 燈具配置圖 |  | | 現場光譜圖 |  | |
| | 位置 | 桌面 | | 黑板面 | 黑板面上緣 |
| 最小照度(lux) | | 406 | 350 | - | - |
| 最大照度(lux) | | 576 | 406 | - | - |
| 平均照度(lux) | | 488 | 381 | - | - |
| 均齊度 | | 0.83 | 0.91 | - | - |
| 空間輝度(cd/m ²) | | 91 | 13 | 106 | 82 |
| 現場平均色溫、演色性 | T=4811、Ra=86.6 | | | | |
| 現場藍光比例 | 6.8% | | | | |

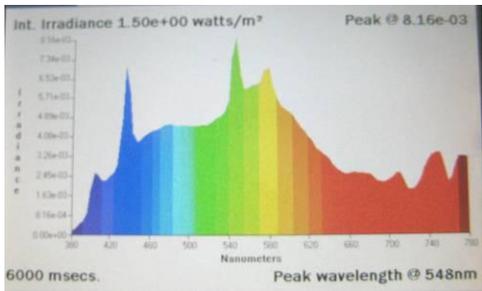
| | | | | | |
|--------------------------|--|------|--|----|-----|
| 編號 | N04 | | | | |
| 測量日期 | 100年6月24日 時間18點00分 | | | | |
| 室內裝修 | 天花板(白色調和漆)、牆面(中黃色調和漆)、地面(白色釉面磚) | | | | |
| 室內尺寸 | 長×寬×高 (5.0×3.7×3.6m) | 桌面高度 | 0.75m | | |
| 白板尺寸 | 長×寬 (1.8×0.9m) | 燈具方向 | 平行黑板面 | | |
| 燈具種類 | 格柵型燈具*3組 | 燈具光源 | T5 - 28W x2(晝光色) | | |
| 燈具尺寸 | 120cm×30cm | 安定器 | 電子式安定器 | | |
| 燈具配置圖 |  | | 現場光譜圖  | | |
| | 位置 | 桌面 | | | 白板面 |
| 最小照度(lux) | | 303 | 210 | - | - |
| 最大照度(lux) | | 400 | 240 | - | - |
| 平均照度(lux) | | 342 | 227 | - | - |
| 均齊度 | | 0.88 | 0.92 | - | - |
| 空間輝度(cd/m ²) | | 54 | 50 | 60 | 46 |
| 現場平均色溫、演色性 | T=5232、Ra=68.2 | | | | |
| 現場藍光比例 | 6.7% | | | | |

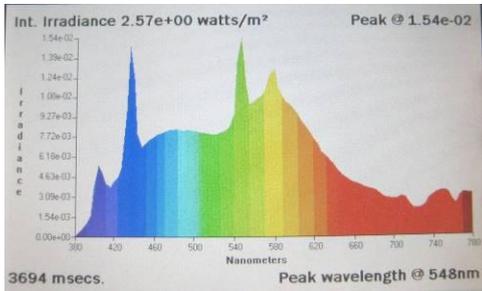
| | | | | | |
|--------------------------|--|------|------------------|---|-------|
| 編號 | N05 | | | | |
| 測量日期 | 100年6月30日 時間18點30分 | | | | |
| 室內裝修 | 天花板(白色調和漆)、牆面(白色調和漆)、地面(磨石子地磚) | | | | |
| 室內尺寸 | 長×寬×高 (4.5×4.5×2.9m) | 桌面高度 | 0.75m | | |
| 黑板尺寸 | 長×寬 (2.8×1.2m) | 燈具方向 | 平行黑板面 | | |
| 燈具種類 | 無格柵山型吸頂燈*6組 | 燈具光源 | T8 - 40W x2(晝光色) | | |
| 燈具尺寸 | 120cm×18cm | 安定器 | 傳統安定器 | | |
| 燈具配置圖 |  | | 現場光譜圖 |  | |
| | 位置 | 桌面 | | 黑板面 | 黑板面上緣 |
| 最小照度(lux) | | 485 | 460 | - | - |
| 最大照度(lux) | | 770 | 560 | - | - |
| 平均照度(lux) | | 653 | 520 | - | - |
| 均齊度 | | 0.74 | 0.88 | - | - |
| 空間輝度(cd/m ²) | | 170 | 19 | 165 | 106 |
| 現場平均色溫、演色性 | T=5493、Ra=65.4 | | | | |
| 現場藍光比例 | 6.9% | | | | |

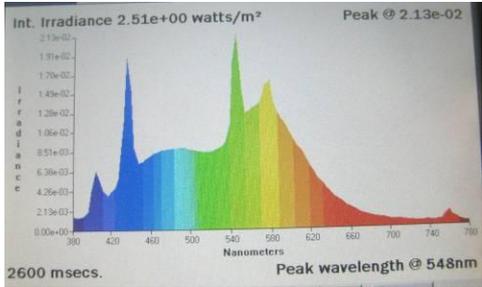
| | | | | | |
|--------------------------|--|------|--|-----|-----|
| 編號 | N06 | | | | |
| 測量日期 | 100年10月13日 時間18點30分 | | | | |
| 室內裝修 | 天花板(礦纖板)、牆面(白色調和漆)、地面(咖啡色地磚) | | | | |
| 室內尺寸 | 長×寬×高 (6.2×3.7×2.7m) | 桌面高度 | 0.75m | | |
| 白板尺寸 | 長×寬 (1.8×0.9m) | 燈具方向 | 平行黑板面 | | |
| 燈具種類 | 無格柵山型吸頂燈*3組 | 燈具光源 | T8 - 40W x2(晝光色) | | |
| 燈具尺寸 | 120cm×18cm | 安定器 | 傳統安定器 | | |
| 燈具配置圖 |  | | 現場光譜圖  | | |
| | 位置 | 桌面 | | | 白板面 |
| 最小照度(lux) | | 283 | 190 | - | - |
| 最大照度(lux) | | 535 | 306 | - | - |
| 平均照度(lux) | | 440 | 249 | - | - |
| 均齊度 | | 0.64 | 0.76 | - | - |
| 空間輝度(cd/m ²) | | 90 | 70 | 120 | 42 |
| 現場平均色溫、演色性 | T=5448、Ra=71.6 | | | | |
| 現場藍光比例 | 7.4% | | | | |

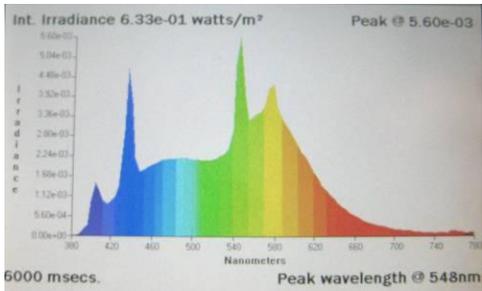
| | | | | | |
|--------------------------|--|------|------------------|---|--|
| 編號 | N07 | | | | |
| 測量日期 | 100年10月14日 時間18點00分 | | | | |
| 室內裝修 | 天花板(礦纖板)、牆面(白色調和漆)、地面(白色釉面磚) | | | | |
| 室內尺寸 | 長×寬×高 (6.2×3.6×2.5m) | 桌面高度 | 0.75m | | |
| 白板尺寸 | 長×寬 (2.4×1.2m) | 燈具方向 | 平行、垂直黑板面 | | |
| 燈具種類 | 無格柵山型吸頂燈*10組 | 燈具光源 | T8 - 40W x1(晝光色) | | |
| 燈具尺寸 | 120cm×10cm | 安定器 | 傳統安定器 | | |
| 燈具配置圖 |  | | 現場光譜圖 |  | |
| | | | | | |
| 位置 | 桌面 | 白板面 | 白板面上緣 | 白板面下緣 | |
| 最小照度(lux) | 512 | 470 | - | - | |
| 最大照度(lux) | 657 | 508 | - | - | |
| 平均照度(lux) | 608 | 489 | - | - | |
| 均齊度 | 0.84 | 0.96 | - | - | |
| 空間輝度(cd/m ²) | 160 | 140 | 85 | 75 | |
| 現場平均色溫、演色性 | T=5422、Ra=70.5 | | | | |
| 現場藍光比例 | 7.0% | | | | |

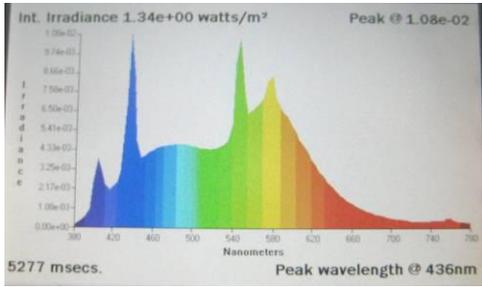
| | | | | | |
|--------------------------|--|------|------------------|---|-------|
| 編號 | N08 | | | | |
| 測量日期 | 100年7月22日 時間16點30分 | | | | |
| 室內裝修 | 天花板(礦纖板)、牆面(白色調和漆)、地面(白色釉面磚) | | | | |
| 室內尺寸 | 長×寬×高 (4.9×4.1×3.2m) | 桌面高度 | 0.70m | | |
| 黑板尺寸 | 長×寬 (1.5×0.9m) | 燈具方向 | 平行黑板面 | | |
| 燈具種類 | 格柵型燈具*4組 | 燈具光源 | T8 - 20W ×4(晝光色) | | |
| 燈具尺寸 | 60cm×60cm | 安定器 | 傳統安定器 | | |
| 燈具配置圖 |  | | 現場光譜圖 |  | |
| | 位置 | 桌面 | | 黑板面 | 黑板面上緣 |
| 最小照度(lux) | | 314 | 188 | - | - |
| 最大照度(lux) | | 423 | 205 | - | - |
| 平均照度(lux) | | 355 | 196 | - | - |
| 均齊度 | | 0.88 | 0.96 | - | - |
| 空間輝度(cd/m ²) | | 95 | 9 | 43 | 33 |
| 現場平均色溫、演色性 | T=5587、Ra=71.5 | | | | |
| 現場藍光比例 | 7.1% | | | | |

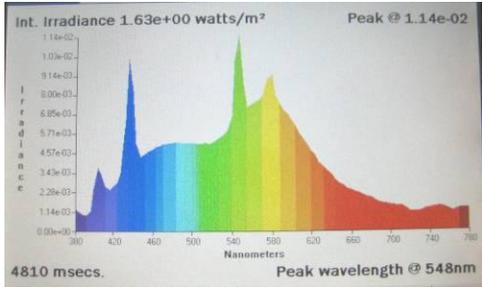
| | | | | | |
|--------------------------|--|------|--|----|-----|
| 編號 | N09 | | | | |
| 測量日期 | 100年10月18日 時間18點00分 | | | | |
| 室內裝修 | 天花板(白色調和漆)、牆面(白色調和漆)、地面(磨石子磚) | | | | |
| 室內尺寸 | 長×寬×高 (4.3×3.4×3.1m) | 桌面高度 | 0.75m | | |
| 白板尺寸 | 長×寬 (1.5×0.9m) | 燈具方向 | 平行黑板面 | | |
| 燈具種類 | 無格柵山型吸頂燈*1組 | 燈具光源 | T8 - 40W x2(晝光色) | | |
| 燈具尺寸 | 120cm×18cm | 安定器 | 傳統安定器 | | |
| 燈具配置圖 |  | | 現場光譜圖  | | |
| | 位置 | 桌面 | | | 白板面 |
| 最小照度(lux) | | 165 | 150 | - | - |
| 最大照度(lux) | | 250 | 180 | - | - |
| 平均照度(lux) | | 211 | 164 | - | - |
| 均齊度 | | 0.78 | 0.91 | - | - |
| 空間輝度(cd/m ²) | | 10 | 28 | 45 | 31 |
| 現場平均色溫、演色性 | T=5771、Ra=68.6 | | | | |
| 現場藍光比例 | 7.0% | | | | |

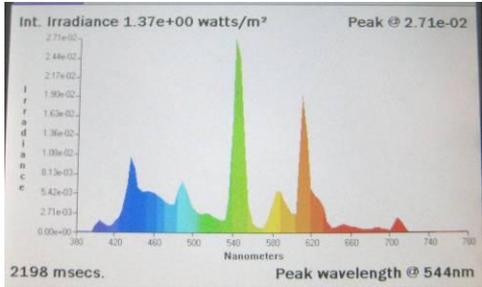
| | | | | | |
|-------------|--|------|------------------|---|-------|
| 編號 | N010 | | | | |
| 測量日期 | 100年10月20日 時間19點10分 | | | | |
| 室內裝修 | 天花板(礦纖板)、牆面(白色調和漆)、地面(咖啡色木地板) | | | | |
| 室內尺寸 | 長×寬×高 (4.3×4.3×2.6m) | 桌面高度 | 0.75m | | |
| 白板尺寸 | 長×寬 (1.8×0.9m) | 燈具方向 | 平行黑板面 | | |
| 燈具種類 | 格柵型燈具*4組 | 燈具光源 | T8 - 20W x4(晝光色) | | |
| 燈具尺寸 | 60cm×60cm | 安定器 | 傳統安定器 | | |
| 燈具配置圖 |  | | 現場光譜圖 |  | |
| | 位置 | 桌面 | | 白板面 | 白板面上緣 |
| 最小照度(lux) | | 333 | 320 | - | - |
| 最大照度(lux) | | 569 | 410 | - | - |
| 平均照度(lux) | | 446 | 357 | - | - |
| 均齊度 | | 0.74 | 0.90 | - | - |
| 空間輝度(cd/m²) | | 28 | 64 | 75 | 32 |
| 現場平均色溫、演色性 | T=5585、Ra=72.3 | | | | |
| 現場藍光比例 | 7.2% | | | | |

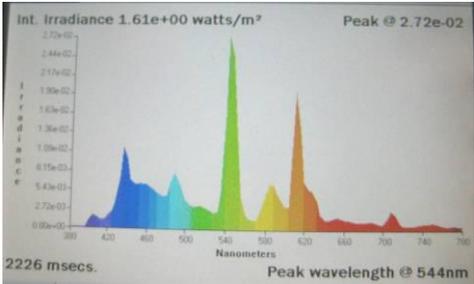
| | | | | | |
|-------------|--|------|------------------|---|-------|
| 編號 | N011 | | | | |
| 測量日期 | 100年7月26日 時間17點30分 | | | | |
| 室內裝修 | 天花板(礦纖板)、牆面(白色及棕色調和漆)、地面(白色釉面磚) | | | | |
| 室內尺寸 | 長×寬×高 (6.2×4.1×2.8m) | 桌面高度 | 0.75m | | |
| 白板尺寸 | 長×寬 (3.6×1.2m) | 燈具方向 | 平行黑板面 | | |
| 燈具種類 | 格柵型燈具*10組 | 燈具光源 | T5 - 14W x4(晝光色) | | |
| 燈具尺寸 | 60cm×60cm | 安定器 | 電子式安定器 | | |
| 燈具配置圖 |  | | 現場光譜圖 |  | |
| | 位置 | 桌面 | | 白板面 | 白板面上緣 |
| 最小照度(lux) | | 668 | 530 | - | - |
| 最大照度(lux) | | 860 | 570 | - | - |
| 平均照度(lux) | | 774 | 550 | - | - |
| 均齊度 | | 0.86 | 0.96 | - | - |
| 空間輝度(cd/m²) | | 135 | 135 | 185 | 14 |
| 現場平均色溫、演色性 | T=5620、Ra=66.2 | | | | |
| 現場藍光比例 | 7.0% | | | | |

| | | | | | |
|--------------------------|--|------|------------------|---|-------|
| 編號 | N012 | | | | |
| 測量日期 | 100年7月27日 時間18點00分 | | | | |
| 室內裝修 | 天花板(白色調和漆)、牆面(白色調和漆)、地面(咖啡色木地板) | | | | |
| 室內尺寸 | 長×寬×高 (5.0×3.8×3.2m) | 桌面高度 | 0.75m | | |
| 白板尺寸 | 長×寬 (1.8×0.9m) | 燈具方向 | 平行黑板面 | | |
| 燈具種類 | 無格柵山型吸頂燈*2組 | 燈具光源 | T8 - 40W x2(晝光色) | | |
| 燈具尺寸 | 120cm×18cm | 安定器 | 傳統安定器 | | |
| 燈具配置圖 |  | | 現場光譜圖 |  | |
| | 位置 | 桌面 | | 白板面 | 白板面上緣 |
| 最小照度(lux) | | 220 | 180 | - | - |
| 最大照度(lux) | | 296 | 190 | - | - |
| 平均照度(lux) | | 248 | 185 | - | - |
| 均齊度 | | 0.89 | 0.97 | - | - |
| 空間輝度(cd/m ²) | | 65 | 55 | 65 | 32 |
| 現場平均色溫、演色性 | T=5488、Ra=65.6 | | | | |
| 現場藍光比例 | 6.8% | | | | |

| | | | | | |
|--------------------------|--|------|--|----|-----|
| 編號 | N013 | | | | |
| 測量日期 | 100年7月28日 時間17點15分 | | | | |
| 室內裝修 | 天花板(礦纖板)、牆面(黃色調和漆)、地面(咖啡色木地板) | | | | |
| 室內尺寸 | 長×寬×高 (7.5×4.2×2.7m) | 桌面高度 | 0.75m | | |
| 白板尺寸 | 長×寬 (0.9×0.9m) | 燈具方向 | 平行黑板面 | | |
| 燈具種類 | 無格柵山型吸頂燈*5組 | 燈具光源 | T8 - 40W x2(晝光色) | | |
| 燈具尺寸 | 120cm×18cm | 安定器 | 傳統安定器 | | |
| 燈具配置圖 |  | | 現場光譜圖  | | |
| | 位置 | 桌面 | | | 白板面 |
| 最小照度(lux) | | 363 | 246 | - | - |
| 最大照度(lux) | | 480 | 279 | - | - |
| 平均照度(lux) | | 415 | 262 | - | - |
| 均齊度 | | 0.87 | 0.94 | - | - |
| 空間輝度(cd/m ²) | | 50 | 57 | 67 | 32 |
| 現場平均色溫、演色性 | T=5613、Ra=69.3 | | | | |
| 現場藍光比例 | 7.3% | | | | |

| | | | | | |
|--------------------------|--|------|--|----|-----|
| 編號 | N014 | | | | |
| 測量日期 | 100年10月26日 時間18點40分 | | | | |
| 室內裝修 | 天花板(礦纖板)、牆面(白色調和漆)、地面(咖啡色木地板) | | | | |
| 室內尺寸 | 長×寬×高 (4.2×3.9×2.8m) | 桌面高度 | 0.90m | | |
| 白板尺寸 | 長×寬 (1.8×0.9m) | 燈具方向 | 平行黑板面 | | |
| 燈具種類 | 無格柵山型吸頂燈*2組 | 燈具光源 | T8 - 40W x2(晝光色) | | |
| 燈具尺寸 | 120cm×18cm | 安定器 | 傳統安定器 | | |
| 燈具配置圖 |  | | 現場光譜圖  | | |
| | 位置 | 桌面 | | | 白板面 |
| 最小照度(lux) | | 186 | 220 | - | - |
| 最大照度(lux) | | 349 | 240 | - | - |
| 平均照度(lux) | | 273 | 230 | - | - |
| 均齊度 | | 0.68 | 0.96 | - | - |
| 空間輝度(cd/m ²) | | 38 | 52 | 74 | 32 |
| 現場平均色溫、演色性 | T=5610、Ra=67.9 | | | | |
| 現場藍光比例 | 7.6% | | | | |

| | | | | | |
|--------------------------|--|------|------------------|---|-------|
| 編號 | N015 | | | | |
| 測量日期 | 100年8月1日 時間17點40分 | | | | |
| 室內裝修 | 天花板(礦纖板)、牆面(白色調和漆)、地面(磨石子地磚) | | | | |
| 室內尺寸 | 長×寬×高 (8.7×4.5×3.2m) | 桌面高度 | 0.75m | | |
| 白板尺寸 | 長×寬 (1.8×0.9m) | 燈具方向 | 平行黑板面 | | |
| 燈具種類 | 無格柵山型吸頂燈*4組 | 燈具光源 | T5 - 28W x2(晝光色) | | |
| 燈具尺寸 | 120cm×18cm | 安定器 | 電子式安定器 | | |
| 燈具配置圖 |  | | 現場光譜圖 |  | |
| | 位置 | 桌面 | | 白板面 | 白板面上緣 |
| 最小照度(lux) | | 360 | 333 | - | - |
| 最大照度(lux) | | 557 | 345 | - | - |
| 平均照度(lux) | | 433 | 340 | - | - |
| 均齊度 | | 0.83 | 0.98 | - | - |
| 空間輝度(cd/m ²) | | 70 | 85 | 105 | 55 |
| 現場平均色溫、演色性 | T=5629、Ra=84.7 | | | | |
| 現場藍光比例 | 7.5% | | | | |

| | | | | | |
|--------------------------|--|------|--|----|-----|
| 編號 | N016 | | | | |
| 測量日期 | 100年10月31日 時間19點00分 | | | | |
| 室內裝修 | 天花板(礦纖板)、牆面(白色調和漆)、地面(咖啡色木地板) | | | | |
| 室內尺寸 | 長×寬×高 (5.7×3.9×3.2m) | 桌面高度 | 0.75m | | |
| 白板尺寸 | 長×寬 (2.4×1.2m) | 燈具方向 | 平行黑板面 | | |
| 燈具種類 | 無格柵山型吸頂燈*2組 | 燈具光源 | T5 - 28W x2(晝光色) | | |
| 燈具尺寸 | 120cm×18cm | 安定器 | 電子式安定器 | | |
| 燈具配置圖 |  | | 現場光譜圖  | | |
| | 位置 | 桌面 | | | 白板面 |
| 最小照度(lux) | | 256 | 190 | - | - |
| 最大照度(lux) | | 382 | 220 | - | - |
| 平均照度(lux) | | 322 | 207 | - | - |
| 均齊度 | | 0.79 | 0.92 | - | - |
| 空間輝度(cd/m ²) | | 30 | 50 | 59 | 38 |
| 現場平均色溫、演色性 | T=5773、Ra=83.8 | | | | |
| 現場藍光比例 | 8.1% | | | | |

第三節 安親班教室調查案例解析

一、燈具配置方向

將所調查安親班（N001~N016）教室之燈具配置方向作一統合及整理如表3-3.1 所示，可以將教室燈具配置分為燈管垂直黑(白)板面及水平黑(白)板面兩個方向，其中平行於黑(白)板面之教室佔所有教室的87%，混和型（部分平行、部分垂直）則佔13%，沒有一家垂直黑(白)板面安裝，但若教室安裝為無防眩格柵開放型燈具，平行安裝方向產生之眩光往往會大於垂直安裝方向，且燈管裸露在燈具之外，燈管表面輝度極大，學童上課容易產生視覺不舒適或疲勞。另調查案例亦發現目前沒有1家安親班裝設專屬黑板燈，可能會造成黑(白)板垂直照度不足。

表 3-3.1 燈具配置方向

| 編號 | 燈具配置方向 | 專屬黑板燈 |
|------|---|-------|
| No1 | T8 - 40W × 20 支 (平行) | 無 |
| No2 | T5 - 14W ×4 支 (垂直) T5 - 14W ×28 支 (平行) | 無 |
| No3 | T8 - 40W ×8 支 (平行) | 無 |
| No4 | T5 - 28W ×6 支 (平行) | 無 |
| No5 | T8 - 40W ×12 支 (平行) | 無 |
| No6 | T8 - 40W ×6 支 (平行) | 無 |
| No7 | T8 - 40W ×6 支 (垂直) T8 - 40W ×4 支 (平行) | 無 |
| No8 | T8 - 20W ×16 (平行) | 無 |
| No9 | T8 - 40W ×2 (平行) | 無 |
| No10 | T8 - 20W ×16 (平行) | 無 |
| No11 | T5 - 14W ×40 (平行) | 無 |
| No12 | T8 - 40W ×4 (平行) | 無 |
| No13 | T8 - 40W ×10 (平行) | 無 |
| No14 | T8 - 40W ×4 (平行) | 無 |
| No15 | T5 - 28W ×8 (平行) | 無 |
| No16 | T5 - 28W ×4 (平行) | 無 |

[資料來源：本研究整理]

二、天花板或牆面裝設旋轉風扇

風扇若配置於燈具附近時，風扇旋轉可能造成照明效果產生閃爍現象，該現象容易造成學童分心，甚至影響學童視力健康或其他頭痛等生理毛病，故建議盡量避免裝設往復式運動機械體或考量恰當位置，本研究將所調查安親班（N001~N016）教室作一統計整理，發現裝設旋轉風扇之教室共9家佔所有教室的56%，如圖3-3.1 所示。

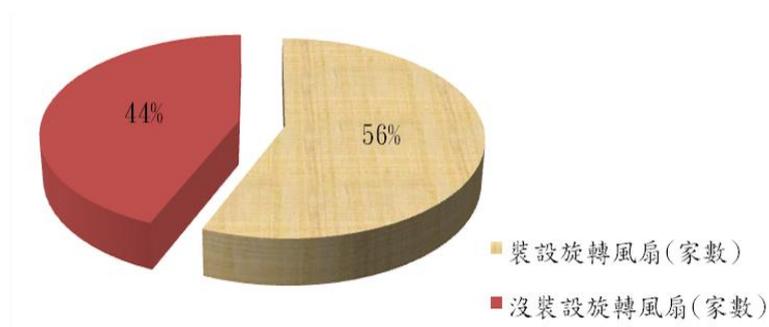


圖 3-3.1 裝設旋轉風扇統計

[資料來源：本研究整理]



圖 3-3.2 裝設旋轉風扇教室照片

[資料來源：本研究拍攝]

三、燈具類型

照明燈具依照明燈具的光學構造及構造的特徵而有三個分類 (G1~G3)，G1 係指利用擴散板或百葉板等可充分控制眩光的照明燈具。G2 係指自水平方向視之，見不到燈管，可限制照明燈具。G3 係燈管露出而無法限制眩光的照明燈具，所以此眩光分類，G1 最能限制眩光的照明燈具，如表 3-3.2 所示。

本研究調查案例，裝設無格柵山型吸頂燈 (G3 類型) 計有 11 家，約佔總調查樣本 69%，裝設防眩格柵燈具 (G1 類型) 計有 5 家，約佔總調查樣本 31%，如圖 3-3.3 所示。

表3-3.2 燈具類型

| 無格柵山型吸頂燈 | 防眩格柵燈具 |
|---|--|
|  |  |

(資料來源：本研究拍攝)

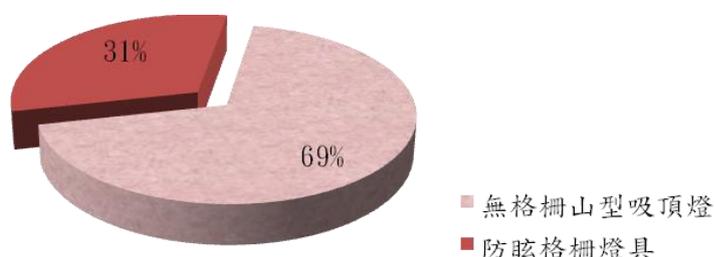


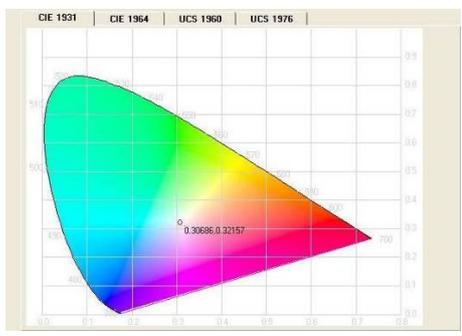
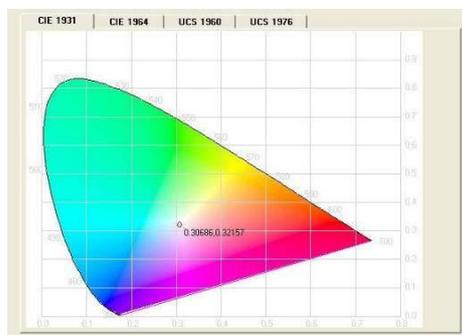
圖 3-3.3 裝設燈具類型統計

[資料來源：本研究整理]

四、燈源類型

本研究調查案例，燈具搭配燈源為 T8 晝光色螢光燈管計有 11 家，約佔總調查樣本 69%，另搭配 T5 晝光色螢光燈管計有 5 家，約佔總調查樣本 31%，本研究為了解燈源發出光之特性，在進行現場量測時，同時記錄燈源廠牌型號，然後自行採購與安親班安裝相同之燈源，再將該燈源安裝於本研究搭配之安定器，在實驗室量測其色溫、色度、演色性及光譜分布，量測結果如表 3-3.3、3-3.4 所示。

表 3-3.3 T8 燈源色座標、色溫及演色性

| T8 - 20W | | T8 - 40W | |
|--|--|---|--|
|  | |  | |
| 光色座標 | x=0.3130 y=0.3232 u'=0.2002 v'=0.4652 | 光色座標 | x=0.3069 y=0.3216 u'=0.1965 v'=0.4634 |
| 演色性 色溫 | CRI=88.4 T=6536 | 演色性 色溫 | CRI=89.4 T=6908 |

[資料來源：本研究整理]

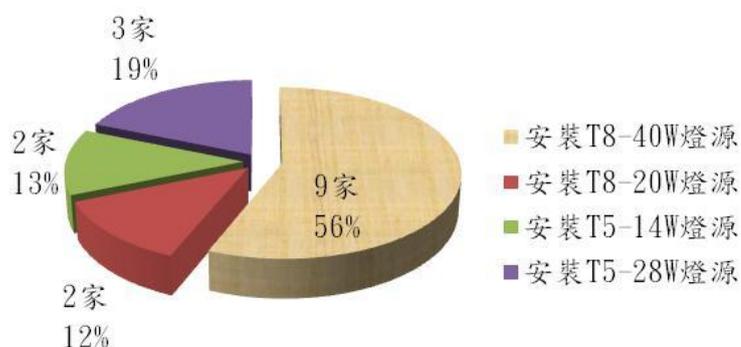
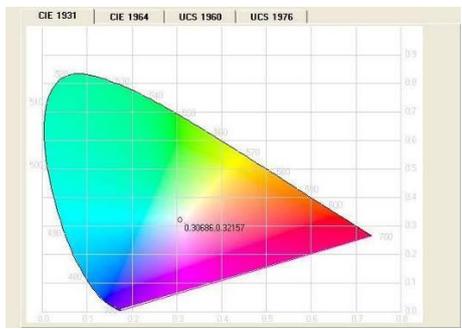
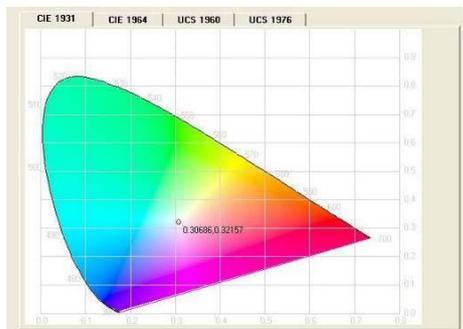


圖 3-3.4 裝設燈源類型統計

[資料來源：本研究整理]

表 3-3.4 T5 燈源色座標、色溫及演色性

| T5 - 14W | | T5 - 28W | |
|---|--|--|--|
|  | |  | |
| 光色座標 | $x=0.3150$ $y=0.3360$ $u'=0.1965$ $v'=0.4724$ | 光色座標 | $x=0.3138$ $y=0.3383$ $u'=0.1952$ $v'=0.4734$ |
| 演色性 色溫 | CRI=86.9 T=6339 | 演色性 色溫 | CRI=85.8 T=6384 |

[資料來源：本研究整理]

五、燈具統一眩光指標 (UGR)

燈具配光曲線表示燈具光強度分布，若是垂直角在 45 度以上累積量過高，則燈具較容易造成眩光，本研究為了解燈具統一眩光指標，在進行現場量測時，同時記錄燈具類型，並購買一組相同類型燈具後，於實驗室量測其配光曲線及 UGR 眩光指標，測試條件參考能源局 97 年 11 月 17 日公告實施「室內照明燈具節能標章能源效率基準及標示方法」。

本研究調查案例之燈具種類計有 6 種，UGR 眩光量測結果如表 3-3.5 所示，其中裝設防眩格柵燈具 (G1 類型) 之 UGR 眩光指標介於 11~21 之間，若適度調整燈具配置方向，可以符合 CIE、ISO 等規範對教育場所統一眩光指標 (UGR) 應小於 19 之建議；另裝設無格柵山型吸頂燈 (G3 類型) 之 UGR 眩光指標介於 27~31 之間，無法符合 CIE、ISO 等規範之建議，尤其對座位距離黑(白)板較遠之後排學童，因其上課看黑板時，其視野內之光源數量較前排多，故可能產生眩光不舒適情形會越顯著。

表 3-3.5 燈具 UGR 眩光指標

| 調查項目 | 燈具尺寸 | 種類 | 燈源 | 眩光指標 (UGR) | |
|------|------------|-----|--------------|------------|------|
| | | | | 平行燈軸 | 垂直燈軸 |
| 眩光指標 | 60cm×60cm | 有格柵 | T8 - 20W*4 支 | 20.6 | 19.0 |
| | 60cm×60cm | 有格柵 | T5 - 14W*4 支 | 18.2 | 15.6 |
| | 120cm×30cm | 有格柵 | T5 - 28W*2 支 | 18.1 | 11.2 |
| | 120cm×18cm | 無格柵 | T8 - 40W*2 支 | 23.5 | 23.4 |
| | 120cm×18cm | 無格柵 | T5 - 28W*2 支 | 27.2 | 26.6 |
| | 120cm×10cm | 無格柵 | T8 - 40W*1 支 | 24.2 | 28.2 |

[資料來源：本研究量測]

六、教室桌面水平照度調查

本研究將所調查安親班 (NO01~NO16) 教室之桌面水平照度作一統合及整理如圖 3-3.5 所示，其中桌面水平平均照度大於 500 lux 共有 5 間佔所有教室的 31%，所測最大平均照度為 774 lux，桌面水平平均照度小於 500 lux 共有 11 間佔所有教室的 69%，所測最小平均照度為 211 lux，整個調查安親班教室之桌面水平照度平均為 455 lux。

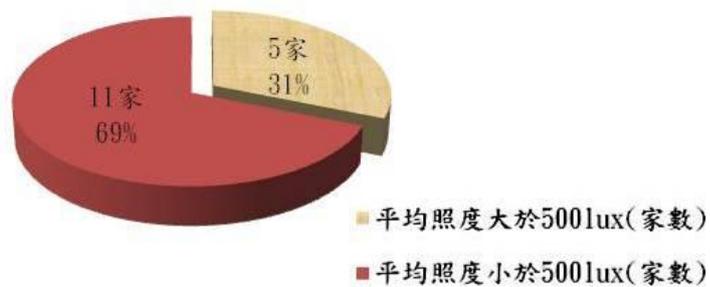
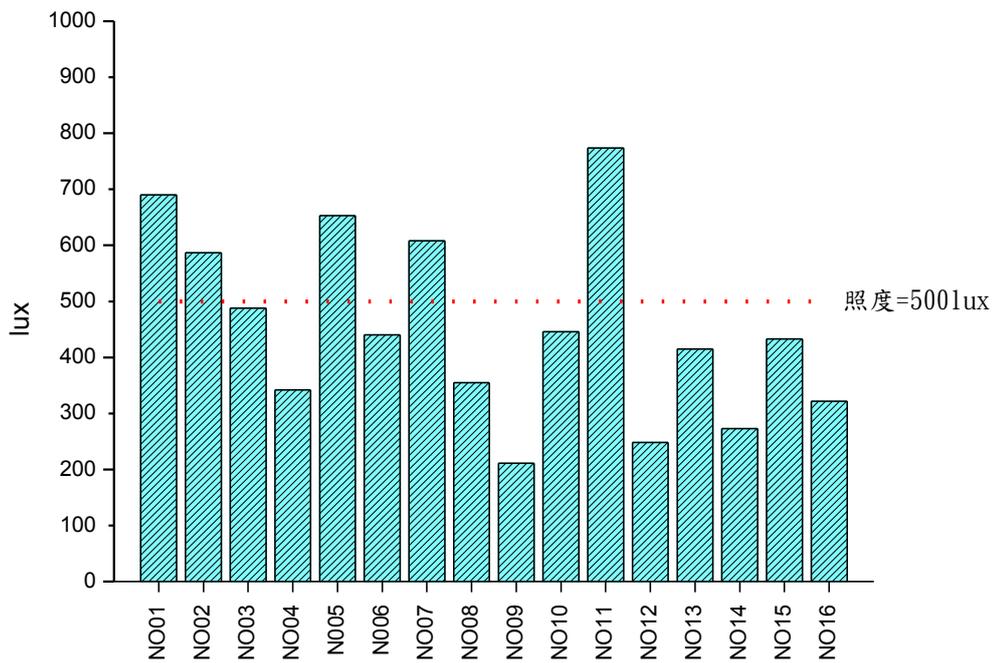


圖 3-3.5 平均水平照度統計(桌面)

[資料來源：本研究整理]

七、教室黑(白)板垂直照度調查

本研究將所調查安親班 (NO01~NO16) 教室之黑(白)板照度作一統合及整理如圖 3-3.6 所示，其中黑板垂直平均照度大於 500 lux 共有 4 間佔所有教室的 25%，所測最大平均照度為 550 lux，黑板垂直平均照度小於 500 lux 共有 12 間佔所有教室的 75%，所測最小平均照度為 164lux，整個調查安親班教室之黑板垂直照度平均為 337 lux。

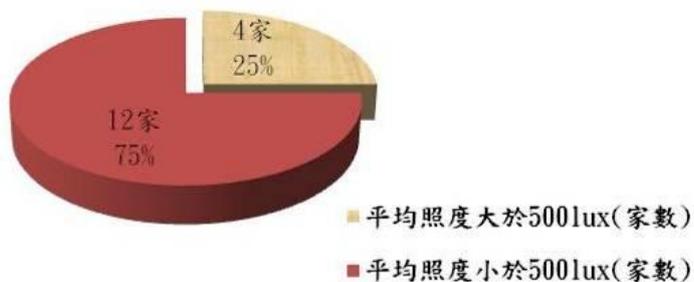
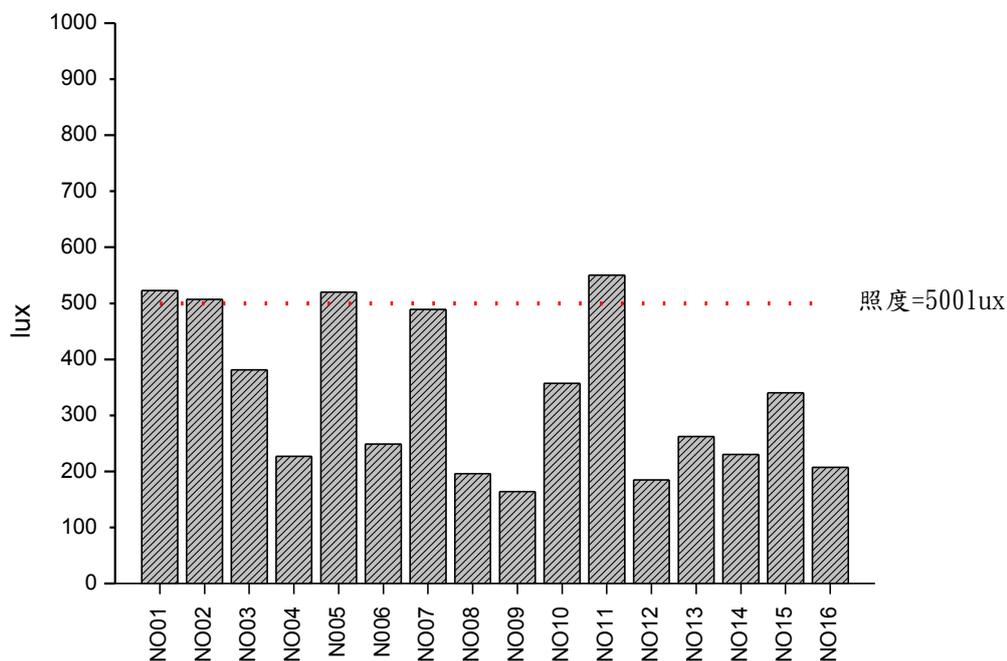


圖 3-3.6 平均垂直照度統計(黑板)

[資料來源：本研究整理]

八、教室照明功率密度調查

囿於研究期程、成本與安親班業者配合意願，本研究教室照明功率消耗數據無法長時間於現場監測得到，因此採用於賣場通路採購與安親班安裝相同種類之燈具，於實驗室量測其消耗功率，再乘以現場安裝燈具數量，估算得到總照明耗電數據，調查案例之總照明耗電估算，如表 3-3.6 所示。

表3-3.6 安親班照明耗電估算

| 編號 | 燈具使用光源 | 燈具種類 | 總消耗功率(W) |
|------|---------------|---------------|----------|
| No1 | T8 - 40W ×2 支 | 無格柵山型吸頂燈*10 組 | 760 |
| No2 | T5 - 14W ×4 支 | 格柵型燈具*8 組 | 536 |
| No3 | T8 - 40W ×2 支 | 無格柵山型吸頂燈*4 組 | 304 |
| No4 | T5 - 28W ×2 支 | 格柵型燈具*3 組 | 165 |
| No5 | T8 - 40W ×2 支 | 無格柵山型吸頂燈*6 組 | 456 |
| No6 | T8 - 40W ×2 支 | 無格柵山型吸頂燈*3 組 | 228 |
| No7 | T8 - 40W ×1 支 | 無格柵山型吸頂燈*10 組 | 380 |
| No8 | T8 - 20W ×4 支 | 格柵型燈具*4 組 | 324 |
| No9 | T8 - 40W ×2 支 | 無格柵山型吸頂燈*1 組 | 76 |
| No10 | T8 - 20W ×4 支 | 格柵型燈具*4 組 | 324 |
| No11 | T5 - 14W ×4 支 | 格柵型燈具*10 組 | 670 |
| No12 | T8 - 40W ×2 支 | 無格柵山型吸頂燈*2 組 | 152 |
| No13 | T8 - 40W ×2 支 | 無格柵山型吸頂燈*5 組 | 380 |
| No14 | T8 - 40W ×2 支 | 無格柵山型吸頂燈*2 組 | 152 |
| No15 | T5 - 28W ×2 支 | 無格柵山型吸頂燈*4 組 | 248 |
| No16 | T5 - 28W ×2 支 | 無格柵山型吸頂燈*2 組 | 124 |

[資料來源：本研究整理]

本研究將所調查安親班 (NO01~NO16) 教室之照明功率密度作一統合及整理如圖 3-3.7 所示，其中照明功率密度大於 $15\text{W}/\text{m}^2$ 共有 7 間佔所有教室的 44%，所測最大照明功率密度為 $28.4\text{W}/\text{m}^2$ ，照明功率密度小於 $15\text{W}/\text{m}^2$ 共有 9 間佔所有教室的 56%，所測最小照明功率密度為 $5.2\text{W}/\text{m}^2$ ，整個調查安親班教室之教室照明功率密度平均為 $14.18\text{W}/\text{m}^2$ 。

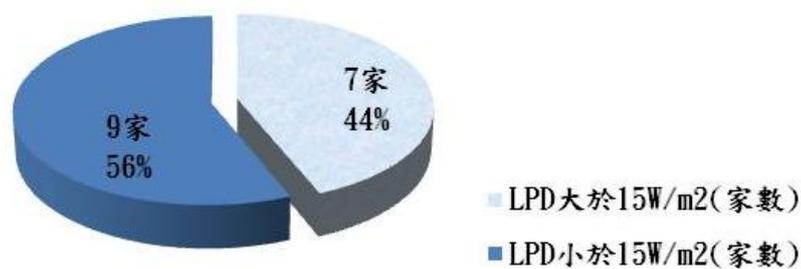
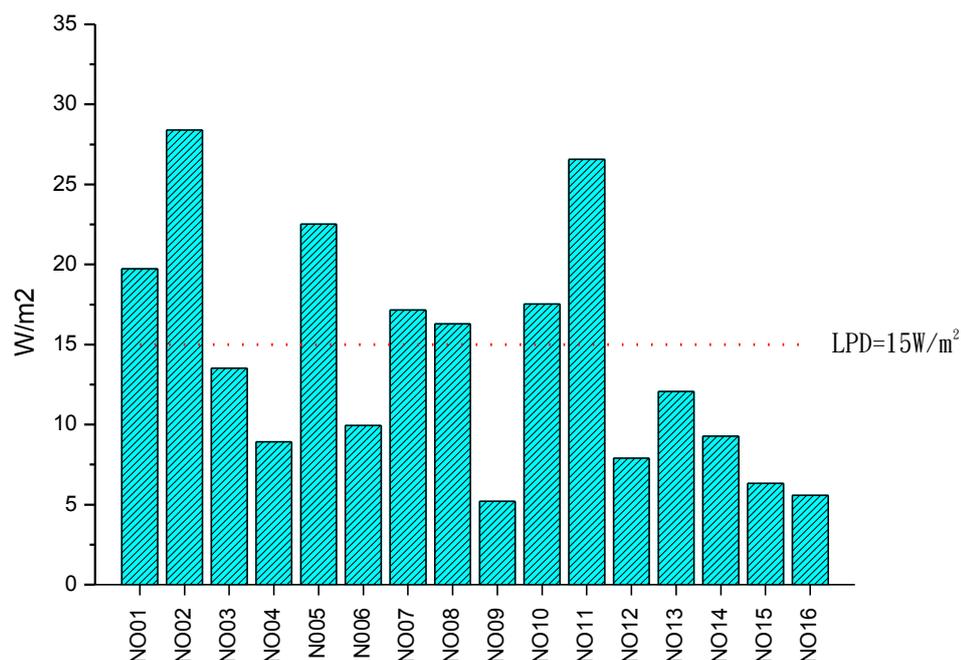


圖 3-3.7 照明功率密度統計

[資料來源：本研究整理]

交叉分析同時桌面水平照度及黑板垂直照度達到500lux共有4間，分別為N001、N002、N005、N011，這4間安親班中N001之照明功率密度最小為 $19.74\text{W}/\text{m}^2$ ，N002之照明功率密度最大為 $28.4\text{W}/\text{m}^2$ ，原因探論如下：

1. N001安親班：

N001安親班共裝置10組無格柵山型吸頂燈，每組燈使用之燈源為T8-40W x2支，燈具之能源效率約 $49\text{lm}/\text{W}$ ，本研究估算總照明耗電為456W，換算照明功率密度約為 $19.74\text{W}/\text{m}^2$ ，所測桌面平均水平照度690lux、黑板平均垂直照度523lux，雖現場安裝為傳統燈具，但燈具發光面至桌面淨間距為1.75公尺，較其他3間安親班近約0.3~0.65公尺，依照度平方反比定律，可因此提高了照明利用效率，降低總照明耗電，故若空間照度不足，可考慮採用適度降低燈具高度手法，例如使用懸吊式燈具，達到提高照度目的。

2. N002安親班：

N002安親班共裝置8組格柵型燈具，每組燈使用之燈源為T5-14W x4支，燈具之能源效率約 $42\text{lm}/\text{W}$ ，本研究估算總照明耗電為536W，換算照明功率密度約為 $28.4\text{W}/\text{m}^2$ ，所測桌面平均水平照度587lux、黑板平均垂直照度507lux，現場安裝為新型T5燈源，但搭配燈具效率（Light output ratio, LOR）不佳約只有60%，且燈具發光面至桌面淨間距高達2.4公尺，影響整體照明利用效率表現，目前市售高效率節能標章室內照明燈具能源效率可達 $60\text{lm}/\text{W}$ 以上，建議可更換節能標章產品，能源使用效率可提升約4成以上。

3. N005、N011安親班：

N005安親班之桌面平均水平照度653lux、黑板平均垂直照度520lux，另N011安親班之桌面平均水平照度774 lux、黑板平均垂直照度550 lux，但2間安親班沒有專屬黑板燈，所以造成桌面平均水平照度較黑板平均垂直照度分別高約133 lux、223 lux，造成無效能源浪費，建議可適度降低教室環境基礎照明併用黑板專屬照明，可有效節能。

4. N009、N016安親班：

交叉比對亦發現N009、N016安親班之照明功率密度小至分別只有 $5.2\text{W}/\text{m}^2$ 及 $5.58\text{W}/\text{m}^2$ ，但N009安親班之桌面平均水平照度 211 lux 、黑板平均垂直照度 164 lux ，另N016安親班之桌面平均水平照度 322 lux 、黑板平均垂直照度 207 lux ，現場照度嚴重不足，長期下來會傷害學童眼部肌肉，造成近視發生，因此，教育場所照明設計，應先在維持一定照明品質條件下，再思考如何照明節能，才有意義。

九、空間縱向輝度調查

本研究將所調查安親班 (NO01~NO16) 教室之空間縱向輝度作一統合及整理如圖 3-3.11 所示，其中桌面輝度和黑(白)板輝度比大於 5:1 共有 4 間佔所有教室的 25%，所測最大輝度比(Ratio)為 10.6，桌面和黑板輝度分別為 $95\text{cd}/\text{m}^2$ 、 $9\text{cd}/\text{m}^2$ ；桌面輝度和黑(白)板輝度介於 5:1~1:3 共有 12 間佔所有教室的 75%

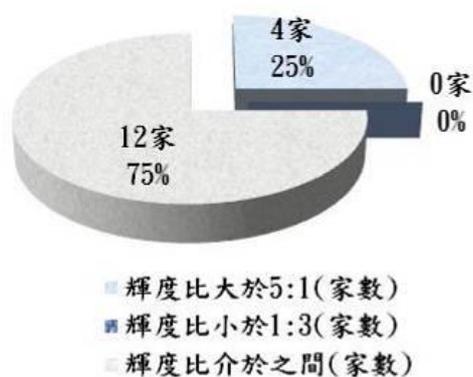
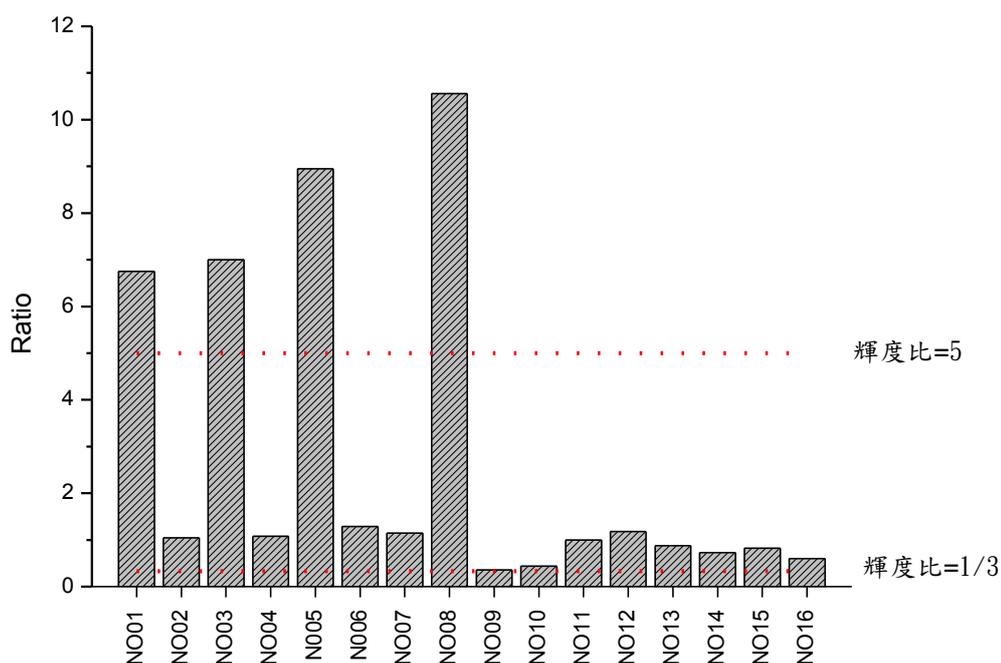


圖 3-3.8 空間縱向輝度比統計

[資料來源：本研究整理]

十、現場光環境之色溫、演色性調查

本研究將所調查安親班 (NO01~NO16) 教室現場光環境之色溫、演色性作一統合及整理如圖 3-3.9~3-3.10 所示,其中所測最小現場光環境色溫為 4811 K, 最大現場光環境色溫為 5773 K, 整體平均色溫為 5443 K, 整個調查安親班教室之現場光環境色溫均較實驗室量測燈源色溫小約 611~2097 K, 探討可能因素, 除燈源可能受老化及外來自然光影響外, 主要為燈源發出之光至到達桌面過程會受燈具本體 (例如反射板、百葉、燈罩等) 及室內空間表面反射率 (例如天花板、牆面、地板、傢俱等) 影響, 而改變光落在桌面之光譜組成。

另所測最小現場光環境演色性指數 Ra=65.4, 最大現場光環境演色性指數 Ra=86.6, 整體平均演色性指數 Ra=73.0, 其中 Ra 大於 80 共有 4 間佔所有教室的 25%, 整個調查安親班教室之現場光環境演色性指數均較實驗室量測燈源演色性指數小約 2.0~23.8。

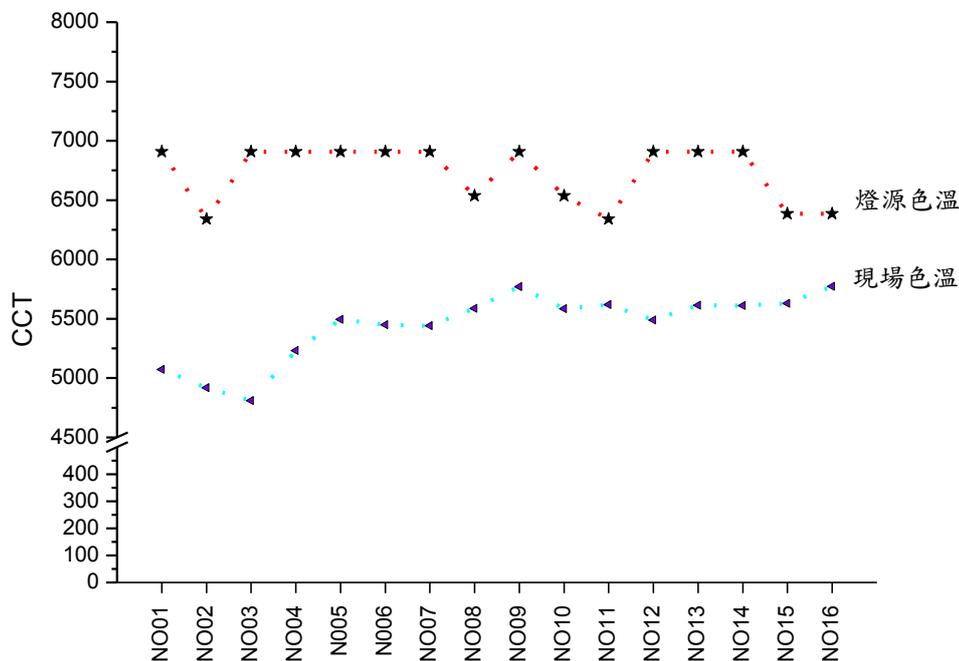


圖 3-3.9 色溫量測統計

[資料來源：本研究整理]

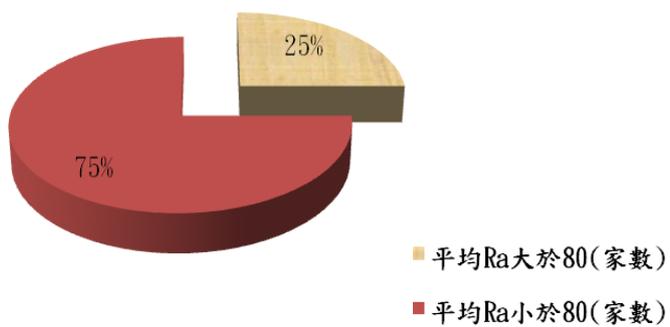
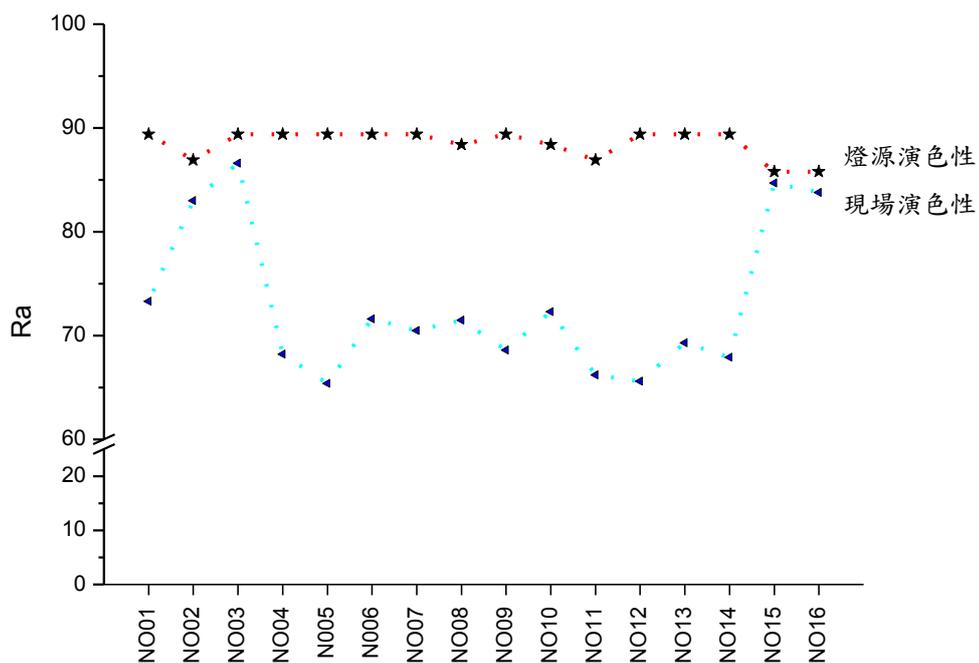


圖 3-3.10 演色性量測統計
 [資料來源：本研究整理]

十一、安親班照明品質整體評價調查

本研究將所調查安親班 (NO01~NO16) 教室桌面平均照度、燈具統一眩光指數、教室均齊度、教室用電密度、燈源演色性指數等數據，以前面章節所建立評比標準進行照明環境品質評估，整理如圖 3-3.11~3-3.16 所示，分述如下：

1. 整體照明品質評價指標 (S_{total})

全部16間安親班整體照明品質評價指標 (S_{total}) 平均只有57.9分，其中大於60分共有6間佔所有教室的37%，所評估最大 S_{total} 為NO11安親班之78.3分，該安親班採用燈具60*60cm格柵型燈具，T5-14Wx4晝光色螢光燈管，現場測得桌面平均水平照度為774 lux，燈具眩光指數(UGR)為15.6，均齊度為0.86，經加權計算後得到78.3分。整體照明品質評價指標 (S_{total}) 小於60分共有10間佔所有教室的63%，所評估最小 S_{total} 為NO9安親班之43.1分，該安親班採用燈具120*18cm無格柵型燈具，T8-40Wx2晝光色螢光燈管，現場測得桌面平均水平照度只有211 lux，燈具眩光指數(UGR)為23.4，均齊度為0.78，經加權計算後得到43.1分。

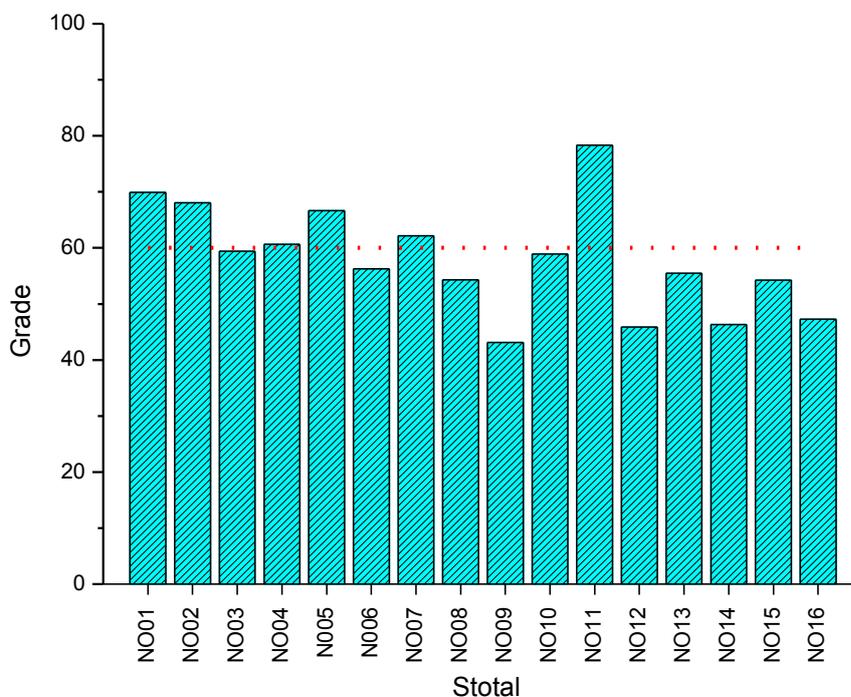


圖 3-3.11 整體照明品質評價指標 (S_{total}) 統計
[資料來源：本研究整理]

2. 教室桌面平均照度評價指標 (S_{EAV})

整體照明平均照度評價指標 (S_{EAV}) 大於60分共有5間佔所有教室的31%，所測最大平均照度為NO11安親班之774 lux，得分為81.7分，但照明功率密度為 26.57 W/m^2 ，得分為33.7分；另調查案例約有69%之 S_{EAV} 小於60分，也就是平均照度不足500 lux，其中所測最小平均照度為NO9安親班之211 lux，得分為35.5分，照明功率密度為 5.2 W/m^2 ，在此種照度嚴重不足照明環境下，長期下來可能會傷害學童視力。

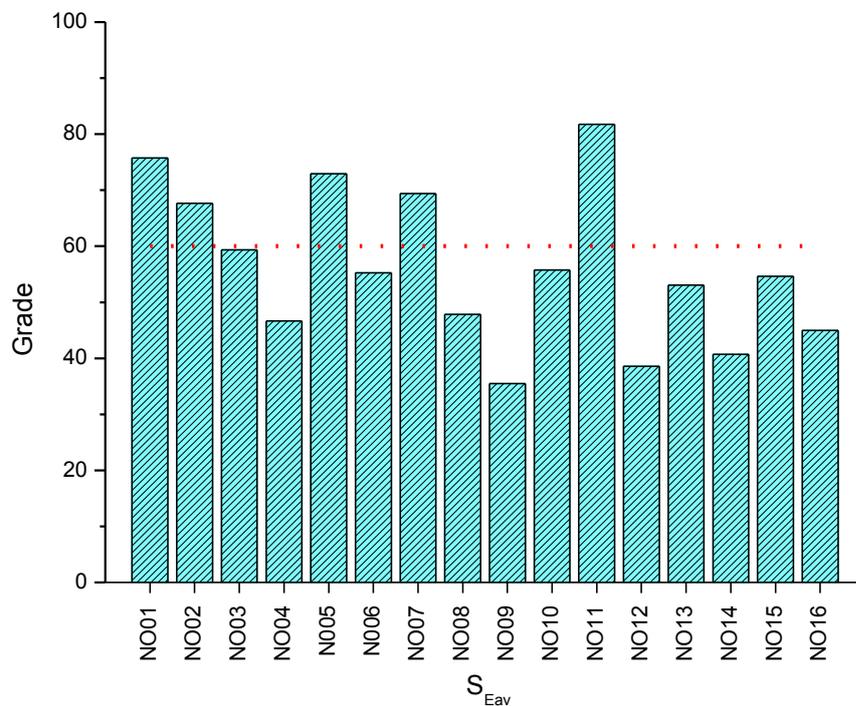


圖 3-3.12 平均照度評價指標 (S_{EAV}) 統計

[資料來源：本研究整理]

3. 教室桌面均齊度評價指標 (S_{uni})

因本研究調查案例之安親班平均面積僅為 23.15m^2 ，其中最大為NO15安親班 39.15m^2 ，最小為NO09安親班 14.62m^2 ，且天花板及牆面大都使用高反射率之裝修材料，故整體均齊度評價指標 (S_{uni}) 平均值為81.1，其中最高為NO1安親班之89分，最低為NO6安親班之64分。

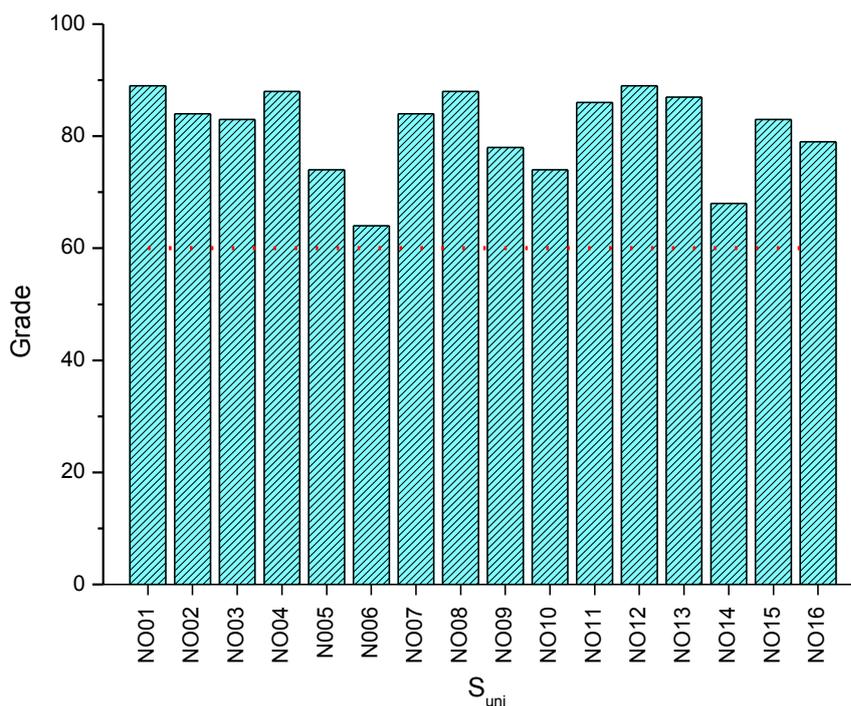


圖 3-3.13 均齊度評價指標 (S_{uni}) 統計
 [資料來源：本研究整理]

4. 教室用電密度評價指標 (S_{LPD})

用電密度評價指標 (S_{LPD}) 大於60分共有13間佔所有教室的81%，其中有7間得分為滿分100分，也就是照明用電密度低於 $10W/m^2$ ，分別為NO04(桌面平均照度342 lux)、NO06(桌面平均照度440 lux)、NO09(桌面平均照度211 lux)、NO12(桌面平均照度248 lux)、NO14(桌面平均照度273 lux)、NO15(桌面平均照度433 lux)、NO16(桌面平均照度322 lux)，顯見這7間安親班照度均設計不足。教室照明主要目的，應在維持照明品質的原則下，照明耗電越少越好，在這前提下，僅有NO01、NO02、NO05、NO11安親班符合同時桌面水平照度及黑板垂直照度達到500lux，但這4間安親班用電密度評價指標 (S_{LPD}) 得分分別為61.0、26.4、49.9、33.7，顯見在安親班照明效率提升還有很大發展與努力空間。

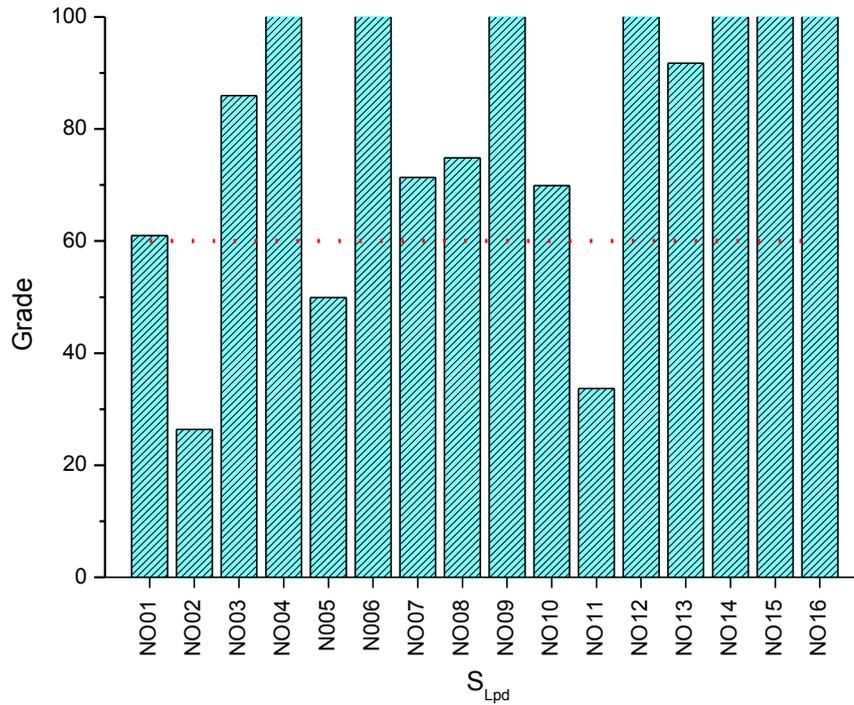


圖 3-3.14 用電密度評價指標 (S_{Lpd}) 統計
 [資料來源：本研究整理]

5. 燈源演色性指數評價指標 (S_{RA})

本研究燈源演色性指數評價係自行採購與安親班安裝相同之燈源，再將該燈源安裝於本研究搭配之安定器，在實驗室量測得到，整體燈源演色性指數評價指標 (S_{RA}) 平均值為88.5，其中得分最低為85.8分，最高為89.4分，均大於80分以上，可能雖然市面上不同公司採用的螢光粉或塗佈技術有些許不同，造成色溫些許差異，但在燈源演色性指數品質部分，是可以很穩定控制Ra大於80以上。

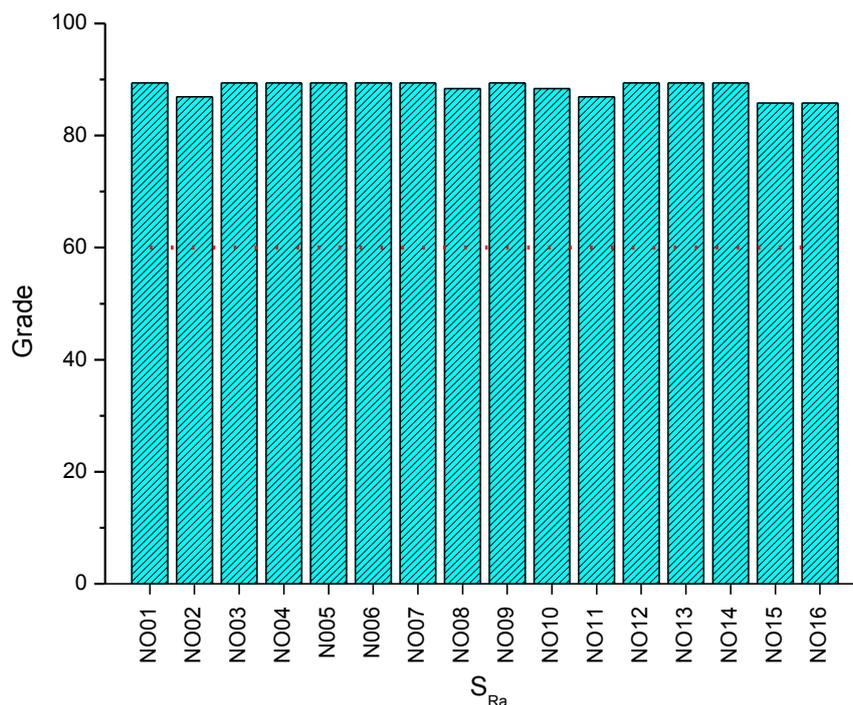


圖 3-3.15 燈源演色性指數評價指標 (S_{Ra}) 統計
 [資料來源：本研究整理]

6. 燈具眩光指數評價指標 (S_{UGR})

眩光指數評價指標 (S_{UGR}) 大於60分共有3間佔所有教室的19%，這3間安親班皆裝設裝設防眩格柵燈具，所測最小燈具眩光指數評價指標為NO4安親班之11.2，得分為94分，所測最大燈具眩光指數評價指標為NO7安親班之28.2，得分為9分，其中5間安親班裝設裝設防眩格柵燈具之 S_{UGR} 平均值70分，其他11間裝設無格柵山型吸頂燈之 S_{UGR} 平均值34.5分，可見裝設防眩格柵可適度控制眩光，減少人眼直視光源機會，產生不舒適眩光。

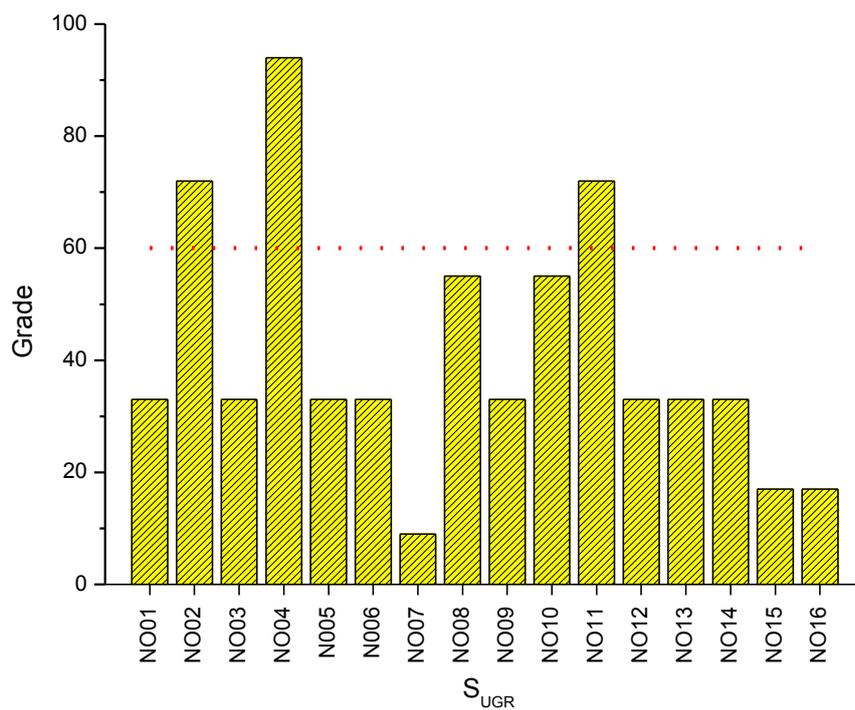


圖 3-3.16 人工光源提供統計(S_{UGR})

[資料來源：本研究整理]

第四章 安親班教室照明設計模擬

由前面章節調查結果顯示目前安親班有照度設計不足現象，而經與相關業者訪談，反應都是需要一些安親班照明節能設計案例，包括燈具型式、配置數量，完工後模擬平均照度值，因此本研究後續將利用「DIALux」照明模擬軟體進行安親班教室照明設計模擬，提供在滿足規範建議之照度條件下，適當節能參考手法，分析結果可供爾後照明設計應用、節能改善建議或查核參考。

第一節 安親班教室照明模擬設定

一、照明模擬軟體「DIALux」：

DIALux 為德國 DIAL 公司進行開發設計的免費照明計算軟體，主要協助提供設計師詳盡的照明計算與分析，該軟體對於人工光源的模擬相當擅長，其運算原理與 3D MAX 或 Lightscape 一樣，均採用「輻射度法」運算，將空間切割成無數的三角面後，分別計算表面接受的所有光線，若未被吸收則必須被該表面重新釋放出來。該軟體對於照明與晝光的模擬也具有相當高的準確性，是目前國際間廣泛使用的照明軟體。

二、空間建立

(1)安親班教室模擬空間尺寸

對於空間環境之建構，主要參考本研究調查之空間尺寸與燈具類型，選取調查案例中面積最大之N01安親班、約略等於整體平均面積之N011、調查案例中面積中次小N014（因面積最小N09，牆面略有汙穢，本研究不予採用）及增加空間尺寸較大之教室編號(N017)等樣本，設定空間條件，燈具採吸頂方式安裝，模擬尺寸如表4-1.1所示。

(2)桌面高度與區域

教室之桌面高度設為0.75m，俾利模擬運算之水平照度值與實測解析比對。其排列範圍為室內空間前後左右側各預留0.5m之區域。

(3)室內空間材料反射率

至於空間各部面（天花板、牆面、地板等）之反射率則採一致之設計。

(4) 燈具安裝區域及間距之決定

對於照明燈具之安裝區域，以室內空間前後左右側各縮減0.5m的範圍為主，有格柵燈具高度設等於天花板高度、無格柵開放型燈具高度設為天花板高度扣0.1公尺。而燈具之間距則於計算燈具數量後，決定列與行的個別數目，經由軟體平均排列。

表4-1.1 安親班教室模擬空間尺寸

| 教室編號 | 空間尺寸 | | | 天花板高度 | 備註 |
|------|------|------|---------------------|-------|--------|
| | 長(m) | 寬(m) | 面積(m ²) | | |
| N01 | 11.5 | 3.5 | 39.5 | 2.7 | |
| N011 | 6.2 | 4.1 | 25.4 | 2.75 | |
| N014 | 4.2 | 3.9 | 16.4 | 2.8 | |
| N017 | 13.0 | 5.5 | 71.5 | 2.9 | 增加模擬樣本 |

[資料來源：本研究整理]

三、燈具選擇

對於燈具種類之選用，以下列原則決定，基本資料彙整如表4-1.2、圖4-1.1及圖4-1.2所示，其中參考價格係調查賣場通路之標價或訪價得到：

- (1) 現場調查案例安裝燈具類型：選定6盞燈具，燈具編號N01~N06。
- (2) LED燈具：選定2盞燈具，燈具編號N07~N08。
- (3) 節能標章之高效率照明燈具：選定2盞燈具，燈具編號N09~N010。

模擬採用之燈具所發出之光通量、光強度、消耗功率、光源色溫、演色性Ra指標及UGR眩光指數，係由本所LMT GO-DS1600配光曲線儀、Gamma 1250光譜分析儀量測數據計算得到，彙整如附錄一所示。

其中以N04安裝T5-28W*2支燈管之無格柵山型吸頂燈具最高，其能源效率為75 lm/W，N001安裝T8-20W*4支燈管之格柵型燈具最低，能源效率

為32 lm/W，另節能標章之2盞燈具平均值為68 lm/W、LED 2盞燈具平均值為52.5 lm/W。

經統計現場調查案例安裝之格柵型燈具(N01~N03)能源效率之平均值為40.7 lm/W，明顯比現場安裝無格柵山型吸頂燈具(N04~N06)之平均值為61 lm/W來的低，主因是防眩格柵可以減少燈具眩光的產生，但同時阻擋燈管之光輸出，影響整體燈具效率(LOR)，建議可導入安裝高效能節能標章燈具，提升能源使用效率。

另現場調查案例安裝之格柵型燈具(N01~N03)燈具UGR眩光指數之平均值為15.2，比現場安裝無格柵山型吸頂燈具(N04~N06)之平均值為26.1來的低，可見防眩格柵確實可以減少燈具眩光，另節能標章之2盞燈具平均值為17.9、LED 2盞燈具平均值為20.6。

表4-1.2 模擬燈具選用

| 編號 | 燈具尺寸 | 種類 | 燈源 | 參考價格 (元) | 備註 |
|------|-------------|-----|--------------|-------------|-------|
| No1 | 60cm×60cm | 有格柵 | T8 - 20W*4 支 | 1100 | |
| No2 | 60cm×60cm | 有格柵 | T5 - 14W*4 支 | 1800 | |
| No3 | 120cm×30cm | 有格柵 | T5 - 28W*2 支 | 1800 | |
| No4 | 120cm×18cm | 無格柵 | T5 - 28W*2 支 | 1400 | |
| No5 | 120cm×10cm | 無格柵 | T8 - 40W*1 支 | 450 | |
| No6 | 120cm×18cm | 無格柵 | T8 - 40W*2 支 | 650 | |
| No7 | 120cm×3.4cm | 無格柵 | LED 燈源 | 900 | |
| No8 | 60cm×60cm | 有格柵 | LED 燈源 | 4000 | |
| No9 | 60cm×60cm | 有格柵 | T5 - 14W*4 支 | 2100 | 有節能標章 |
| No10 | 120cm×60cm | 有格柵 | T5 - 28W*2 支 | 2200 | 有節能標章 |

[資料來源：本研究整理]

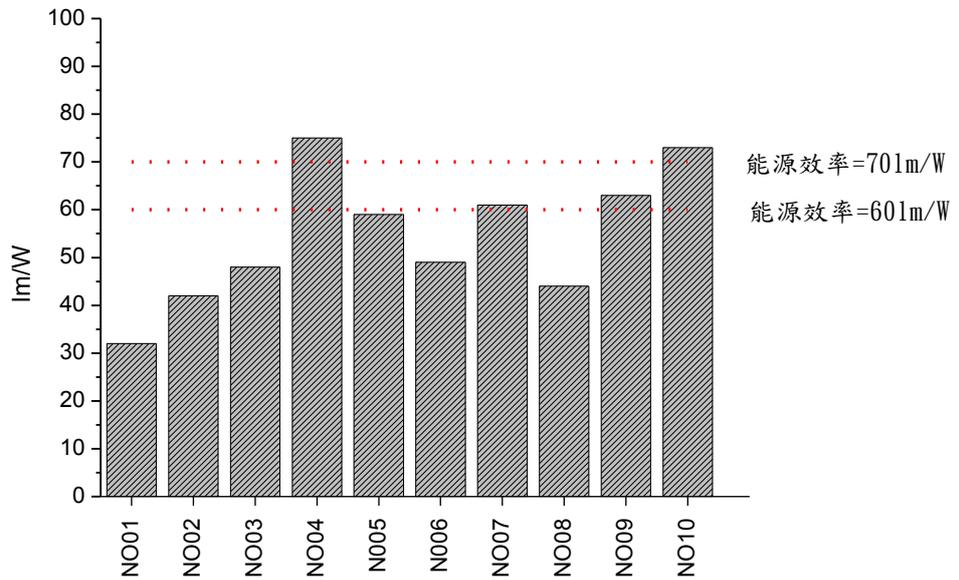


圖 4-1.1 燈具之能源效率

[資料來源：本研究整理]

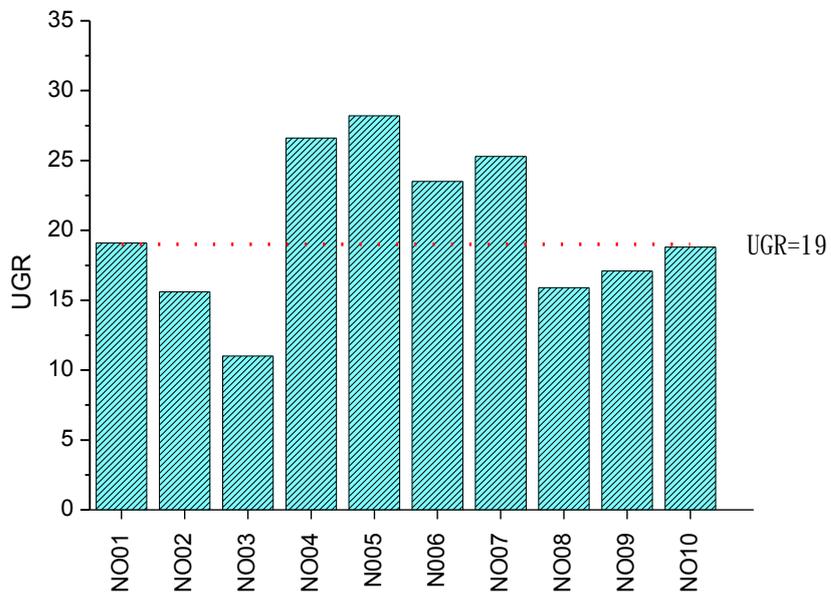


圖 4-1.2 燈具之眩光指數

[資料來源：本研究整理]

四、相關參數之決定

(1)維護係數：

對於燈具維護係數之決定，將本研究之安親班教室歸類為良好環境屬空氣清淨，含塵量少之場所，其維護係數訂為0.8。

(2)目標照度與燈具光通量

依照各國照度基準大部分為500Lux，故本研究將安親班教室照度目標設定為500Lux。

五、照明模擬軟體「DIALux」操作

(1)安親班教室基本資料建立：

開啟DIALux燈光精靈後，會出現資料輸入視窗，依模型規劃輸入「空間尺寸」、「反射係數」、「工作面高度」、「燈具選用」、「燈具安裝方式」、「家具」、「顏色」等資料。

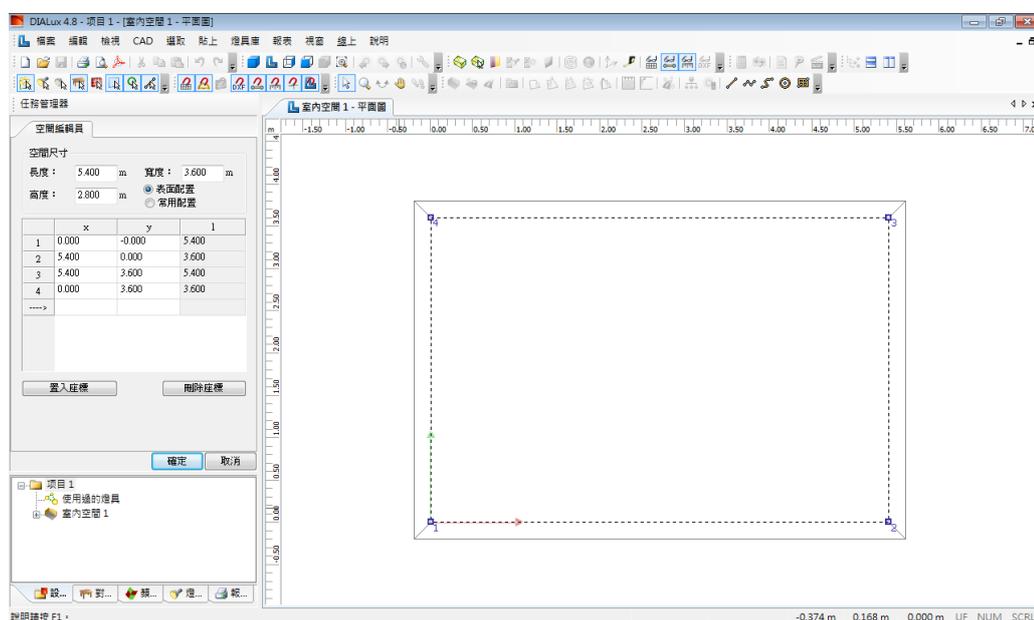


圖 4-1.3 DIALux 空間設定畫面

[資料來源：本研究整理]

(2)目標照度建立：

輸入計算參數「照度」、模擬燈具光學數據 IES 檔、「位置」、「安裝高度」、「旋轉」、「排列」與距離牆面數據資料後，完成空間平均照度初步模擬規劃。

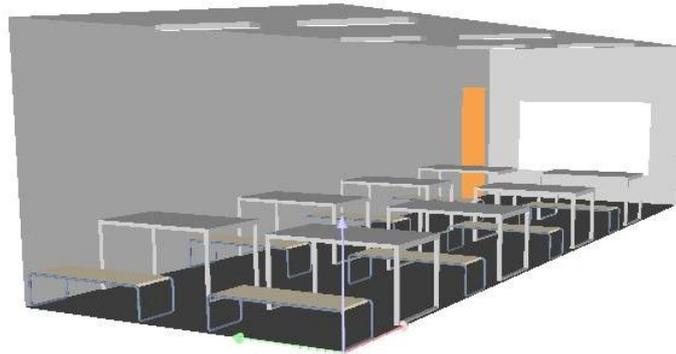


圖 4-1.4 DIALux 燈具配置與排列方式畫面

[資料來源：本研究整理]

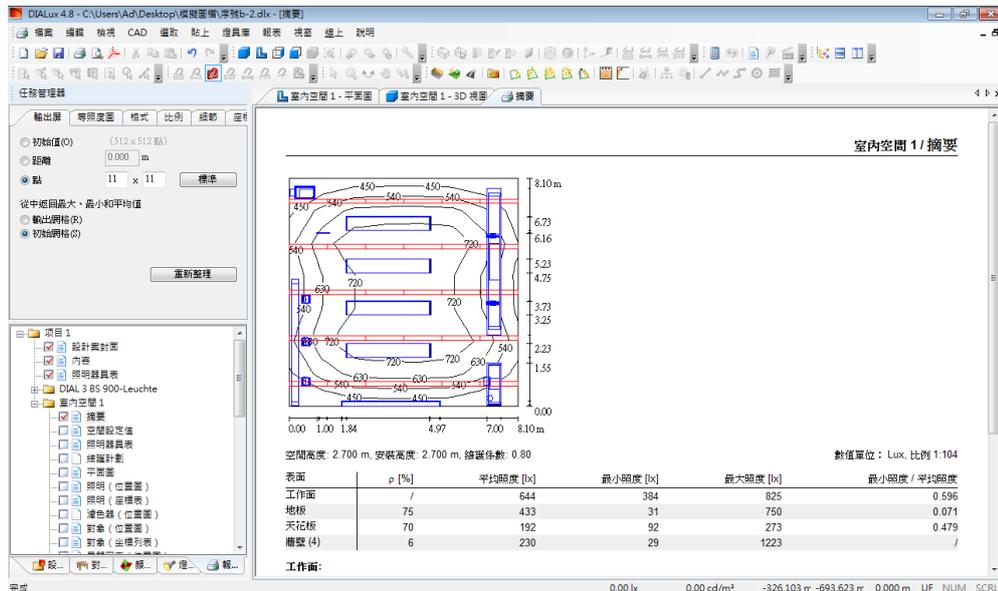


圖 4-1.5 DIALux 等照度模擬圖及結果數據畫面

[資料來源：本研究整理]

六、照明模擬輸出參數

針對教室照明之模擬，其輸出指標共有「平均照度」、「統一眩光指標」、「均齊度」、「照明功率密度」等4項，參數定義分別如下：

(1)平均照度：

本研究對於教室平均照度之量測，主要針對桌面之水平照度。

(2)統一眩光指標：

觀測面高度為座立時之眼睛高度，軟體預設高度是 1.2m，經過模擬計算可得到空間中不同觀測位置、空間尺寸及反射率之統一眩光指標（UGR）值。

本研究 UGR 測試條件使用係數係參考能源局 97 年 11 月 17 日公告實施「室內照明燈具節能標章能源效率基準及標示方法」，其定義如下：(a)天花板反射係數：0.3、(b)牆面反射係數：0.3、(c)地面反射係數：0.2、(d)室內長寬尺寸 4H:3H(其中 H 為室內高度)。

(3)均齊度：

本軟體針對照度量測區域中計算出 3 種定義之均齊度，本研究選用最小照度與平均照度之比作為評估指標。

(4)照明功率密度：

對於教室之照明用電評估，經由軟體模擬將自動計算出單位照明功率密度（LPD），本研究以該指標作為耗電量之評比。

第二節 照明模擬結果與現場量測比對

本節將先前調查之樣本條件建立成模型，將由本所 LMT GO-DS1600 配光曲線儀所測量燈具之光學數據帶入，待運算後即可獲得模擬之平均照度、最小照度、最大照度及均齊度，再與實測之現場數值進行比對，並以 N01 安親班為例探討室內裝修反射率對照明效果之影響，分述如下：

一、N01 安親班比對分析：

N01 安親班室內尺寸長×寬×高為 11.5×3.5×2.7m，室內裝修分別為礦纖天花板、白色調和漆牆面及白色釉地面磚，本研究照明模擬之反射率採用「學校教室照明與節能手冊[9]」裝修材料反射率參考表之建議，天花板、牆面及地板分別設定為 69%、70%、80%，現場安裝之燈具為 T8 - 40W ×2 之無格柵山型吸頂燈共 10 組，其燈具光輸出 3694lm、能源效率為 49 lm/W，桌面高度設定為 0.85m，模擬空間配置如圖 4-2.1 所示。

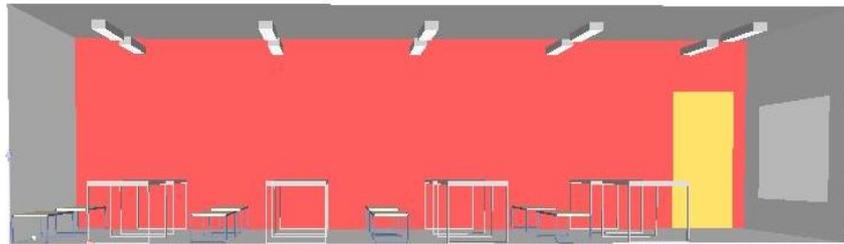


圖 4-2.1 N01 安親班之模擬空間配置

[資料來源：本研究整理]

DIALux 的計算與現場實測結果如表 4-2.1 所示，其中，差異值如果為「正」，表示模擬值大於實測值；如果差異值為「負」，則表示模擬值小於實測值。模擬結果照度差異值為-38~-49 lux，差異率約為 6~8%，均齊度差異值為 0.01，差異率約為 1%，模擬數據略有出入，但大致與實測結果相近，故該模擬條件應可供後續照明設計應用。

表 4-2.1 NO1 安親班實測與模擬比對

| | 平均照度(lx) | 最小照度(lx) | 最大照度(lx) | 均齊度 |
|-----|----------|----------|----------|-------|
| 實測值 | 690 | 615 | 735 | 0.890 |
| 模擬值 | 641 | 577 | 688 | 0.900 |
| 差異值 | -49 | -38 | -47 | 0.01 |

(資料來源：本研究整理)

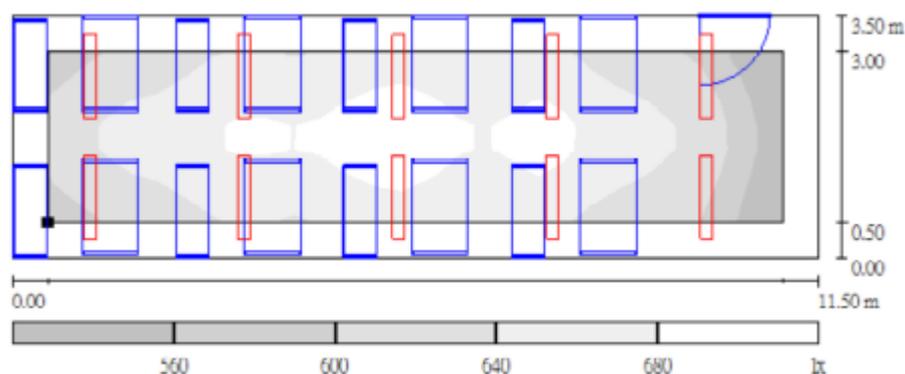


圖 4-2.2 NO1 安親班之桌面水平照度模擬結果

[資料來源：本研究整理]

二、NO11 安親班比對分析：

NO11 安親班室內尺寸長×寬×高為 6.2×4.1×2.8m，室內裝修分別為礦纖花板、白色及棕色調和漆牆面、白色釉地面磚，本研究照明模擬之反射率採用「學校教室照明與節能手冊[9]」裝修材料反射率參考表之建議，天花板、牆面及地板分別設定為 69%、45%、80%，現場安裝之燈具為 T5 - 14W ×4 之格柵型燈具共 10 組，其燈具光輸出 2795lm、能源效率為 42 lm/W，桌面高度設定為 0.75m，模擬空間配置如圖 4-2.3 所示。

DIALux 的計算與現場實測結果如表 4-2.2 所示，其中，差異值如果為「正」，表示模擬值大於實測值；如果差異值為「負」，則表示模擬值小於實測值。模擬結果照度差異值為-18~14 lux，差異率約為 1~3%，均齊度差異值為-0.03，差異率約為 3.5%，模擬數據略有出入，但大致

與實測結果相近，故該模擬條件應可供後續照明設計應用。

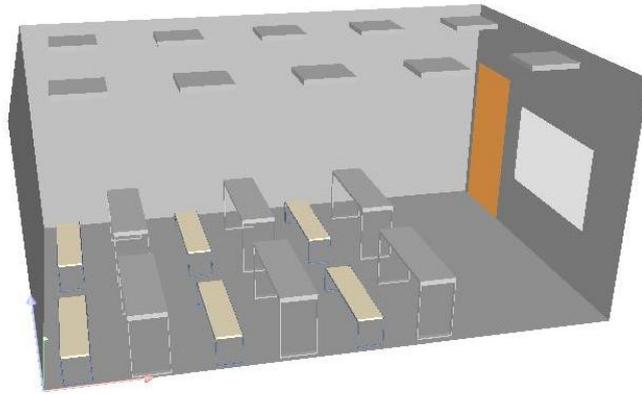


圖 4-2.3 N011 安親班之模擬空間配置
[資料來源：本研究整理]

表 4-2.2 N011 安親班實測與模擬比對

| | 平均照度 (lux) | 最小照度 (lux) | 最大照度 (lux) | 均齊度 |
|-----|---------------|---------------|---------------|-------|
| 實測值 | 774 | 668 | 860 | 0.860 |
| 模擬值 | 784 | 650 | 874 | 0.830 |
| 差異值 | 10 | -18 | 14 | -0.03 |

(資料來源：本研究整理)

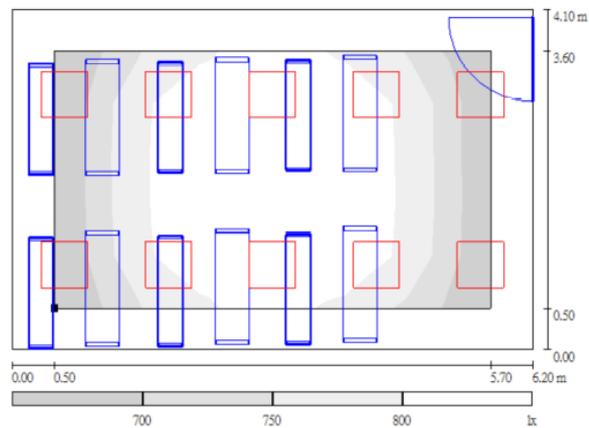


圖 4-2.4 N011 安親班之桌面水平照度模擬結果
[資料來源：本研究整理]

三、N014 安親班比對分析：

N011 安親班室內尺寸長×寬×高為 4.2×3.9×2.8m，室內裝修分別為礦纖天花板、白色調和漆牆面、地面為咖啡色木地板，本研究照明模擬之反射率採用「學校教室照明與節能手冊[9]」裝修材料反射率參考表之建議，天花板、牆面及地板分別設定為 69%、45%、20%，現場安裝之燈具為

T8 - 40W ×2 之無格柵山型吸頂燈共 10 組，其燈具光輸出 3694lm、能源效率為 49 lm/W，桌面高度設定為 0.85m，模擬空間配置如圖 4-2.5 所示。



圖 4-2.5 N014 安親班之模擬空間配置

[資料來源：本研究整理]

DIALux 的計算與現場實測結果如表 4-2.3 所示，其中，差異值如果為「正」，表示模擬值大於實測值；如果差異值為「負」，則表示模擬值小於實測值。模擬結果照度差異值為-11~45 lux，平均照度及最大照度差異率約為 3~4%，但最小照度差異率約為 24%，均齊度差異值為 0.135，差異率約為 20%，分析原因主要本研究燈具之間距係採用軟體平均排列佈置，但現場安裝燈具略為不規則對稱，故模擬之最小照度及均齊度差異率較大，但整體平均照度與照度分布趨勢與實測結果相近，故該模擬條件應可供後續照明設計應用。

表 4-2.3 N014 安親班實測與模擬比對

| | 平均照度 (lux) | 最小照度 (lux) | 最大照度 (lux) | 均齊度 |
|-----|---------------|---------------|---------------|-------|
| 實測值 | 273 | 186 | 349 | 0.680 |
| 模擬值 | 284 | 231 | 338 | 0.815 |
| 差異值 | 11 | 45 | -11 | 0.135 |

(資料來源：本研究整理)

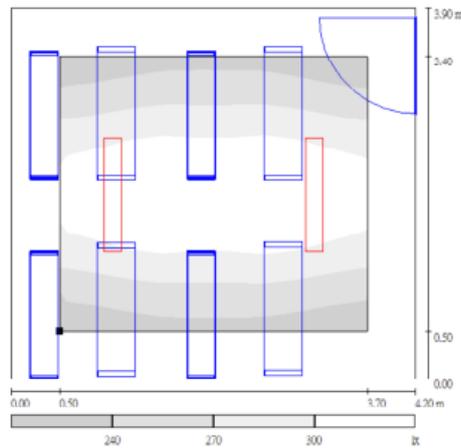


圖 4-2.6 N014 安親班之桌面水平照度模擬結果

[資料來源：本研究整理]

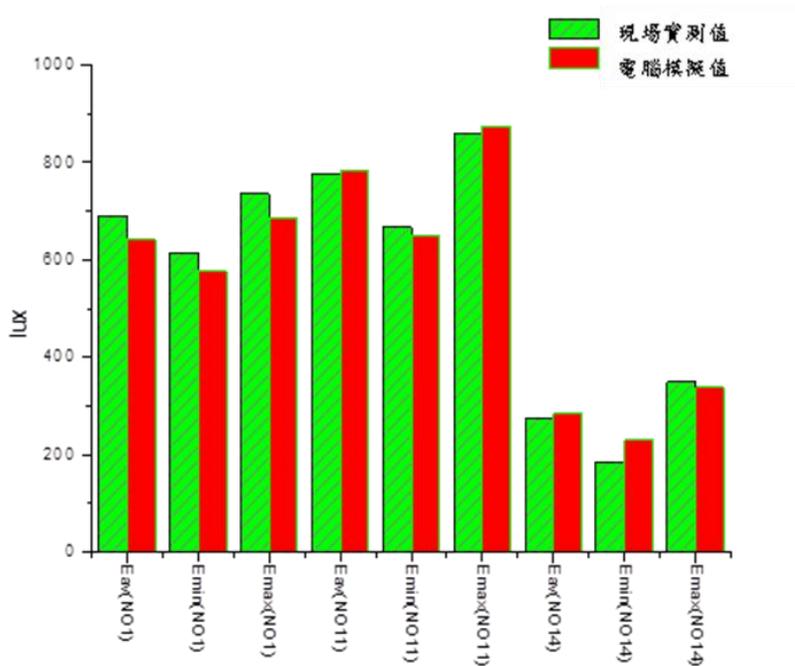


圖 4-2.7 各安親班實測與模擬比對

[資料來源：本研究整理]

四、室內裝修材料反射率差異性模擬比對：

N01 安親班室內尺寸長×寬×高為 11.5×3.5×2.7m，現場安裝之燈具為 T8 - 40W ×2 之無格柵山型吸頂燈共 10 組，其燈具光輸出 3694lm、能源效率為 49 lm/W，桌面高度設定為 0.85m，本研究擬分別設定空間各部份（牆面、天花板、地板等）裝修材料之反射率，進行照明模擬探討：

1. 牆面裝修材料反射率差異性探討：

室內天花板與地板為原始之模擬條件（礦纖天花板與白色釉地面磚），牆面共設定水泥砂漿粉刷、中黃色調和漆與白色調和漆等 3 種不同裝修材料，反射率採用「學校教室照明與節能手冊[9]」裝修材料反射率參考表之建議分別為 32%、57%、70%，DIALux 的計算結果如表 4-2.4 所示。

當牆面裝修材由反射率 70%之白色調和漆更換為反射率 32%之水泥砂漿粉刷，模擬結果桌面之照度值降低 150~189 lux，其中，平均照度及最大照度降低約為 22~25%，但最小照度約為 33%，均齊度差異值為 0.097，差異率約為 11%。

另牆面裝修材由反射率 70%之白色調和漆更換為反射率 57%之中黃色調和漆，模擬結果桌面之照度值降低 64~85 lux，其中，平均照度及最大照度降低約為 9~10%，但最小照度約為 15%，均齊度差異值為 0.044，差異率約為 5%。

表 4-2.4 牆面裝修材料反射率差異性比對

| 牆面裝修材料 | 平均照度 (lux) | 最小照度 (lux) | 最大照度 (lux) | 均齊度 |
|--------|------------|------------|------------|-------|
| 水泥砂漿粉刷 | 483 | 388 | 538 | 0.803 |
| 中黃色調和漆 | 575 | 492 | 624 | 0.856 |
| 白色調和漆 | 641 | 577 | 688 | 0.900 |

(資料來源：本研究整理)

2. 天花板裝修材料反射率差異性探討:

室內牆面與地板為原始之模擬條件(白色調和漆與白色釉地面磚)，天花板共設定水泥砂漿粉刷、中黃色調和漆與白色礦纖板等 3 種不同裝修材料，反射率採用「學校教室照明與節能手冊[9]」裝修材料反射率參考表之建議分別為 32%、57%、69%，DIALux 的計算結果如表 4-2.5 所示。

當天花板裝修材由反射率 69%之礦纖板更換為反射率 32%之水泥砂漿粉刷，模擬結果桌面之照度值降低 110~140 lux，其中，平均照度及最大照度降低約為 20~22%，但最小照度約為 17%，均齊度差異值為 0.006，差異率約為 1%。

另天花板裝修材由反射率 69%之礦纖板更換為反射率 57%之中黃色調和漆，模擬結果桌面之照度值降低 35~49 lux，其中，平均照度及最大照度降低約為 7%，但最小照度約為 5%，均齊度差異值為 0.008，差異率約為 1%。

表 4-2.5 天花板裝修材料反射率差異性比對

| 天花板裝修材料 | 平均照度 (lux) | 最小照度 (lux) | 最大照度 (lux) | 均齊度 |
|---------|---------------|---------------|---------------|-------|
| 水泥砂漿粉刷 | 516 | 467 | 548 | 0.906 |
| 中黃色調和漆 | 597 | 542 | 639 | 0.908 |
| 白色礦纖板 | 641 | 577 | 688 | 0.900 |

(資料來源：本研究整理)

3. 地面裝修材料反射率差異性探討:

室內天花板與牆面為原始之模擬條件(礦纖天花板與白色調和漆)，地面共設定水泥砂漿粉刷、白色大理石與白色釉地面磚等 3 種不同裝修材料，反射率採用「學校教室照明與節能手冊[9]」裝修材料反射率參考表

之建議分別為 32%、62%、80%，DIALux 的計算結果如表 4-2.6 所示。

當地面裝修材由反射率 80%之白色釉地面磚更換為反射率 62%之白色大理石，模擬結果桌面之照度值降低 44~61 lux，其中，平均照度及最大照度降低約為 8~10%，但最小照度約為 7%，均齊度差異值為 0.012，差異率約為 1%。

另地面裝修材由反射率 80%之白色釉地面磚更換為反射率 32%之水泥砂漿粉刷漆，模擬結果桌面之照度值降低 17~26 lux，其中，平均照度及最大照度降低約為 4%，但最小照度約為 3%，均齊度差異值為 0.007，差異率約為 1%。

表 4-2.6 地面裝修材料反射率差異性比對

| 地面裝修材料 | 平均照度 (lux) | 最小照度 (lux) | 最大照度 (lux) | 均齊度 |
|--------|---------------|---------------|---------------|-------|
| 水泥砂漿粉刷 | 585 | 533 | 627 | 0.912 |
| 中黃色調和漆 | 617 | 560 | 662 | 0.907 |
| 白色調和漆 | 641 | 577 | 688 | 0.900 |

(資料來源：本研究整理)

第三節 安親班照明設計及分析

由前面章節調查結果顯示安親班室內水平照度平均值在 211~744 lux 之間，而經與相關業者訪談，反應都是需要一些安親班照明節能設計案例，包括燈具型式、配置數量，完工後模擬平均照度值，因此本研究輔以照明設計模擬軟體「DIALux」在滿足規範建議之 500 lux 照度條件下，利用該軟體建立前面章節已模擬証證過之 N01、N011、N014 安親班空間模擬，再增加空間尺寸較大之 N017 教室之模擬樣本（長×寬×高為 11.5×3.5×2.7m），然後將本所 LMT G0-DS1600 配光曲線儀所測量 10 組燈具之光學數據帶入，進行安親班教室照明設計模擬，俾供後續照明設計應用、節能改善建議或查核參考。

一、教室照明設計考慮因素：

學生視線方向長時間朝向黑板聽講，有時需在桌面上寫字或閱讀，眼睛視線偏向水平線及其上方，屬於上仰方向，因此照明品質除照度之充足外，尤應著重在眩光之防制與閃爍之降低，以提供舒適而穩定之照明環境。不足的照度、刺眼之眩光與閃爍的光線絕對有害視力，此亦乃台灣地區國民視力快速衰退，近視急速上升之主因之一 [17]。

因此，學童長時間待在安親班，教室照明設計當然以足夠照度、不產生眩光與閃爍之高品質照明為第一優先，在兼顧節約能源的情況下，來設計燈具之數量、裝置方式；此外，定期之測量照度狀況、更換老舊損壞燈管與清洗燈具，更是確保高照明品質之不二方法。

二、N01 安親班教室模擬：

室內尺寸、裝修材料、空間布置及桌面高度設定如節面章節所述，在滿足桌面水平照度 500 lux 條件下，各種燈具所需安裝最少盞數、模擬桌面平均照度、均齊度、燈具眩光指數及教室之照明功率密度，如表 4-3.1 所示，選用燈具之能源效率與教室之照明功率密度比

對如圖 4-3.1 所示。

模擬結果以 No9 安裝 T5 - 14W*4 支燈管及 No10 安裝 T5 - 28W*2 支燈管之高效率節能標章燈具照明功率密度最低，只需 7.83 W/m²，但平均照度 No10(566 lux)優於 No9(526 lux)，原因探討如下，No9、No10 燈具其消耗功率約略相同，差別在於使用 T5 - 14W 與 T5 - 28W 不同燈源，能源效率分別為 63 lm/W (N09)、73 lm/W (N010)，放入設定相同模擬空間尺寸及工作面目標照度 500 lux，經過 DIALux 軟體模擬，分別均需裝設 5 盞，因 N010 燈具之能源效率較高，在相同消耗功率下，產生較多光通量，因此桌面得到較大照度效果。

表 4-3.1 各種燈具所需安裝最少盞數(N01)

| 燈具編號 | 安裝燈數 (盞) | 平均照度 (lux) | 均齊度 | 眩光指數 | 功率密度 (W/m ²) |
|------|-------------|---------------|-------|------|-----------------------------|
| No1 | 10 | 565 | 0.789 | 19.1 | 20.12 |
| No2 | 8 | 518 | 0.765 | 15.6 | 13.32 |
| No3 | 8 | 538 | 0.723 | 11 | 10.93 |
| No4 | 6 | 516 | 0.818 | 26.6 | 9.39 |
| No5 | 14 | 502 | 0.87 | 28.2 | 13.22 |
| No6 | 8 | 510 | 0.904 | 23.5 | 15.11 |
| No7 | 25 | 542 | 0.878 | 25.3 | 12.42 |
| No8 | 12 | 572 | 0.822 | 15.9 | 14.31 |
| No9 | 5 | 526 | 0.551 | 17.1 | 7.83 |
| No10 | 5 | 566 | 0.613 | 18.8 | 7.83 |

[資料來源：本研究整理]

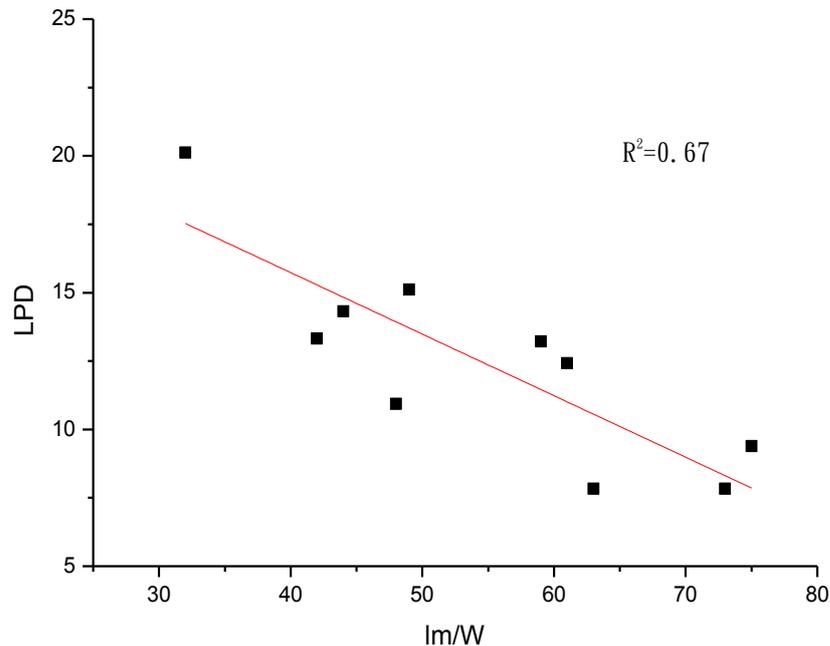


圖 4-3.1 燈具能源效率與照明功率密度比對
[資料來源：本研究整理]

另燈具 No9 及 No10 光型均較集中，No9 平行與垂直燈軸光束角分別約 94° 、 35° ，No10 平行與垂直燈軸光束角分別約 99° 、 56° ，在滿足水平照度 500 lux 所安裝最少盞數燈具條件下，其整體配光均齊效果並不佳，分別只有 0.551 (N09)、0.613 (N010)，因此建議燈具安裝位置需妥善與課桌椅搭配，使每張桌面之水平照度均齊度至少達到 0.7 以上，以符合 ISO 8995 等國際規範。

若模擬結果以每度流動電費 3.3 元概算，每年 1,300 小時點燈(每天用電 5 小時，年用電 260 天)計算，各種燈具設置成本為簡化分析，本研究不計設備更換成本，比較結果如表 4-3.2 所示。模擬結果以安裝 N09、N010 燈具最省電，與 N01 比較可年省約 644 度電(kWh)，以生產 1 度電排放 0.67kg-CO₂ 來計算(經濟部能源局, 2009)，可以減少 431 公斤 CO₂ 的排放，對於地球環保有莫大幫助。

經分析燈具初始設置總成本以 No6 安裝 T8 - 40W*2 支燈管無格柵山型吸頂燈具最便宜只需 5,200 元，而以 No8 安裝 LED 燈源格柵型燈

具最貴需 48,000 元，但若以燈具運轉 10 年總成本（初始設置總成本 + 電費）比較，以 No9 高效率節能標章燈具花費最低合計共 24,014 元，較初始設置最低之 No6 燈具節省 7,270 元。

另安裝 10 種不同燈具模擬後，安親班整體照明品質評價指標（ S_{total} ）平均為 65 分，如圖 4-3.2 所示，其中只有 N05 安裝 T8 - 40W*1 支燈管無格柵山型吸頂燈具得分為 58 分，主要是該燈具眩光指數(UGR)高達 28.2，經加權計算後，不足 60 分。

表 4-3.2 各種燈具設置成本分析(N01)

| 燈具編號 | 設置燈具成本(元) | 每具消耗電力(W) | 全年耗電量(kWh) | 全年電費(元) | 運轉 10 年總成本(元) |
|------|-----------|-----------|------------|---------|---------------|
| No1 | 11,000 | 81 | 1,053 | 3,475 | 45,749 |
| No2 | 14,400 | 67 | 697 | 2,299 | 37,394 |
| No3 | 14,400 | 55 | 572 | 1,888 | 33,276 |
| No4 | 8,400 | 63 | 491 | 1,622 | 24,616 |
| No5 | 6,300 | 38 | 692 | 2,282 | 29,123 |
| No6 | 5,200 | 76 | 790 | 2,608 | 31,283 |
| No7 | 22,500 | 20 | 650 | 2,145 | 43,950 |
| No8 | 48,000 | 48 | 749 | 2,471 | 72,710 |
| No9 | 10,500 | 63 | 410 | 1,351 | 24,014 |
| No10 | 11,000 | 63 | 410 | 1,351 | 24,514 |

[資料來源：本研究整理]

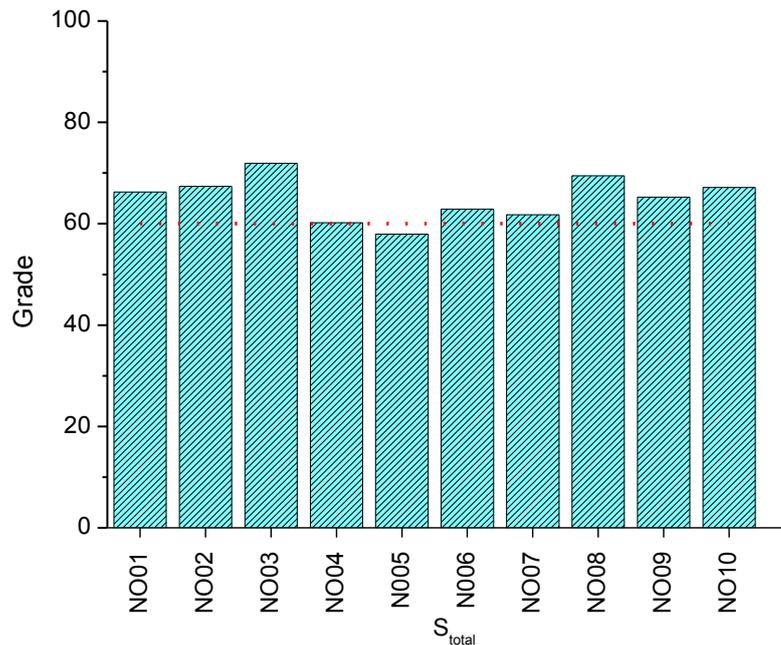


圖 4-3.2 整體照明品質評價指標 (NO1) 統計
[資料來源：本研究整理]

三、NO11 安親班教室模擬：

室內尺寸、裝修材料、空間布置及桌面高度設定如節面章節所述，在滿足桌面水平照度 500 lux 條件下，各種燈具所需安裝最少盞數、模擬桌面平均照度、均齊度、燈具眩光指數及教室之照明功率密度，如表 4-3.3 所示，選用燈具之能源效率與教室之照明功率密度比對如圖 4-3.3 所示。

模擬結果以 No1 安裝 T8 - 20W*4 支燈管照明功率密度最高，主要原因 No1 燈具之能源效率只有 32 lm/W，是全部 10 組燈具中最低，放入設定相同模擬空間尺寸及工作面目標照度 500 lux，經過 DIALux 軟體模擬，因能源效率低，因此需消耗較多功率，才能產生相同光通量，得到相同照度效果。

另 No5、No6 為安裝 T8 - 40W 無格柵山型吸頂燈具，燈具配光型式屬於廣角型，其光型向四面散射，因此照射至工作面之光束較集中型少，故整體用電量也頗高，分別為 22.42 W/m²、23.92 W/m²，但也因光型向四面散射特性，其配光均齊度普遍能達到不錯效果，分別為 0.877、0.871。

若模擬結果以每度流動電費 3.3 元概算，每年 1,300 小時點燈計算，

各種燈具設置成本分析如表 4-3.4 所示。模擬結果以安裝 N09、N010 燈具最省電，與 N01 比較可年省約 515 度電(kWh)，以生產 1 度電排放 0.67kg-CO₂ 來計算，可以減少 345 公斤 CO₂ 的排放。

經分析燈具初始設置總成本以 No6 安裝 T8 - 40W*2 支燈管無格柵山型吸頂燈具最便宜只需 5,200 元，而以 No8 安裝 LED 燈源格柵型燈具最貴需 36,000 元，但若以燈具運轉 10 年總成本（初始設置總成本+電費）比較，以 No9 高效率節能標章燈具花費最低合計共 19,211 元，較初始設置最低之 No6 燈具節省 12,072 元。

表 4-3.3 各種燈具所需安裝最少盞數(N011)

| 燈具編號 | 安裝燈數 (盞) | 平均照度 (lux) | 均齊度 | 眩光指數 | 功率密度 (W/m ²) |
|------|-------------|---------------|-------|------|-----------------------------|
| No1 | 8 | 507 | 0.827 | 19.1 | 25.49 |
| No2 | 8 | 621 | 0.816 | 15.6 | 21.09 |
| No3 | 6 | 512 | 0.701 | 11 | 12.98 |
| No4 | 5 | 521 | 0.792 | 26.6 | 12.39 |
| No5 | 14 | 551 | 0.891 | 28.2 | 20.93 |
| No6 | 8 | 565 | 0.871 | 23.5 | 23.92 |
| No7 | 20 | 502 | 0.816 | 25.3 | 15.74 |
| No8 | 9 | 519 | 0.829 | 15.9 | 16.99 |
| No9 | 4 | 521 | 0.513 | 17.1 | 9.91 |
| No10 | 4 | 524 | 0.756 | 18.8 | 9.91 |

[資料來源：本研究整理]

另安裝 10 種不同燈具模擬後，安親班整體照明品質評價指標 (S_{total})

平均為 64.5 分，如圖 4-3.4 所示，其中只有 N07 安裝燈源燈具得分為 58.3 分，主要是該燈具眩光指數(UGR)為 25.3、演色性(Ra) 為 67，經加權計算後，不足 60 分。

表 4-3.4 各種燈具設置成本分析(N011)

| 燈具編號 | 設置燈具 成本(元) | 每具消耗 電力(W) | 全年耗電 量(kWh) | 全年電費 (元) | 運轉 10 年 總成本(元) |
|------|---------------|---------------|----------------|-------------|-------------------|
| No1 | 8,800 | 81 | 842 | 2,780 | 36,599 |
| No2 | 14,400 | 67 | 697 | 2,299 | 37,394 |
| No3 | 10,800 | 55 | 429 | 1,416 | 24,957 |
| No4 | 7,000 | 63 | 410 | 1,351 | 20,514 |
| No5 | 6,300 | 38 | 741 | 2,282 | 29,123 |
| No6 | 5,200 | 76 | 790 | 2,608 | 31,283 |
| No7 | 18,000 | 20 | 520 | 1,716 | 35,160 |
| No8 | 36,000 | 48 | 562 | 1,853 | 54,533 |
| No9 | 8,400 | 63 | 328 | 1,081 | 19,211 |
| No10 | 8,800 | 63 | 328 | 1,081 | 19,611 |

[資料來源：本研究整理]

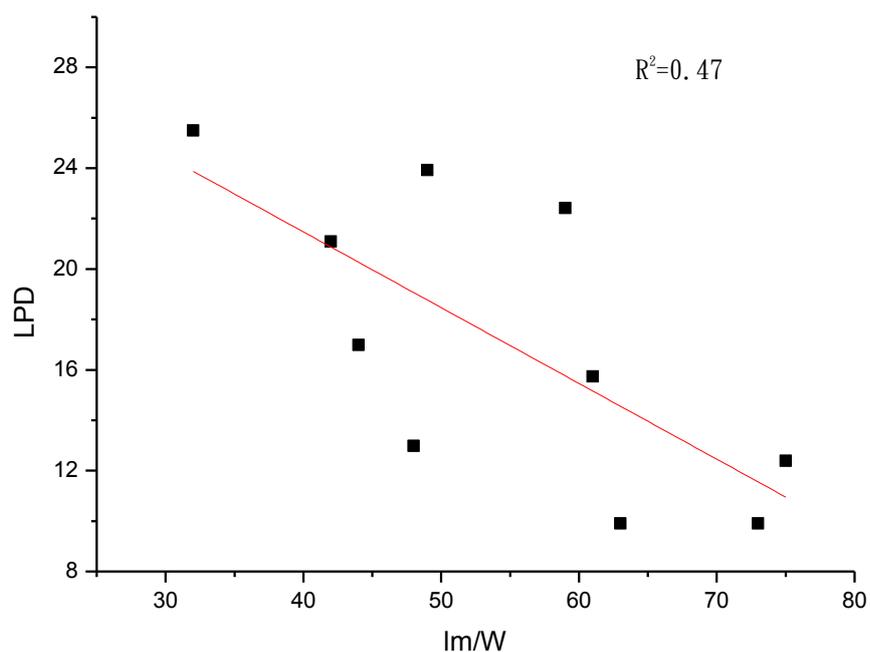


圖 4-3.3 燈具能源效率與照明功率密度比對
[資料來源：本研究整理]

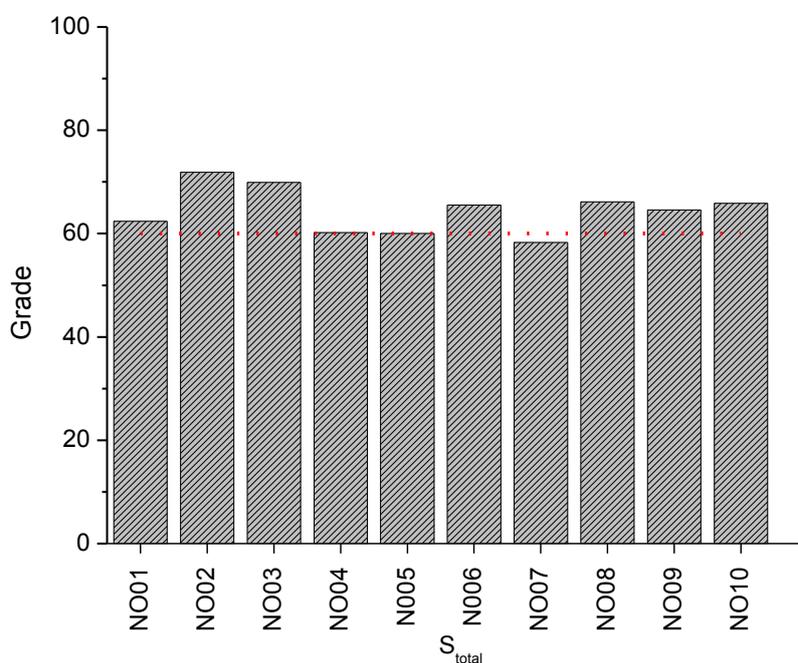


圖 4-3.4 整體照明品質評價指標 (NO11) 統計
[資料來源：本研究整理]

四、N014 安親班教室模擬：

室內尺寸、裝修材料、空間布置及桌面高度設定如節面章節所述，在滿足桌面水平照度 500 lux 條件下，各種燈具所需安裝最少盞數、模擬桌面平均照度、均齊度、燈具眩光指數及教室之照明功率密度，如表 4-3.5 所示，選用燈具之能源效率與教室之照明功率密度比對如圖 4-3.5 所示。

模擬結果亦是以 No1 安裝 T8 - 20W*4 支燈管照明功率密度最高為 24.72 W/m²，另廣角型配光之 No5、No6 燈具，因其光型向四面散射，故整體用電量也頗高，分別均為 18.56 W/m²，但也因光型向四面散射特性，其配光均齊度普遍能達到不錯效果，分別為 0.933、0.908。

另集中型配光之 No9 及 No10 燈具，其整體配光均齊效果亦不佳，分別只有 0.544 (N09)、0.633 (N010)，尤其 No9 燈具之垂直燈軸光束角只有 35° 比 56° 之 No10 燈具更集中，配置時更應留意。

表 4-3.5 各種燈具所需安裝最少盞數(N014)

| 燈具編號 | 安裝燈數 (盞) | 平均照度 (lux) | 均齊度 | 眩光指數 | 功率密度 (W/m ²) |
|------|-------------|---------------|-------|------|-----------------------------|
| No1 | 5 | 562 | 0.822 | 19.1 | 24.73 |
| No2 | 4 | 528 | 0.872 | 15.6 | 16.36 |
| No3 | 4 | 547 | 0.729 | 11 | 13.43 |
| No4 | 3 | 551 | 0.827 | 26.6 | 11.54 |
| No5 | 8 | 556 | 0.933 | 28.2 | 18.56 |
| No6 | 4 | 511 | 0.908 | 23.5 | 18.56 |
| No7 | 12 | 568 | 0.746 | 25.3 | 14.65 |
| No8 | 5 | 518 | 0.739 | 15.9 | 14.65 |
| No9 | 3 | 640 | 0.544 | 17.1 | 11.54 |
| No10 | 3 | 682 | 0.633 | 18.8 | 11.54 |

[資料來源：本研究整理]

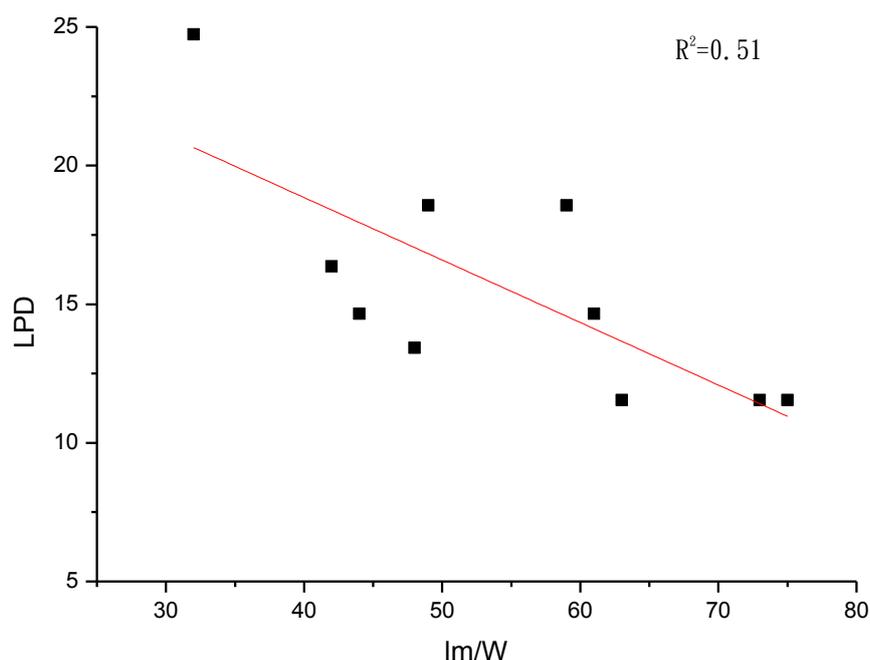


圖 4-3.5 燈具能源效率與照明功率密度比對
[資料來源：本研究整理]

若模擬結果以每度流動電費 3.3 元概算，每年 1,300 小時點燈計算，各種燈具設置成本分析如表 4-3.6 所示。模擬結果以安裝 NO9、NO10 燈具最省電，與 NO1 比較可年省約 515 度電(kWh)，減少 345 公斤 CO2 的排放。

經分析燈具初始設置總成本以 No6 安裝 T8 - 40W*2 支燈管無格柵山型吸頂燈具最便宜只需 2,600 元，而以 No8 安裝 LED 燈源格柵型燈具最貴需 20,000 元，但若以燈具運轉 10 年總成本（初始設置總成本+電費）比較，以 No4 安裝 T5 - 28W*2 支燈管無格柵山型吸頂燈具花費最低合計共 12,308 元，較初始設置最低之 No6 燈具節省 3,334 元。

另安裝 10 種不同燈具模擬後，安親班整體照明品質評價指標（ S_{total} ）平均為 66.2 分，如圖 4-3.6 所示，每種燈具模擬結果均度於 60 分，平均為 66.2 分，其中以 No10 得分為 72.6 最高。

表 4-3.6 各種燈具設置成本分析(N011)

| 燈具編號 | 設置燈具 成本(元) | 每具消耗 電力(W) | 全年耗電 量(kWh) | 全年電費 (元) | 運轉 10 年 總成本(元) |
|------|---------------|---------------|----------------|-------------|-------------------|
| No1 | 5,500 | 81 | 527 | 1,737 | 22,875 |
| No2 | 7,200 | 67 | 348 | 1,150 | 18,697 |
| No3 | 7,200 | 55 | 286 | 944 | 16,638 |
| No4 | 4,200 | 63 | 246 | 811 | 12,308 |
| No5 | 3,600 | 38 | 395 | 1,304 | 16,642 |
| No6 | 2,600 | 76 | 395 | 1,304 | 15,642 |
| No7 | 10,800 | 20 | 312 | 1,030 | 21,096 |
| No8 | 20,000 | 48 | 312 | 1,030 | 30,296 |
| No9 | 6,300 | 63 | 246 | 811 | 14,408 |
| No10 | 6,600 | 63 | 246 | 811 | 14,708 |

[資料來源：本研究整理]

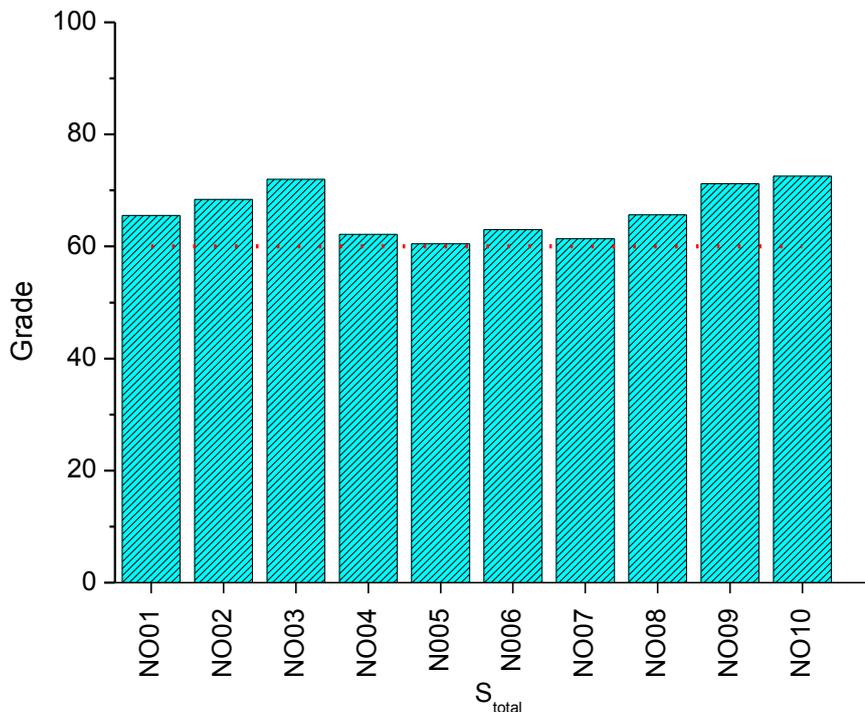


圖 4-3.6 整體照明品質評價指標 (N014) 統計

[資料來源：本研究整理]

五、N017 安親班教室模擬：

N017 安親班室內尺寸長×寬×高為 13.0×5.5×2.9m，室內裝修分別為礦纖天花板、白色調和漆牆面及白色釉地面磚，本研究天花板、牆面及地板反射率分別設定為 69%、70%、80%，桌面高度設定為 0.75m。

模擬結果如表 4-3.7 所示，亦是以 No1 安裝 T8 - 20W*4 支燈管照明功率密度最高為 20.39 W/m²，另 No9 及 No10 燈具照明功率密度最低均為 8.81 W/m²，另選用燈具之能源效率與教室之照明功率密度比對如圖 4-3.7 所示

若模擬結果以每度流動電費 3.3 元概算，每年 1,300 小時點燈計算，各種燈具設置成本分析如表 4-3.8 所示。模擬結果以安裝 N09、N010 燈具最省電，與 N01 比較可年省約 1,076 度電(kWh)，減少 721 公斤 CO₂ 的排放。

表 4-3.7 各種燈具所需安裝最少盞數(N017)

| 燈具編號 | 安裝燈數 (盞) | 平均照度 (lux) | 均齊度 | 眩光指數 | 功率密度 (W/m ²) |
|------|-------------|---------------|-------|------|-----------------------------|
| No1 | 18 | 584 | 0.78 | 19.1 | 20.39 |
| No2 | 15 | 575 | 0.773 | 15.6 | 14.06 |
| No3 | 15 | 569 | 0.746 | 11 | 11.54 |
| No4 | 12 | 621 | 0.864 | 26.6 | 10.57 |
| No5 | 24 | 533 | 0.904 | 28.2 | 12.76 |
| No6 | 15 | 591 | 0.885 | 23.5 | 15.94 |
| No7 | 40 | 533 | 0.826 | 25.3 | 11.19 |
| No8 | 18 | 508 | 0.776 | 15.9 | 12.08 |
| No9 | 10 | 589 | 0.595 | 17.1 | 8.81 |
| No10 | 10 | 618 | 0.676 | 18.8 | 8.81 |

[資料來源：本研究整理]

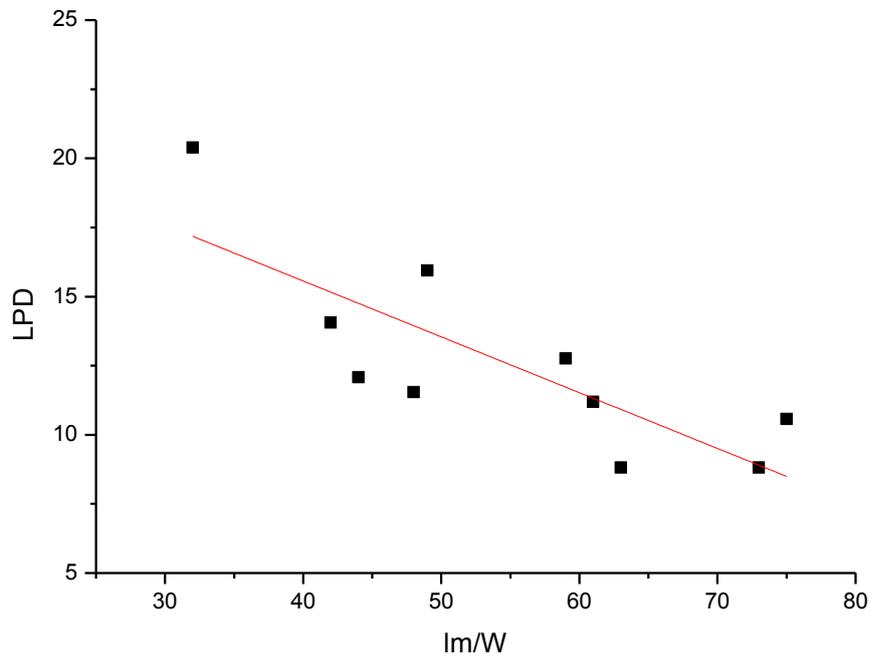


圖 4-3.7 燈具能源效率與照明功率密度比對

[資料來源：本研究整理]

經分析燈具初始設置總成本以 No6 安裝 T8 - 40W*2 支燈管無格柵山型吸頂燈具最便宜只需 9,750 元，而以 No8 安裝 LED 燈源格柵型燈具最貴需 36,000 元，但若以燈具運轉 10 年總成本（初始設置總成本+電費）比較，以 No9 高效率節能標章燈具花費最低合計共 48,027 元，較初始設置最低之 No6 燈具節省 10,626 元。

另安裝 10 種不同燈具模擬後，安親班整體照明品質評價指標（ S_{total} ）平均為 67.1 分，如圖 4-3.8 所示，每種燈具模擬結果均度於 60 分，其中以 No3 得分為 73.7 最高。

表 4-3.8 各種燈具設置成本分析(N017)

| 燈具編號 | 設置燈具成本(元) | 每具消耗電力(W) | 全年耗電量(kWh) | 全年電費(元) | 運轉 10 年總成本(元) |
|------|-----------|-----------|------------|---------|---------------|
| No1 | 19,800 | 81 | 1,895 | 6,255 | 82,348 |
| No2 | 27,000 | 67 | 1,307 | 4,311 | 70,115 |
| No3 | 27,000 | 55 | 1,073 | 3,539 | 62,393 |
| No4 | 16,800 | 63 | 983 | 3,243 | 49,232 |
| No5 | 10,800 | 38 | 1,186 | 3,912 | 49,925 |
| No6 | 9,750 | 76 | 1,482 | 4,891 | 58,656 |
| No7 | 36,000 | 20 | 1,040 | 3,432 | 70,320 |
| No8 | 72,000 | 48 | 1,123 | 3,707 | 109,066 |
| No9 | 21,000 | 63 | 819 | 2,703 | 48,027 |
| No10 | 22,000 | 63 | 819 | 2,703 | 49,027 |

[資料來源：本研究整理]

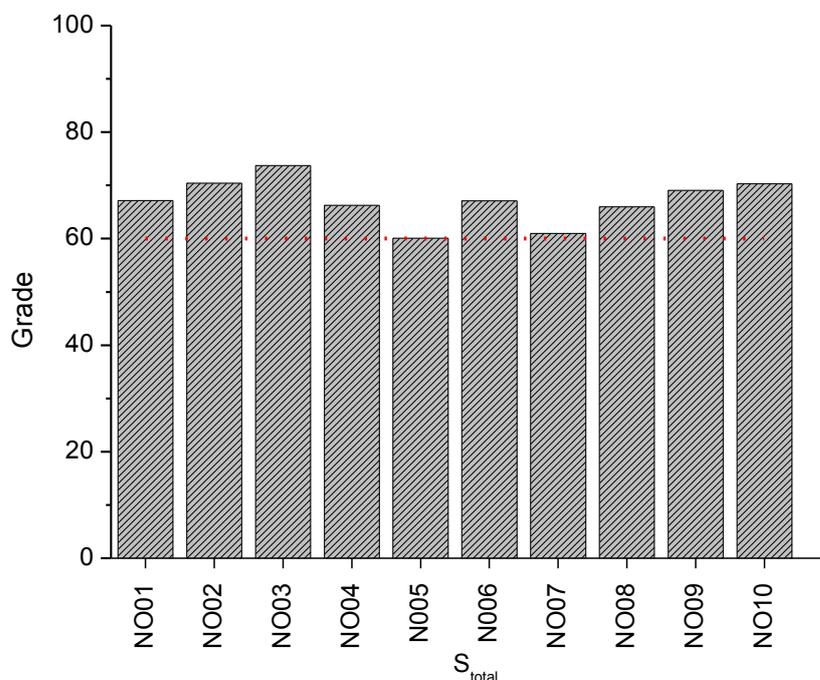


圖 4-3.8 整體照明品質評價指標 (N017) 統計

[資料來源：本研究整理]

表 4-3.10 安裝燈具數量基準建議表

| 教室面積 燈具編號 | 72m ² | 40m ² | 25m ² | 16m ² |
|--------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| No1 | 18 | 10 | 8 | 5 |
| No2 | 15 | 8 | 8 | 4 |
| No3 | 15 | 8 | 6 | 4 |
| No4 | 12 | 6 | 5 | 3 |
| No5 | 24 | 14 | 14 | 8 |
| No6 | 15 | 8 | 8 | 4 |
| No7 | 40 | 25 | 20 | 12 |
| No8 | 18 | 12 | 9 | 5 |
| No9 | 10 | 5 | 4 | 3 |
| No10 | 10 | 5 | 4 | 3 |

[資料來源：本研究整理]

第五章 結論與建議

第一節 結論

本研究執行期間，首先透過文獻及標準比較分析，完成國內外相關照明規範與趨勢資料蒐集，以瞭解照度、輝度分佈、均齊度、演色性、眩光、照明功率密度等各項照明環境品質及耗電評估指標，可作為我國相關規範研訂之參考。在照明環境現況調查部分，本研究選定鄰近本所性能實驗中心 16 個樣本，進行案例調查與解析，並利用 DIALux 電腦軟體建立 4 種尺寸的教室模型，將選樣 10 種燈具之光學數據置入，進行滿足規範建議之照度條件模擬，研究結果初步獲致以下幾點結論：

一、現場調查部分

1. 約有87%調查案例之教室燈具配置方向平行於黑(白)板面，13%混和型(部分平行、部分垂直)，沒有一家垂直黑(白)板面安裝，但若教室安裝為無防眩格柵開放型燈具，平行安裝方向產生之眩光往往會大於垂直安裝方向，且燈管裸露在燈具之外，燈管表面輝度極大，學童上課容易產生視覺不舒適或疲勞。
2. 約有56%調查案例之教室天花板裝設旋轉風扇，若配置於燈具附近時，風扇旋轉可能造成照明效果產生閃爍現象，造成學童分心，甚至影響學童視力健康或其他頭痛等生理毛病，故建議盡量避免裝設往復式運動機械體或考量恰當位置。
3. 約有69%調查案例所裝燈具，屬於燈管露出而無法限制眩光之G3類型照明燈具，其量測之UGR眩光指標約介於23~28，無法滿足CIE等規範對教育場所建議應小於19之規定。
4. 約有69%調查案例之教室桌面水平平均照度小於500 lux，且整個調查樣本之平均為455 lux，明顯照度不足，無法滿足CIE等規範公告之500 lux建議基準值。
5. 調查案例中，同時桌面水平照度及黑板垂直照度達到500 lux共有4間，但這4間安親班照明功率密度約介於19.74~28.4W/m²，可見綠色節能照明設計有很大發揮空間。
6. 安親班照明品質整體評價平均只有58分，其中有63%調查案例不足60分，

顯見照明品質提升還需很大努力空間。

二、電腦軟體模擬部分

1. 完成「安裝燈具數量基準建議表」，可提供業者由空間尺寸、室內裝修情形、燈具種類及安裝數量，簡易判斷桌面水平照度是否達到規範建議之500 lux基準，可供查核或設計參考，俾初步改善現有照明環境。
2. 模擬結果採用高效率節能標章燈具照明功率密度較低，可提升能源使用效率，但需留意光型較集中燈具，其整體配光效果可能較聚焦，因此採用此類型燈具，安裝位置需妥善與課桌椅搭配，盡量使每張桌面之水平照度均齊度至少達到0.7以上，以符合ISO等規範。

第二節 建議

一、立即可行建議

主辦機關：經濟部能源局

協辦機關：內政部建築研究所

經濟部能源局為肯定省能技術於產品之應用，循以市場誘因導向機制，積極推動高效率「節能標章燈具」認證，取得認證之產品，代表能源效率高，更能省能省錢。惟 97 年 11 月 17 日公告實施「室內照明燈具節能標章」能效基準，僅訂定燈具效率、統一眩光值（UGR）及燈源演色性（Ra）相關指標，沒有均齊度相關規定，若室內照明環境配光不均勻，亦容易導致視覺疲勞，故建議可參酌「道路照明燈具節能標章」將該項指標納入，以確保室內照明品質

二、立即可行建議

主辦機關：教育部

協辦機關：經濟部標準檢驗局、內政部建築研究所

依本研究調查結果安親班照明環境品質可能存在相關問題，亟需相關規範進行管制，建議可從建立安親班相關標章、高效率照明器具推動，以建立優質節能照明環境。

三、立即可行建議

主辦機關：內政部建築研究所

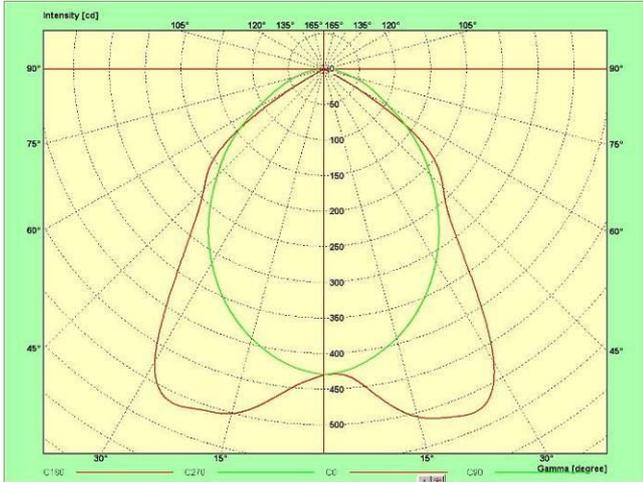
協辦機關：內政部營建署

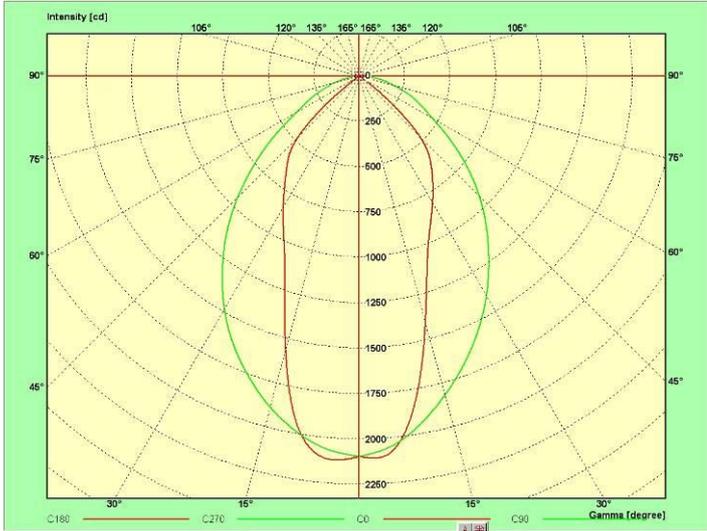
本(100)年度已完成安親班光環境現況調查量測，並利用 DIALux 照明模擬軟體完成 4 種不同空間尺寸與 10 種燈具之分析探討，為提昇國內光環境品質及推動建築照明節能，建議持續進行不同建築空間之照明環境品質與耗能狀況調查研究，或利用照明光學軟體加速模擬，俾供我國相關規範研訂或業界技術應用參考。

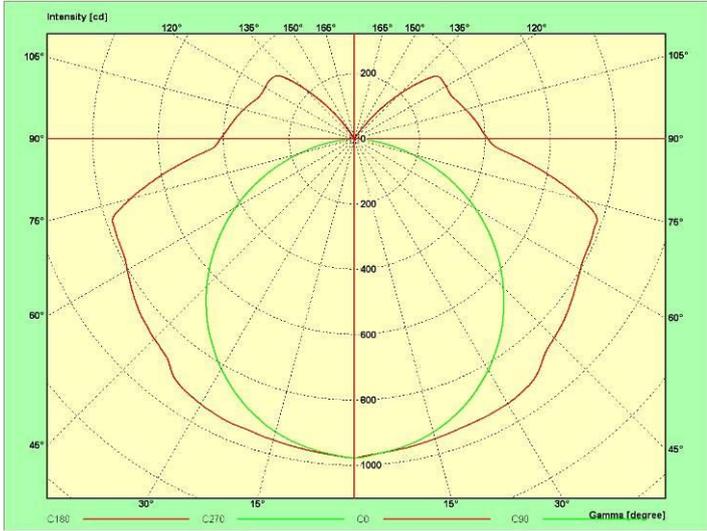
附 錄

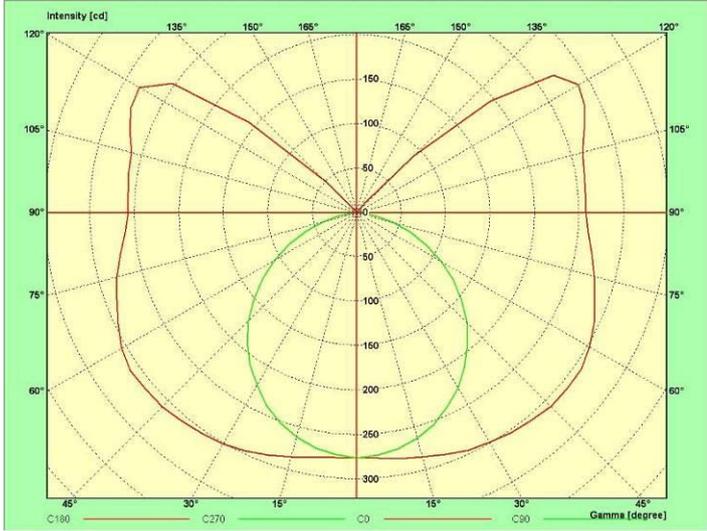
(模擬採用燈具之光學數據)

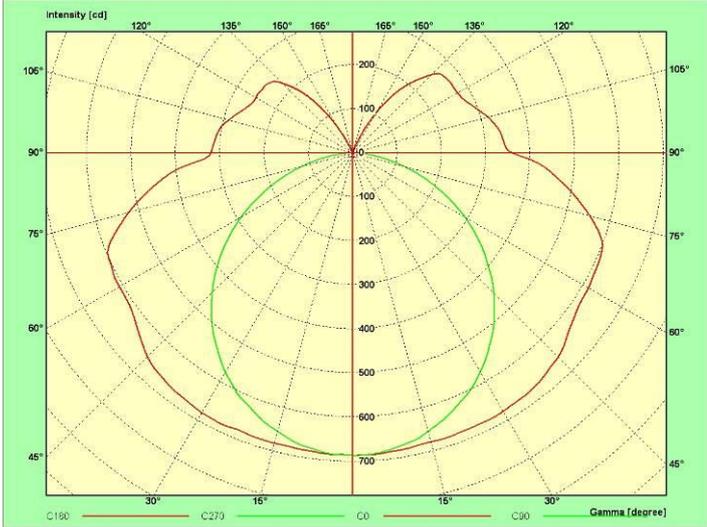
| | | | | | |
|------|--|------------|------|---------|---------|
| 編號 | 01 | | | | |
| 燈具描述 | 1. 燈具尺寸:長600mm、寬600mm、發光尺寸:長550mm、寬550mm 2. 燈源色溫:6535 K、演色性:88 3. 使用T8 20W燈管4支 4. 燈具光輸出2544 lm、輸入功率81 w、具格柵板設計。 | | | | |
| 燈具性能 | 能源效率 (Lm/W) | 眩光指標 (UGR) | | 光束角 (1) | 光束角 (2) |
| | 32 | 平行燈軸 | 垂直燈軸 | 平行燈軸 | 垂直燈軸 |
| | | 20.6 | 19.1 | 122 | 111 |
| 燈具配光 | | | | | |
| 燈具照片 | | | | | |

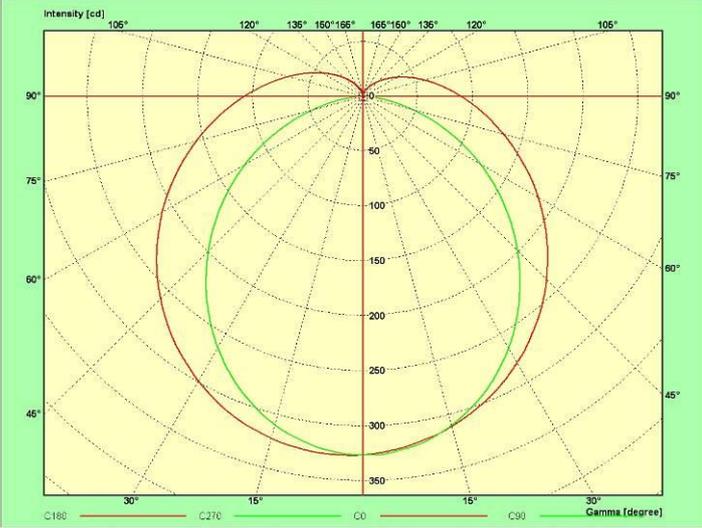
| | | | | | |
|------|--|------------|------|---------|---------|
| 編號 | 02 | | | | |
| 燈具描述 | 1. 燈具尺寸:長600mm、寬600mm、發光尺寸:長550mm、寬550mm 2. 燈源色溫:6339 K、演色性:87 3. 使用T5 14W燈管4支 4. 燈具光輸出2795 lm、輸入功率67 w、具格柵板設計。 | | | | |
| 燈具性能 | 能源效率 | 眩光指標 (UGR) | | 光束角 (1) | 光束角 (2) |
| | (Lm/W) | 平行燈軸 | 垂直燈軸 | 平行燈軸 | 垂直燈軸 |
| | 42 | 18.2 | 15.6 | 89 | 84 |
| 燈具配光 |  | | | | |
| 燈具照片 |  | | | | |

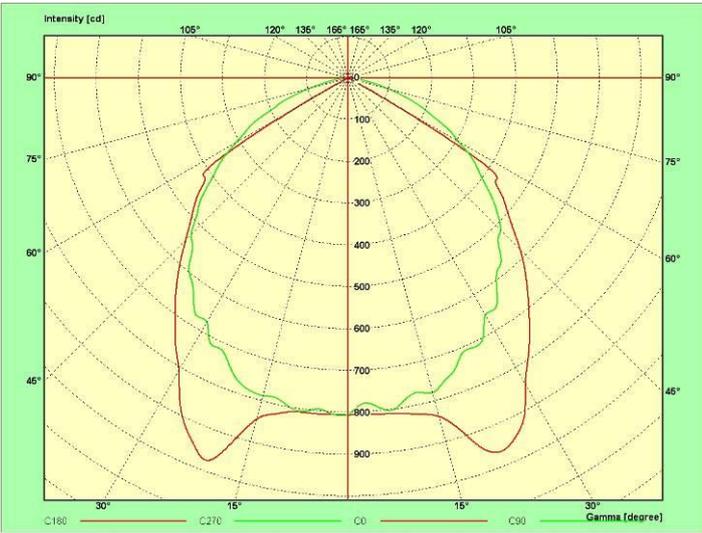
| | | | | | |
|------|--|------------|------|---------|---------|
| 編號 | 03 | | | | |
| 燈具描述 | 1. 燈具尺寸:長1200mm、寬300mm、發光尺寸:長1150mm、寬280mm 2. 燈源色溫:6384K、演色性:86 3. 使用T5 28W燈管2支 4. 燈具光輸出2621 lm、輸入功率55 w、具格柵板設計。 | | | | |
| 燈具性能 | 能源效率 | 眩光指標 (UGR) | | 光束角 (1) | 光束角 (2) |
| | (Lm/W) | 平行燈軸 | 垂直燈軸 | 平行燈軸 | 垂直燈軸 |
| | 48 | 18.3 | 11.0 | 84 | 44 |
| 燈具配光 |  <p>The diagram is a light distribution curve (LDC) plot. The vertical axis represents intensity in candelas (cd), ranging from 0 to 2250. The horizontal axis represents the beam angle Gamma in degrees, ranging from 0 to 106. The plot shows two main curves: a red curve for C190 and a green curve for C270. The C190 curve is narrower and taller, peaking at approximately 2000 cd at 0 degrees. The C270 curve is wider and shorter, peaking at approximately 1000 cd at 0 degrees. The plot also includes curves for C0, C90, and C50 beam angles. The background is a grid of dashed lines representing intensity and angle.</p> | | | | |
| 燈具照片 |  <p>The photograph shows a long, rectangular, white lighting fixture. It has a grid-like structure with a series of horizontal and vertical bars. The fixture is mounted on a wall or ceiling. The lighting fixture is shown from a perspective that highlights its length and the grid pattern.</p> | | | | |

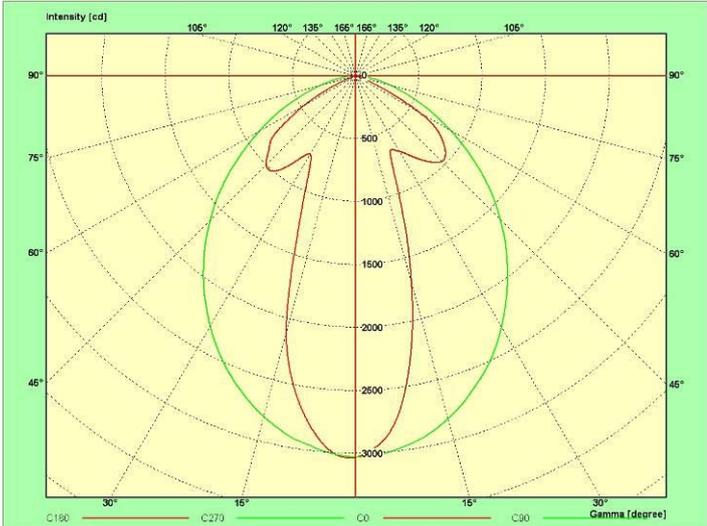
| | | | | | |
|------|--|------------|------|---------|---------|
| 編號 | 04 | | | | |
| 燈具描述 | 1. 燈具尺寸:長1200mm、寬180mm、發光尺寸:長1200mm、寬180mm 2. 燈源色溫:6384 K、演色性:86 3. 使用T5 28W燈管2支 4. 燈具光輸出4747 lm、輸入功率63 w、無格柵板設計。 | | | | |
| 燈具性能 | 能源效率 | 眩光指標 (UGR) | | 光束角 (1) | 光束角 (2) |
| | (Lm/W) | 平行燈軸 | 垂直燈軸 | 平行燈軸 | 垂直燈軸 |
| | 75 | 27.2 | 26.6 | 113 | 168 |
| 燈具配光 |  | | | | |
| 燈具照片 |  | | | | |

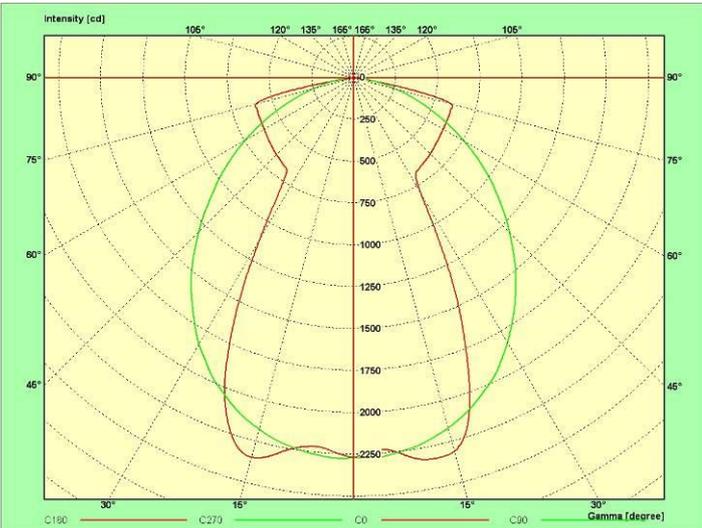
| | | | | | |
|------|---|------------|------|---------|---------|
| 編號 | 05 | | | | |
| 燈具描述 | 1. 燈具尺寸:長1200mm、寬100mm、發光尺寸:長1200mm、寬26mm 2. 燈具色溫:6545 K、演色性:83 3. 使用T8 燈源 4. 燈具光輸出2228 lm、輸入功率38 w。 | | | | |
| 燈具性能 | 能源效率 | 眩光指標 (UGR) | | 光束角 (1) | 光束角 (2) |
| | (Lm/W) | 平行燈軸 | 垂直燈軸 | 平行燈軸 | 垂直燈軸 |
| | 59 | 24.1 | 28.2 | 111 | 262 |
| 燈具配光 |  | | | | |
| 燈具照片 |  | | | | |

| | | | | | |
|------|---|------------|------|---------|---------|
| 編號 | 06 | | | | |
| 燈具描述 | 1. 燈具尺寸：長1200mm、寬180mm、發光尺寸：長1200mm、寬180mm 2. 燈具色溫：6545 K、演色性：83 3. 使用T8 燈源 4. 燈具光輸出3694lm、輸入功率76 w。 | | | | |
| 燈具性能 | 能源效率 | 眩光指標 (UGR) | | 光束角 (1) | 光束角 (2) |
| | (Lm/W) | 平行燈軸 | 垂直燈軸 | 平行燈軸 | 垂直燈軸 |
| | 49 | 23.4 | 23.5 | 110 | 180 |
| 燈具配光 |  | | | | |
| 燈具照片 |  | | | | |

| | | | | | |
|------|--|------------|------|---------|---------|
| 編號 | 07 | | | | |
| 燈具描述 | <p>1. 燈具尺寸:長1200mm、寬34mm、發光尺寸:長1200mm、寬34mm</p> <p>2. 燈具色溫:5768 K、演色性:67</p> <p>3. 使用LED 燈源</p> <p>4. 燈具光輸出1224 lm、輸入功率20 w。</p> | | | | |
| 燈具性能 | 能源效率 | 眩光指標 (UGR) | | 光束角 (1) | 光束角 (2) |
| | (Lm/W) | 平行燈軸 | 垂直燈軸 | 平行燈軸 | 垂直燈軸 |
| | 61 | 22.7 | 25.3 | 104 | 139 |
| 燈具配光 |  | | | | |
| 燈具照片 |  | | | | |

| | | | | | |
|------|--|------------|------|---------|---------|
| 編號 | 08 | | | | |
| 燈具描述 | 1. 燈具尺寸:長600mm、寬600mm、發光尺寸:長550mm、寬550mm 2. 燈具色溫:7068 K、演色性:67 3. 使用LED 燈源 4. 燈具光輸出2125 lm、輸入功率48 w、具格柵板設計。 | | | | |
| 燈具性能 | 能源效率 | 眩光指標 (UGR) | | 光束角 (1) | 光束角 (2) |
| | (Lm/W) | 平行燈軸 | 垂直燈軸 | 平行燈軸 | 垂直燈軸 |
| | 44 | 18.2 | 15.9 | 107 | 100 |
| 燈具配光 |  | | | | |
| 燈具照片 |  | | | | |

| | | | | | |
|------|---|------------|------|---------|---------|
| 編號 | 09 | | | | |
| 燈具描述 | <p>1. 燈具尺寸:長600mm、寬600mm、發光尺寸:長550mm、寬550mm</p> <p>2. 燈源色溫:6339 K、演色性:87</p> <p>3. 使用T5 14W燈管4支</p> <p>4. 燈具光輸出4000 lm、輸入功率63 w、具格柵板設計。</p> | | | | |
| 燈具性能 | 能源效率 | 眩光指標 (UGR) | | 光束角 (1) | 光束角 (2) |
| | (Lm/W) | 平行燈軸 | 垂直燈軸 | 平行燈軸 | 垂直燈軸 |
| | 63 | 19.0 | 17.1 | 94 | 35 |
| 燈具配光 |  | | | | |
| 燈具照片 |  | | | | |

| | | | | | |
|------|--|------------|------|---------|---------|
| 編號 | 10 | | | | |
| 燈具描述 | 1. 燈具尺寸:長1200mm、寬600mm、發光尺寸:長1150mm、寬550mm 2. 燈源色溫:6384 K、演色性:86 3. 使用T5 28W燈管2支 4. 燈具光輸出4591 lm、輸入功率63 w、具格柵板設計。 | | | | |
| 燈具性能 | 能源效率 | 眩光指標 (UGR) | | 光束角 (1) | 光束角 (2) |
| | (Lm/W) | 平行燈軸 | 垂直燈軸 | 平行燈軸 | 垂直燈軸 |
| | 73 | 18.5 | 18.8 | 99 | 56 |
| 燈具配光 |  | | | | |
| 燈具照片 |  | | | | |

研究業務協調會會議紀錄及處理情形

| 項次 | 意見 | 辦理情形 |
|----|---|--|
| 1 | 1.研究調查應考慮安親班不同時段之照明環境或需求是否一致，並妥善規劃調查規模及方式，以增進研究成果的參考價值。 | 已納入考慮。 |
| 2 | 2.建議可採分層方式進行調查，並探討照明環境品質與學童近視比率或停留時間之相關性，俾提出有效管理具體建議。 | 囿於安親班學童近視情形及個人停留時間之基本資料不亦取得，建議可納入後續研究探討。 |
| 3 | 3.本案研究緣起及目的應予以敘明，研究對象應以合法立案之安親班為限，並請強化預期成果之應用性。 | 已補充相關資料，並以合法立案之安親班為研究對象。 |

期中審查會議紀錄及處理情形

| 項次 | 審查意見 | 辦理情形 |
|----|--|--|
| 1 | <p><u>中華民國全國建築師公會</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 國內一般安親班多設於住宅區或大樓內，以住宅型式或大樓改成教室居多，此與一般學校教室之格局、開窗及照明型式均不同，宜納入考慮。 本研究偏重人工照明，是否有考慮自然採光之影響？以及與人工照明合併使用之情形？請界定清楚。 請增加對室內裝修材料及顏色應用之建議事項，俾供業界參考。 | <ol style="list-style-type: none"> 感謝委員意見。 本研究聚焦在人工照明，已補充界定研究範圍。 已增加反射率建議，有關顏色應用不在本研究範圍內，建議可納入後續研究探討。 |
| 2 | <p><u>林教授芳銘</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 資料蒐集完整，案例調查成果值得肯定。 建議後續研究針對照明環境現況不良之案例提出改善建議。 照明模擬建議先進行現況量測數值與模擬之比對，驗證模擬之有效性，並提出改善設計之模式。 | <ol style="list-style-type: none"> 感謝委員意見。 已提出相關建議。 已進行量測數值與模擬之比對。 |
| 3 | <p><u>陳教授炯堯（林教授葳代理）</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 基礎資料量測豐富且完整。 建議補充燈具眩光量測參數、室內裝修等基本資料，俾供參考。 室內照明宜多設開關，便於分區開關燈，建議可納入設計考量。 建議可進行現場量測與電腦模擬之比 | <ol style="list-style-type: none"> 感謝委員意見。 已補充相關基本資料。 建議可納入後續研究探討。 已進行量測數值與模 |

| | 較，以驗證模擬效果之有效性。 | 擬之比對。 |
|---|---|--|
| 4 | <p><u>馮協理文信</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 光源體演色性、色溫與應用空間現場所測得數值變化差異頗大，值得進一步探討，以提供空間設計之參考。 2. 一般安定器型式通稱為電感式或電子式並無電容式之說法，文字誤繕處請改正。 3. 建議綜整相關案例之優缺點，提出設置參考案例，供業界應用參考。 4. 照明狀況之現場量測，建議盡量安排夜間，且在隔離外部光源之條件下進行，可較接近實質人工光源之狀況。 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 囿於時間限制，建議未來有機會進行全尺度研究探討。 2. 已調整修正。 3. 已提出參考案例所需「燈具數量基準表」供參 4. 部分案例已重新於夜間進行實測。 |
| 5 | <p><u>蕭教授弘清</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 本研究設定題目符合社會期望，值得深入研究。 2. 資料文獻收集完整，也確實轉化為研究所需。 3. 報告書打字字型不一致，章節編碼、排版有待改進，這屬於文書報告瑕疵，但不宜出現在專業研究報告中。 4. 測定高度以 $80\pm 5\text{cm}$，但小學生之桌面高度是否較低，各家安親班之桌面高度是否均為 $80\pm 5\text{cm}$，宜注意並補充說明，以符合閱讀 500lux 之需求。 5. 第 53 頁之現場調查註明安定器為”電容式”是否誤繕，宜以通用或標準名稱註明。 6. 未來研究工作，應在期末提出(1)正確設計方法(2)維護注意事項(3)簡易瞭解現 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 感謝委員意見。 2. 感謝委員意見。 3. 已調整修正。 4. 已補充說明。 5. 已調整修正。 6. 感謝委員意見，將於期末報告補充。 |

| | | |
|---|--|------------|
| | 況方法(4)可再抽查有關藍光(437~444nm)比例，以防止藍光危害眼睛。 | |
| 6 | <u>廖組長慧燕</u> 1. 建議可強化應用面探討，使研究成果更具參考價值。 | 1. 感謝委員意見。 |

期末審查會議紀錄及處理情形

| 項次 | 審查意見 | 辦理情形 |
|----|--|---|
| 1 | <p><u>李教授訓谷</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 研究成果豐碩，可應用在安親班光環境改善。 2. 建議進一步探討各安親班案例中燈具配置、燈源選擇之差異性。 3. 報告書第二章公式(4-7)之整體照明品質評分函數中之權重係數，建議補充說明。 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 感謝委員意見。 2. 已補充燈具配置、燈源選擇之差異性探討。 3. 已補充說明。 |
| 2 | <p><u>林教授芳銘</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 本研究建立之研究方法與評估方式值得肯定，獲得成果具參考價值。 2. 第 95 頁照明模擬室內空間材料反射率之設定採”一致”設計，建議補充說明。 3. 符號標示請參考 ISO、CNS 標準。 4. 部分照片不清晰，請略作調整。 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 感謝委員意見。 2. 已補充說明。 3. 已調整修正。 4. 已調整修正。 |
| 3 | <p><u>周教授鼎金</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 是否能思考說明現場光環境之色溫、演色性與光源本身之差異性，或建議後續能探討之。 2. 建議後續能針對空間之輝度分佈、輝度比，作視覺與健康課題探討，以維護學童視力健康。 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 囿於時間限制，建議未來有機會進行全尺度研究探討。 2. 建議可納入後續研究探討。 |
| 4 | <p><u>馮協理文信</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 報告中所用照度單位共 3 種 (Lux、lux、lx) 建議統一。 2. 第 18 頁所列輝度單位 nt 應為 nit，請修 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 已調整修正。 2. 已調整修正。 |

| | | |
|----------|---|---|
| | <p>正。</p> <p>3. 第 46 頁照明評比標準之”用電密度”、”照明功率密度”等名詞，建議統一用”照明功率密度”，與綠建築標章用語相同。</p> <p>4. 第 41 頁表 2-3.2 之 25W 以上（4 級）數字應為 65~70，請修正。</p> <p>5. 電腦模擬建議增加目前學校主要採用燈具或已通過節能標章之產品進行評估。</p> | <p>3. 已調整修正</p> <p>4. 已調整修正</p> <p>5. 已增加通過節能標章之產品進行評估。</p> |
| <p>5</p> | <p><u>廖組長慧燕</u></p> <p>1. 安親班服務內容包羅萬象包括課輔、才藝、安親等，究竟各需要何種照明，建議補充說明。</p> <p>2. 建議增加燈具選用、配置及室內裝修材料反射率差異性之案例比較，俾供應用參考。</p> <p>3. 本研究成果有助於提供業者改善現有照明環境，為便於應用建議可將參考表格或相關資訊置於網頁，以利未來業界及一般民眾參考使用。</p> | <p>1. 已補充說明。</p> <p>2. 已補充差異性探討。</p> <p>3. 感謝委員意見。</p> |

參考書目

1. ISO 8995/ CIE S008, “Lighting of indoor work places”, 2001.
2. JIS Z9125, “日本屋內作業場の照明基準”, 2004.
3. prEN12464-1, “Light and lighting - Lighting of work places - Part 1: Indoor work places”, 2009.
4. SS 531, “Part 1 CODE OF PRACTICE FOR Lighting of work places”, 2006.
5. AS/NZS 1680, “Interior and workplace lighting - General principles and recommendations”, 2006.
6. IESNA, “Lighting Handbook”, 2000.
7. GB50034, “建築照明設計規範”, 2004 年。
8. CNS12112, “照度標準”, 1987 年。
9. 周鼎金等, “學校教室照明與節能參考手冊”, 教育部, 2004 年。
10. Jin Sook Lee, “Development of the nomo-graph for evaluation on discomfort glare of windows” <SOLAR ENERGY42>, 2007.
11. 詹永舟, “瞳位追蹤應用於眼控系統及眼球動態量測儀器之製作與分析”, 碩士論文, 1999 年。
12. 李玉生、周鼎金, “舊有建築物照明節能技術應用之研究”, 內政部建築研究所協同研究, 2009 年。
13. 謝明燁、林振淅, “照明光色對閱讀時視覺色適應之影響”, 中華民國建築學會「建築學報」第 68 期, 2009 年。
14. 張智鴻, “人工智慧應用於室內照明最佳化設計之研究”, 碩士論文, 2006 年。
15. ANSI/ASHRAE/IES 90.1-2007, “Energy Efficient Design of New Buildings Except Low-rise Residential Buildings”, 2007.
16. 張智鴻、蕭弘清, “照明燈具遮光角對於照明品質之影響研究”, 台灣照明學會論文集, 2006 年。
17. 蕭弘清, “照明節能產品應用手冊”, 能源局節能技術報告, 2010 年。