

室內冷氣溫度操作管理之應用技術

- 兼顧熱舒適與節能的綠色空調溫度管理思維

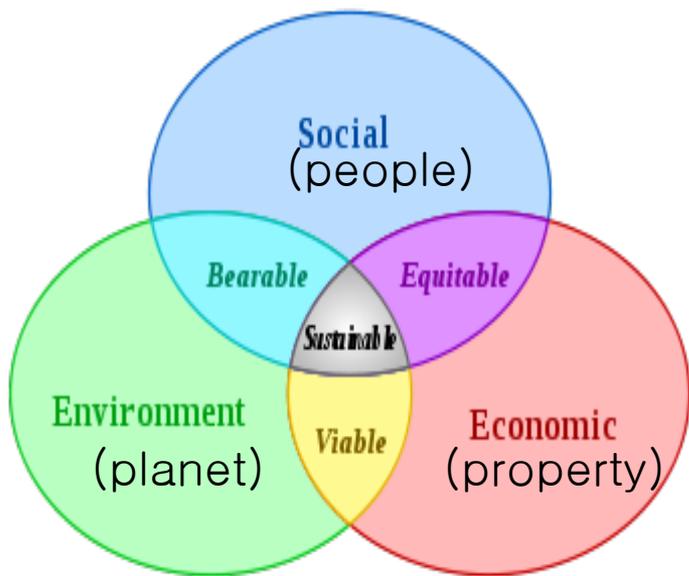
國立聯合大學 建築系
建築、能源、氣候與景觀研究室
黃瑞隆 教授



2013/03/21

綠建築的內涵

- ❖ USGBC將綠建築定義為能顯著降低或者消除建築物對環境和居住者的負面衝擊的建築物，其意義在於強調綠建築必須能夠在環境的忍受度和居住的忍受度之間取得平衡，不可偏重或者忽略任何一方。



評估方法	內容
美國 LEED	<u>能源與大氣</u> 、 <u>室內環境品質</u> 、 基地永續使用……
加拿大 GBTool	<u>資源消耗</u> 、 <u>室內環境品質</u> 、 經濟負荷量……
英國 BREEAM	<u>健康與舒適</u> 、 <u>能源</u> 、 生態及污染……
中國	<u>能源與環境</u> 、 <u>室內環境質量</u> 、 住區水環境……
日本 CABEE	<u>室內環境</u> 、 <u>外牆熱負荷</u> 、 <u>高效率機器</u> 、 監測……
台灣 EEWH	<u>日常節能</u> 、 <u>室內環境品質</u> 、 生物多樣性……

綠建築的節能觀念

❖ 綠建築對能源節約的概念，並不是不用，而是高效率利用資源。

省過頭？政院28度才開冷氣 員工暈倒



東森新聞 - 2012年6月15日 上午9:16

字 +字

相關內容



省過頭？政院28度才開冷氣 員工暈倒

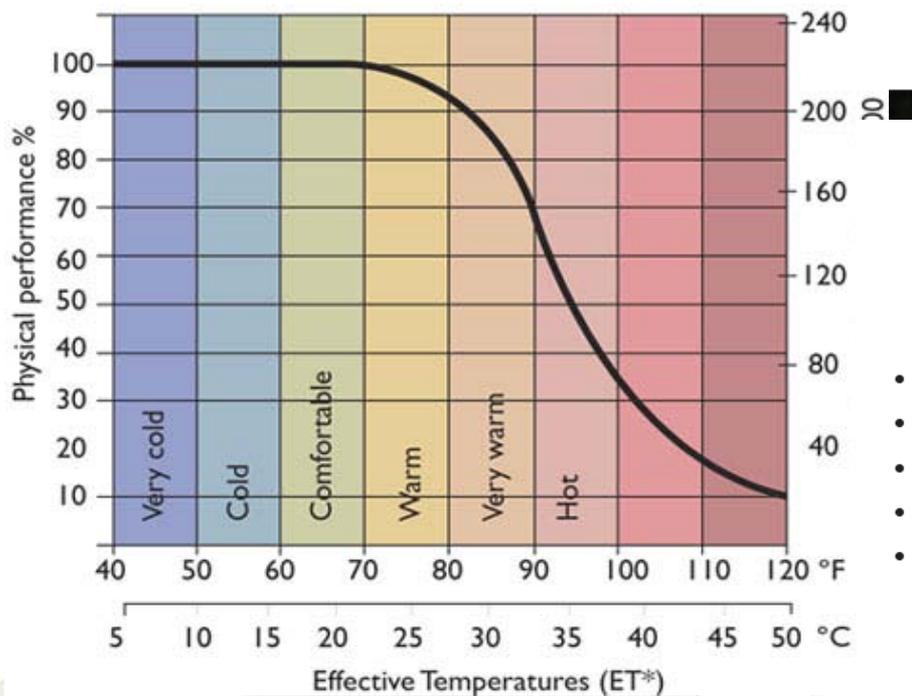
政府力行節能減碳，這個月初行政院長陳冲下令，院本部所有單位，規定冷氣必須達到28度才能開機，結果悶到員工個個自備電風扇，甚至有人暈倒。

電扇、電扇，到處都是電扇，行政院政務處政制發言人室，一切從簡，連冷氣都省下來。不過，不想開，實在是不能開。台北市規定冷氣溫度在26度，已經有人暈倒，沒想到行政院規定28度才能開機。行政院發言人陳冲偉：「這是一項設定，不過我們內部也正在檢討是不是要以節能減碳跟舒適兩者要兼顧的原則。」



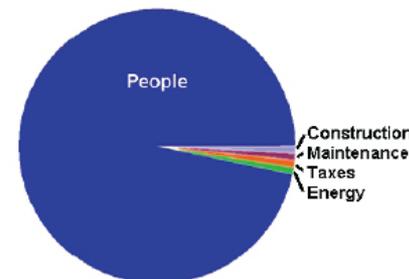
廣告

舒適與節能孰重？



Facility Life Cycle Costs (\$/SF/YR, based upon 30 year life)

- Original Construction NT\$72
- Maintenance NT\$52
- Taxes NT\$57
- Energy NT\$72
- People (salaries) NT\$7236



Employee Salaries can be 100 x (Energy Cost)

調高溫度1°C的節能效果是否可以彌補因為工作效率降低而增加的人事成本？

綠建築的利益來源

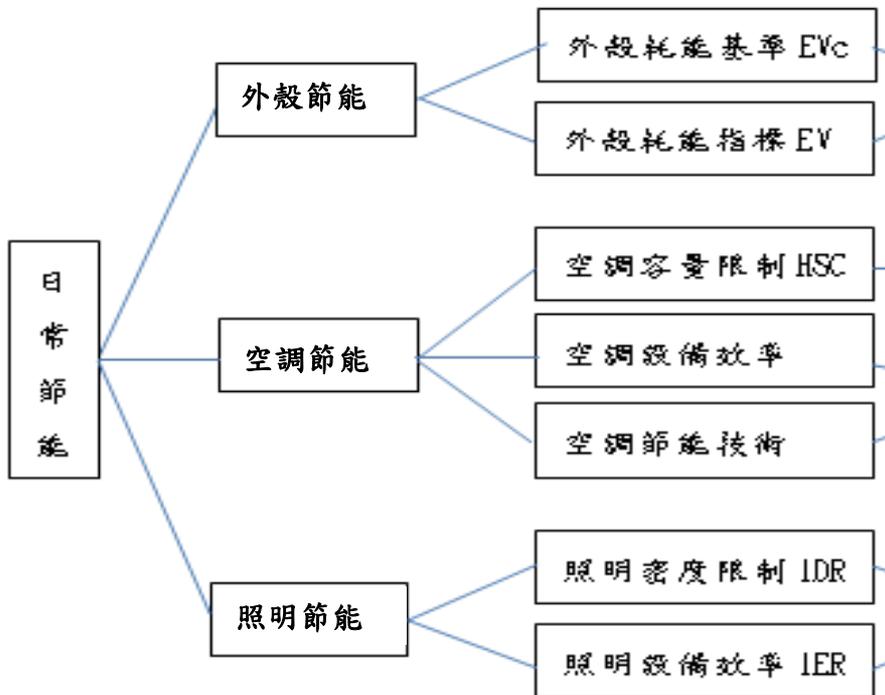
- ❖ 綠建築對業主的最大經濟利益來自員工工作效率的提升，而不是能源節約。

Financial Benefits of Green Buildings Summary of Findings (per ft²)

Category	20-year Net Present Value
Energy Savings	\$5.80
Emissions Savings	\$1.20
Water Savings	\$0.50
Operations and Maintenance Savings	\$8.50
Productivity and Health Benefits	\$36.90 to \$55.30
Subtotal	\$52.90 to \$71.30
Average Extra Cost of Building Green	(-3.00 to -\$5.00)
Total 20-year Net Benefit	\$50 to \$65

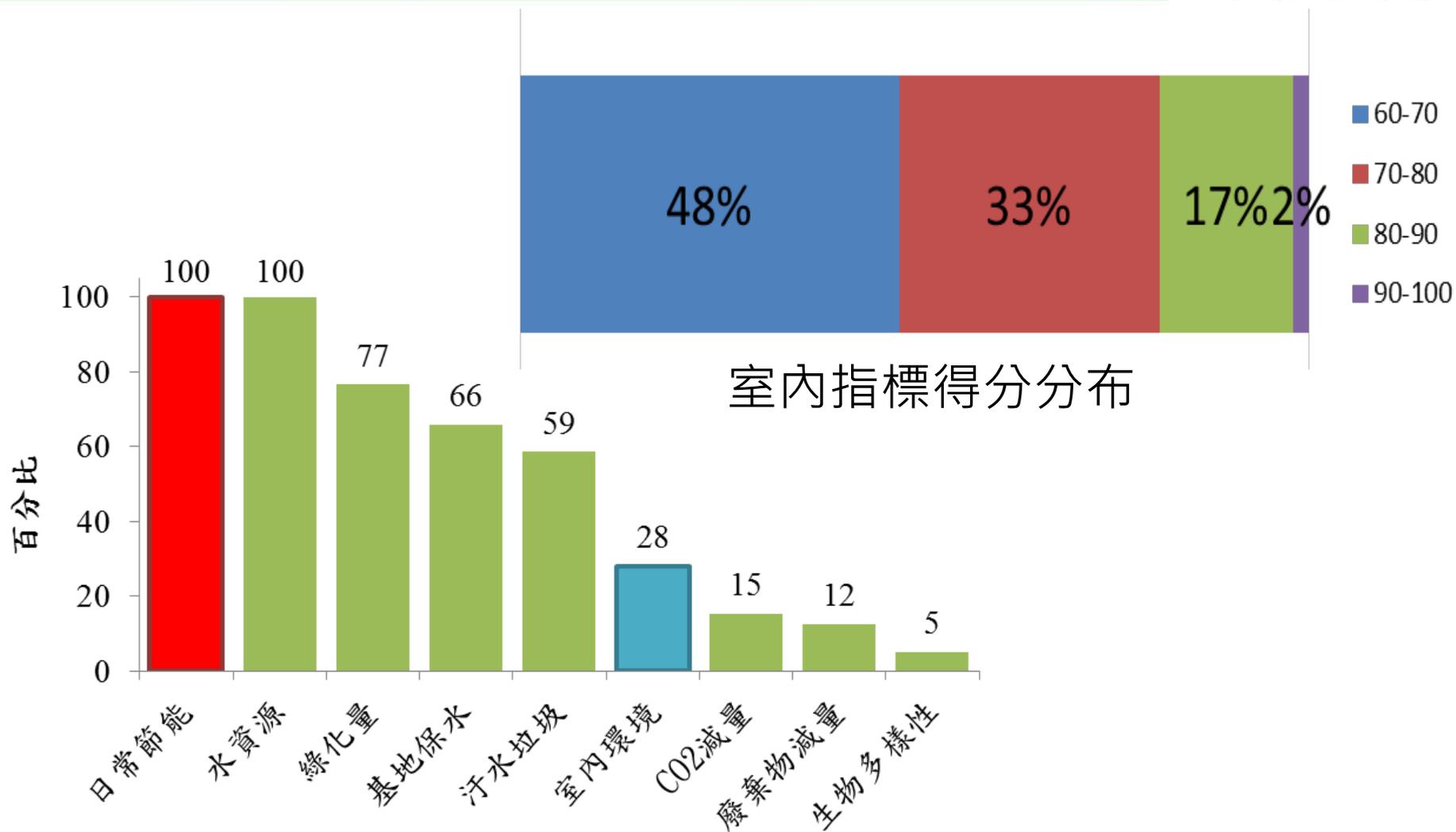
綠建築的節能與室內環境指標內容

- ❖ 台灣綠建築評估系統的九項指標中包括日常節能指標與室內環境指標，期望藉由在這二項指標的導引下，避免高耗能與病態大樓的出現。



	查核項目	得分	總分	權重
音環境	外牆隔音性能	30	100	0.2
	窗戶隔音性能	35		
	樓板隔音性能	35		
光環境	玻璃可見光透射率	20	100	0.2
	自然採光開窗面積	60		
	人工照明防眩光	20		
通風環境	可自然或機械 引入新鮮外氣	100	100	0.2
建材裝修	室內空間的裝潢	40	100	0.4
	綠建材使用率	60		

實際狀況



實際調查案例



研究方法與流程---現場實測



測量參數

直讀式VOC計

照度計

噪音計

風速計

黑球

溫溼度計

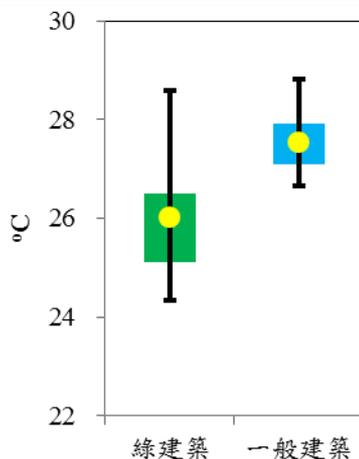
CO₂濃度計



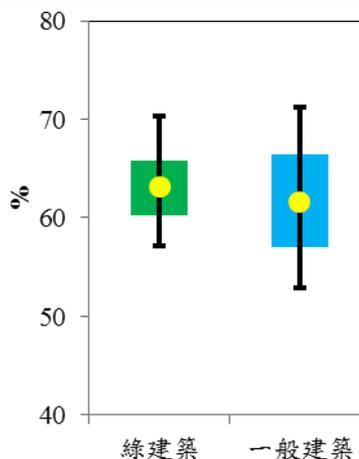
研究方法與流程---問卷調查

項目	內容
背景資料	性別、年紀、是否重視節約能源
室內環境品質滿意	音舒適、光舒適、熱舒適、空氣品質、整體舒適
不滿意原因	戶外噪音、室內噪音、窗戶隔音性能、牆或樓板隔音性能、人工照明、人工眩光、自然採光、自然眩光、太熱、太冷、太濕、太乾燥、風太強、風太弱、日照太強、臭味、空氣污濁

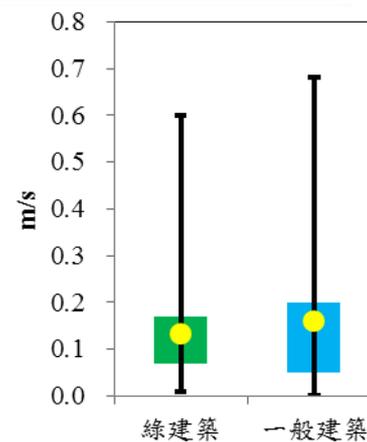
檢測期間的室內環境狀況



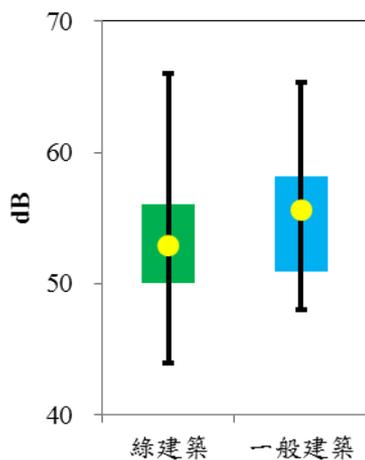
(a) 操作溫度



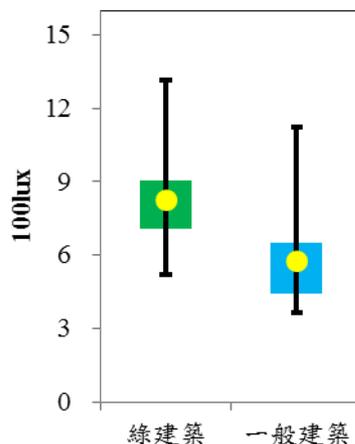
(b) 相對溼度



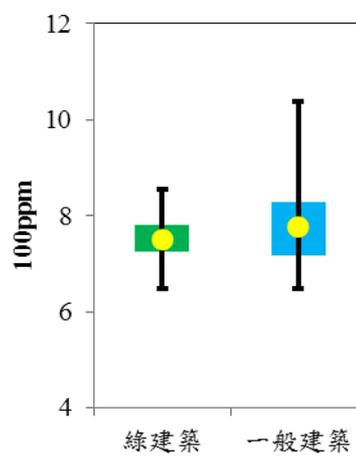
(c) 風速



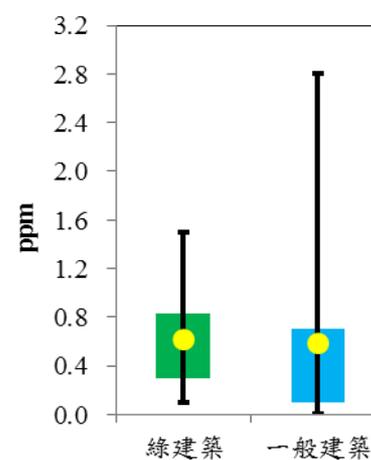
(d) 噪音



(e) 照度

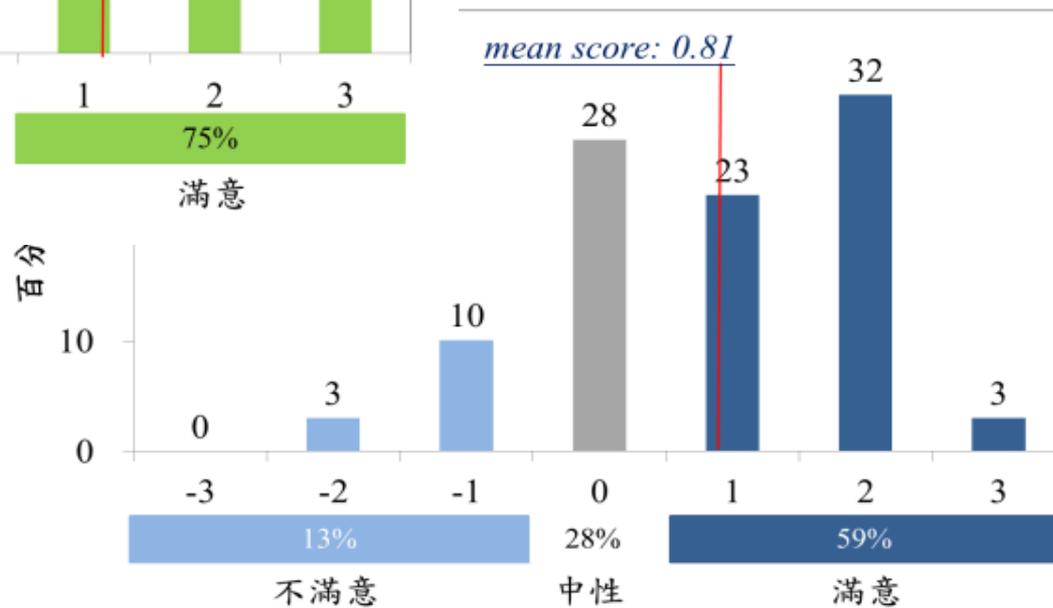
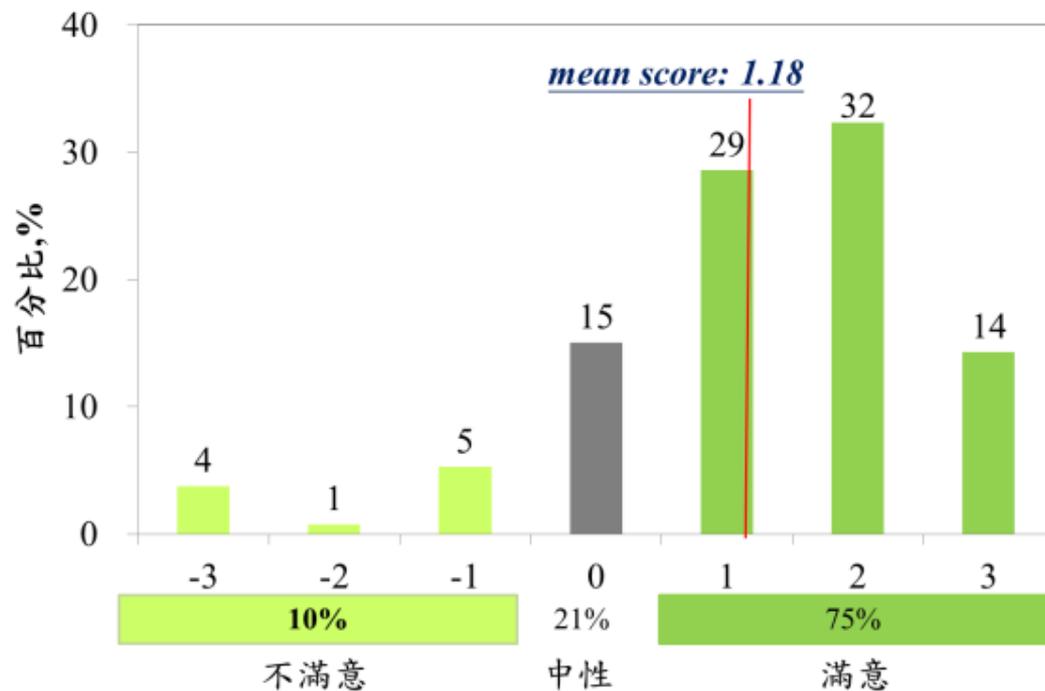


(f) CO₂濃度

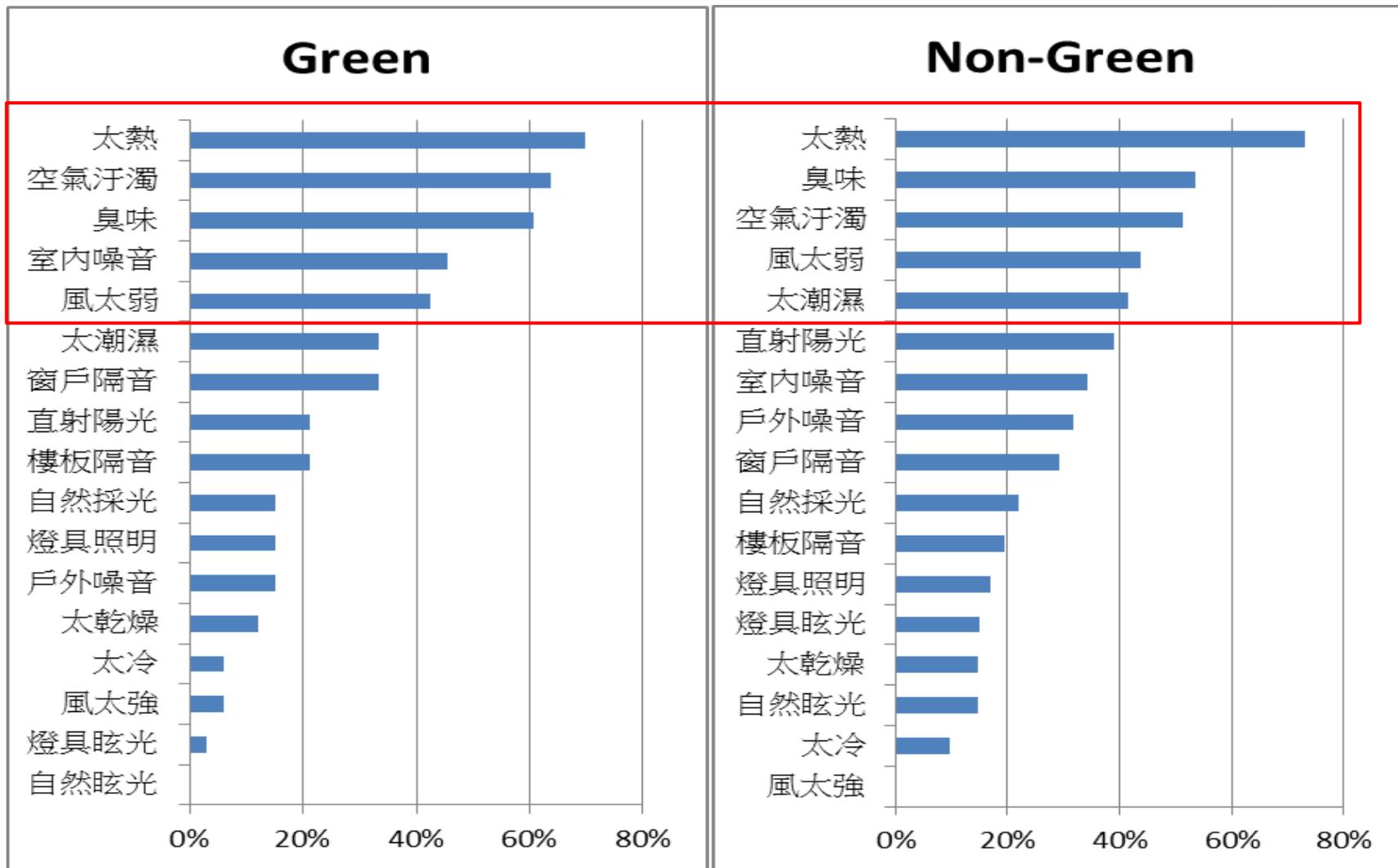


(g) TVOC濃度

滿意度回應



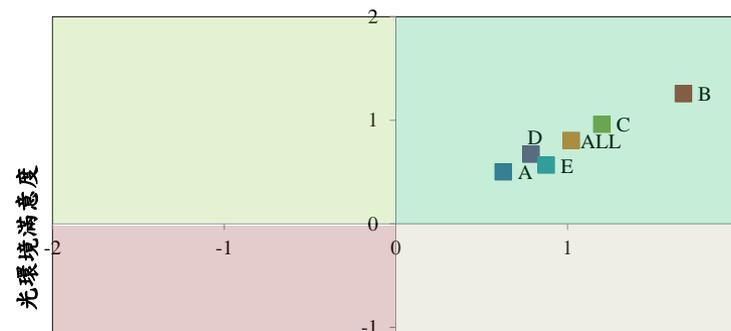
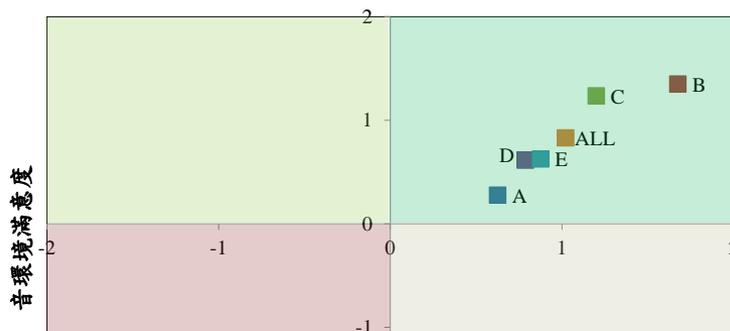
不滿原因調查



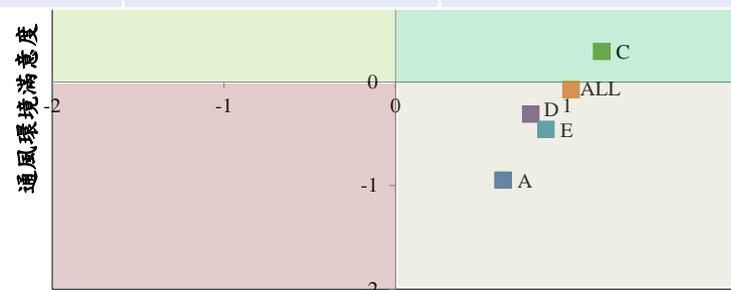
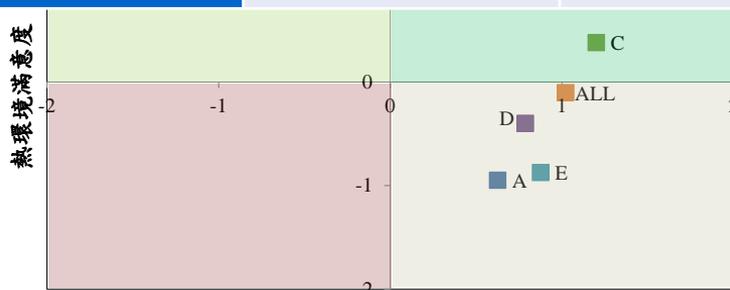
不同受訪者背景對IEQ和熱舒適的檢定

		性別		節約能源	
		女	男	不重視	重視
Overall IEQ	平均值	1.14	0.85	0.77	1.16
	p-value	0.108		0.029*	
thermal comfort	平均值	0.00	-0.24	-0.37	0.07
	p-value	0.233		0.033*	

各環境與整體環境滿意度關係



整體	聲音	空氣	照明	熱舒適
相關係數	0.642	0.588	0.445	0.555
p-value	0.000**	0.000**	0.000**	0.000**



整體環境滿意度

整體環境滿意度

Indoor Environmental Quality

❖ LEED-

❖ 2 Prerequisites, 8 Credits, 15 Points

- Meet ASHRAE 62
- Control environmental tobacco smoke (PR)
- CO₂ monitoring
- Ventilation effectiveness (ASHRAE 129)
- Construction IAQ Management Plan
- Low-emitting materials
- Indoor pollutant source control
- Controllability of systems
- **Thermal comfort** (ASHRAE 55)
- Daylight & views

❖ 綠建築標章

- 以音環境、光環境、通風換氣與室內建材裝修等四部份為主要評估對象。
- (獨缺熱舒適)

熱舒適的意義

- ❖ 熱舒適定義為人對熱環境滿意程度的一種心理狀態。由於熱感覺因人而異，即使相同的熱環境條件下，也不可能使每個人都感到滿意。因此，該標準將熱舒適範圍明確定為讓80%以上居住者感到滿意時的熱環境狀態。
- ❖ 分析人體熱舒適的模式
 - ❖ 熱平衡模式—適用空調環境
 - ❖ 熱適應模式—適用自然通風環境

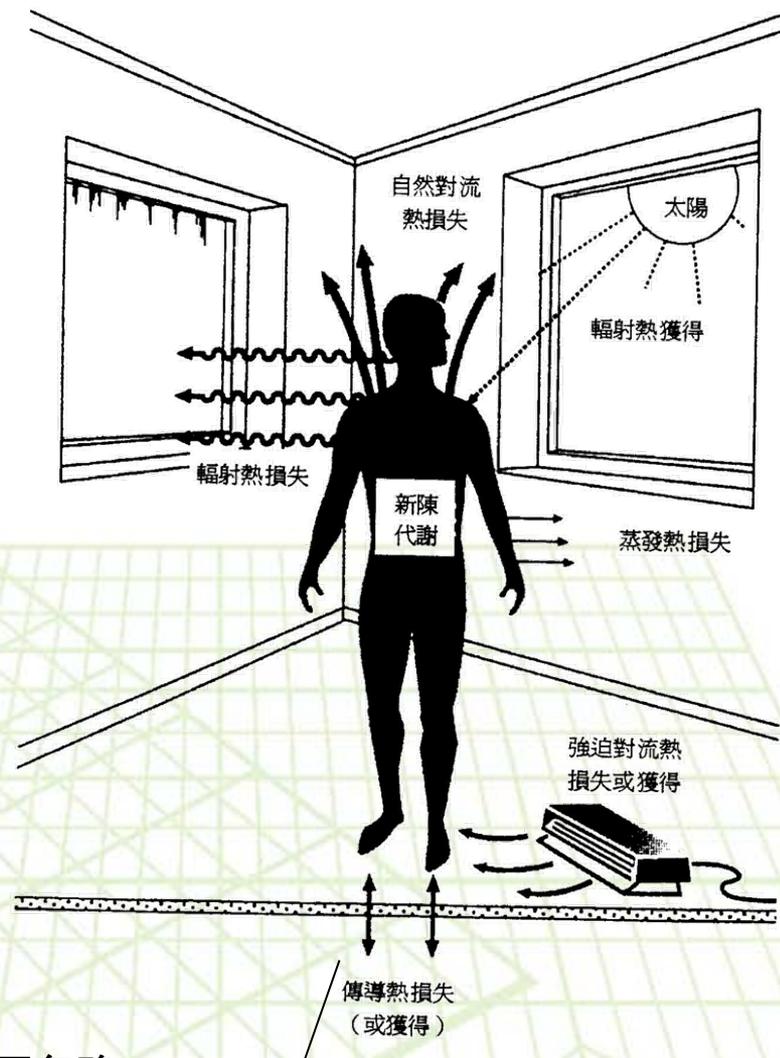
熱平衡模式--人體與環境的熱交換

❖ 主要型式

- 對流熱交換(顯熱,15%)
 - 自然對流—藉自然力
 - 強制對流—藉機械力
- 輻射熱交換(顯熱,60%)
- 蒸發熱交換(潛熱,22%)

❖ 次要型式

- 傳導熱交換(顯熱,3%)

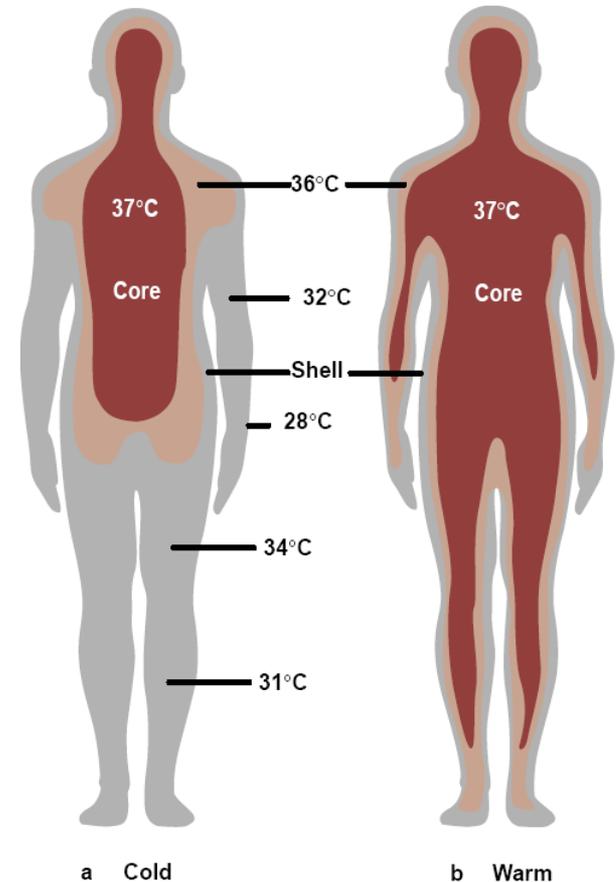


通常因熱交換面積小而忽略

穩態模式--人體的熱平衡

$$\Delta H = M \pm R \pm C - E$$

- ΔH =人體體內蓄熱變化
- M =人體新陳代謝熱
- R =由周圍輻射所接受或散失之熱
- C =依對流所接受或散失之熱
- E =由蒸發所散失之熱



$DH < 0$

熱量散失,
體溫降低

$DH > 0$

熱量累積,
體溫降低

人體的熱平衡與影響參數

❖ 途徑一：對流熱交換

- 從皮膚到環境間的參數
- 人體發熱(顯熱)速率，空氣溫度，衣服隔熱值，空氣速度

❖ 途徑二：輻射熱交換

- 皮膚到環境間的參數
- 皮膚溫度，周圍表面的溫度

❖ 途徑三：蒸發熱交換

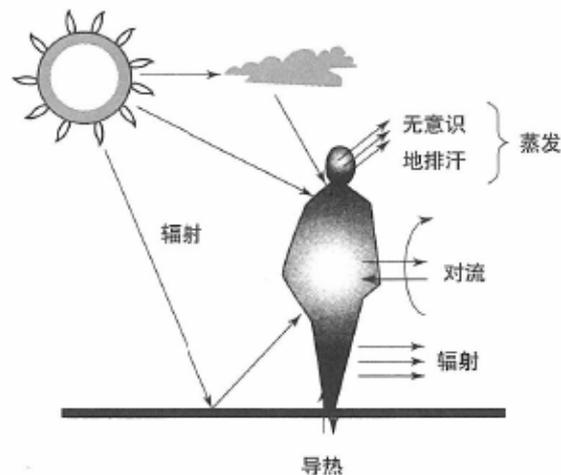
- 人體流汗(潛熱)速率，空氣濕度

❖ 人體參數

- 新陳代謝率
- 衣著量

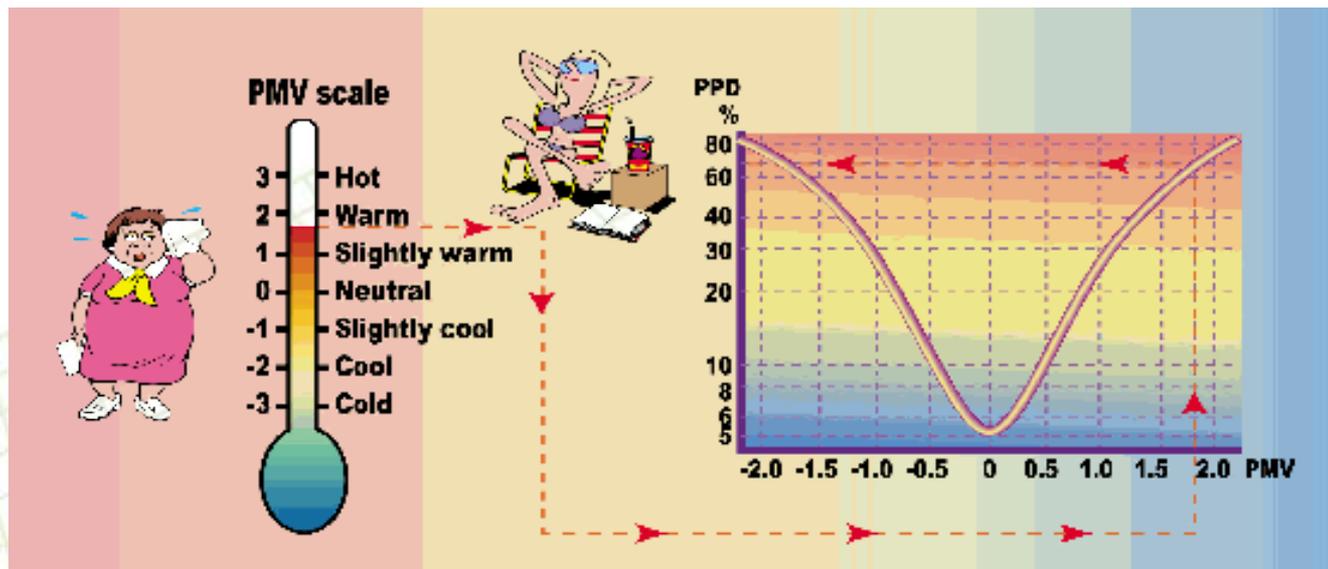
❖ 環境參數

- 空氣溫度
- 空氣溼度
- 周壁平均輻射溫度
- 風速



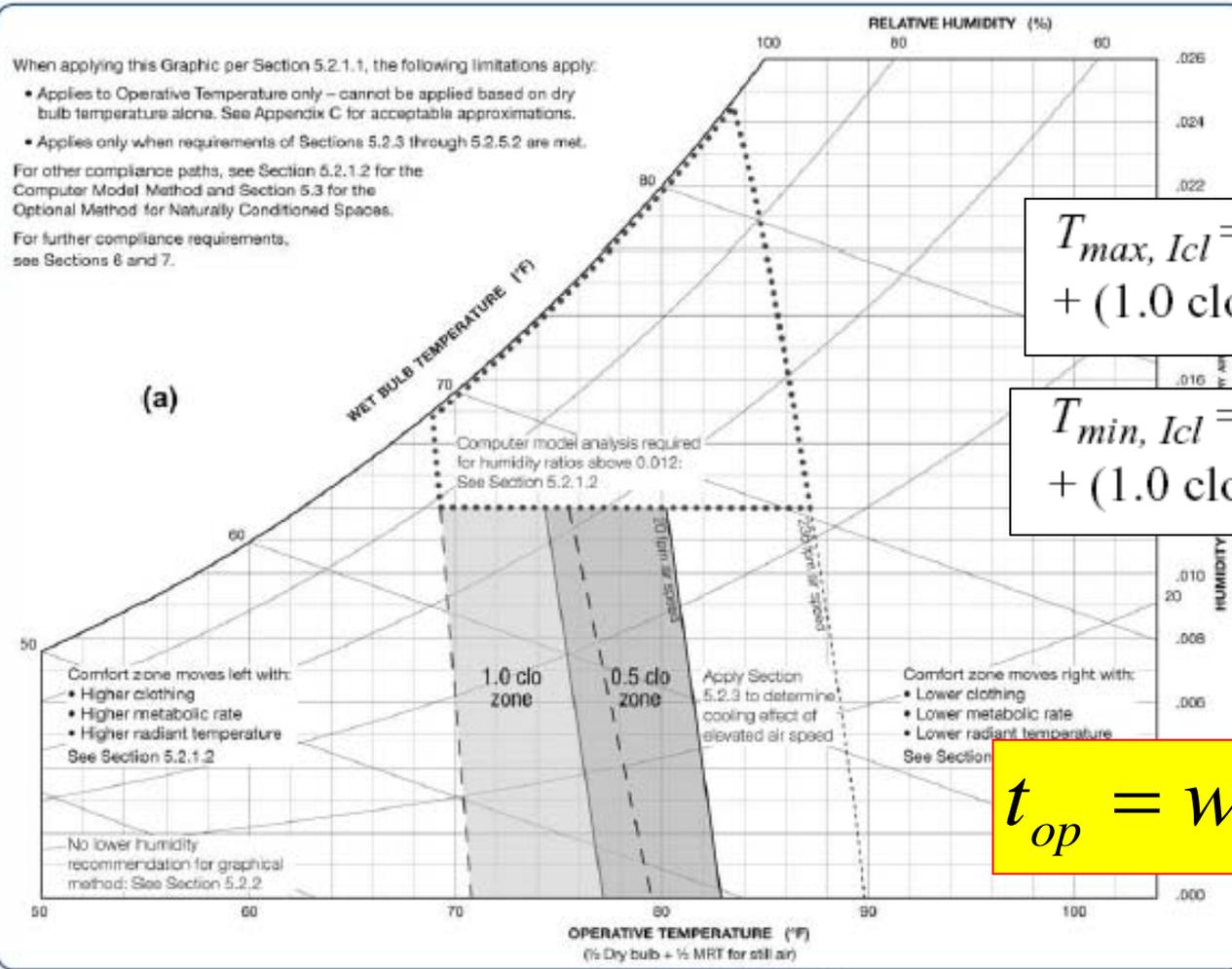
國際熱舒適標準ISO 7730

- ❖ ISO體系: ISO 7730: Comfort evaluation in moderate environments (PMV-PPD)
- ❖ $PMV=f(met, clo, Ta, Tmrt, v, RH)$



PPD	PMV Range
< 10	-0.5 < PMV < + 0.5

國際熱舒適標準ASHRAE standard 55



$$T_{max, I_{cl}} = [(I_{cl} - 0.5 \text{ clo}) T_{max, 1.0 \text{ clo}} + (1.0 \text{ clo} - I_{cl}) T_{max, 0.5 \text{ clo}}] / 0.5 \text{ clo}$$

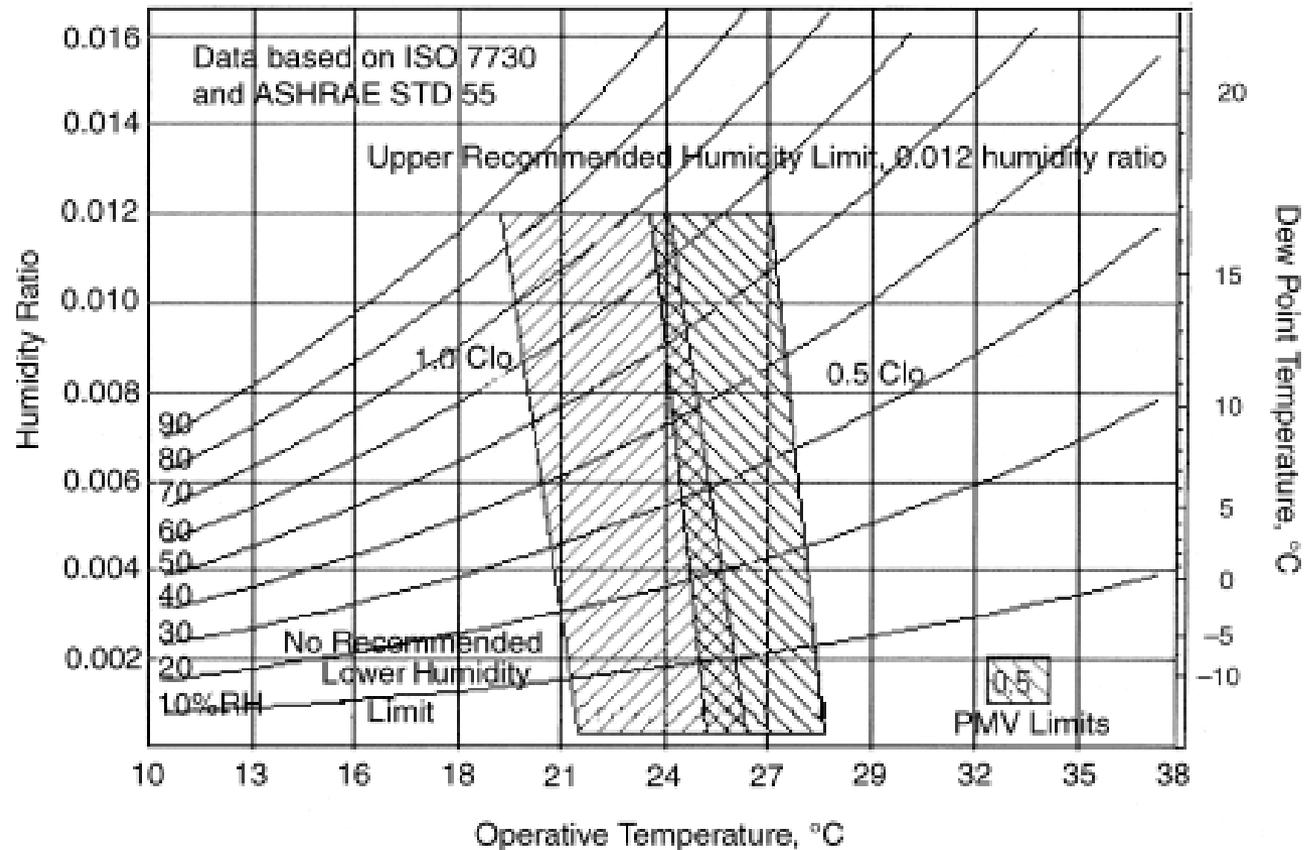
$$T_{min, I_{cl}} = [(I_{cl} - 0.5 \text{ clo}) T_{min, 1.0 \text{ clo}} + (1.0 \text{ clo} - I_{cl}) T_{min, 0.5 \text{ clo}}] / 0.5 \text{ clo}$$

$$t_{op} = w \times t_a + (1 - w) \times t_r$$

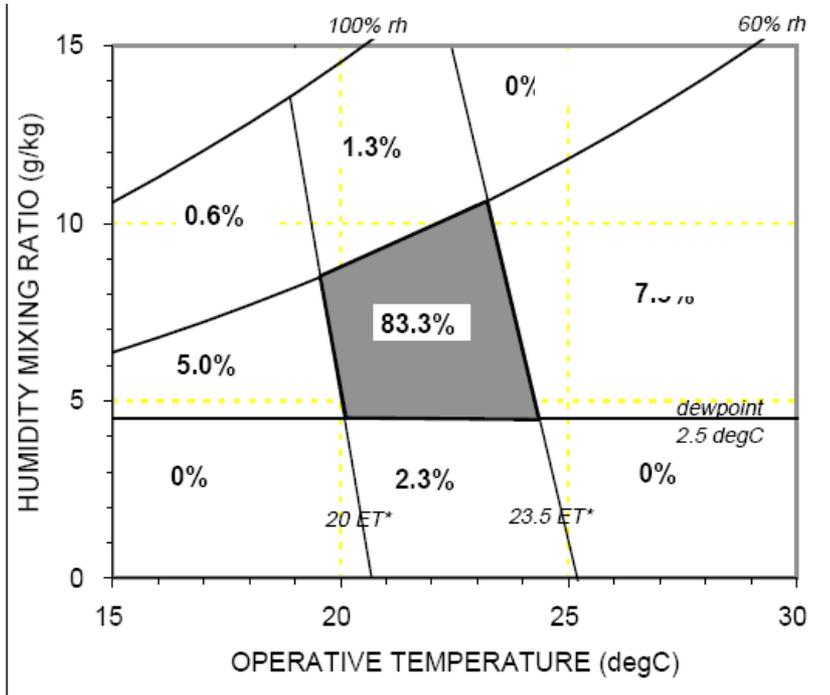
Figure 2: The new Graphic Comfort Zone Method, Figure 5.2.1.1 in Standard 55-2010 (IP version shown).

2010年版

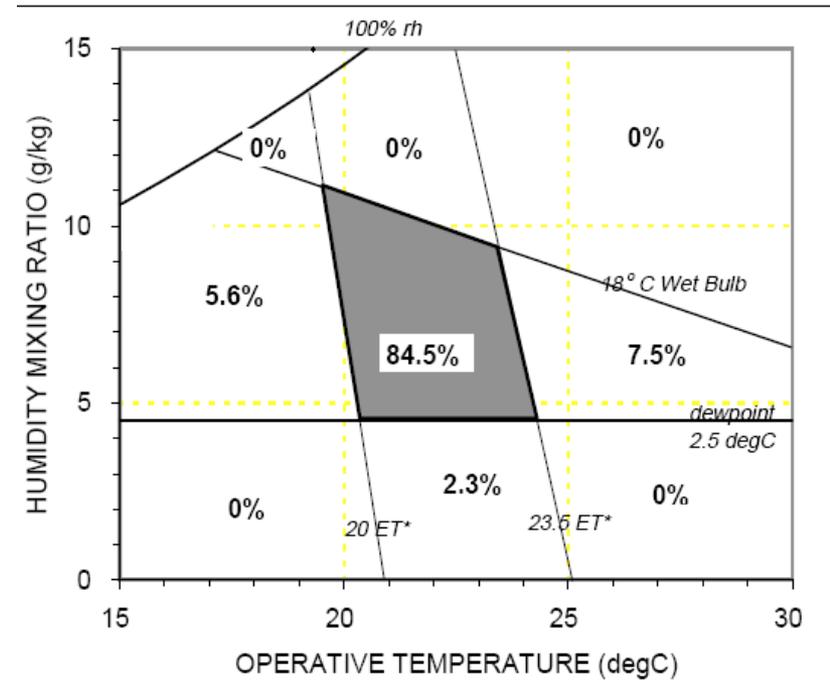
ASHRAE 55 (2004版)



ASHRAE 55 (更舊版)



1992版

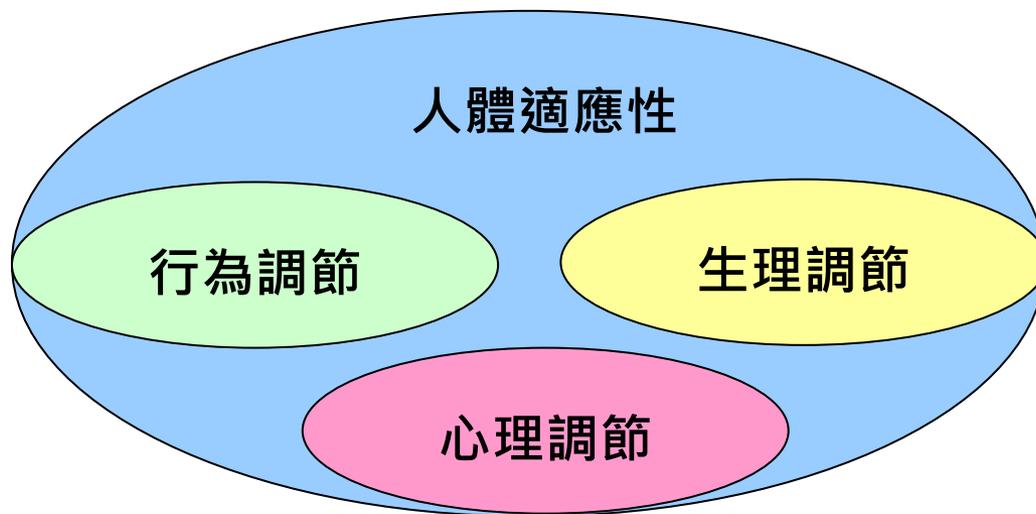


1995版

熱適應模式

熱適應模型是從人們日常生活中的現場實測發展而來的。所以與平常的生活和工作條件有更直接的關聯性。人們各自的生活環境和經歷都會影響他們各自的熱期望。

熱適應是一種行為模式，它發現人們在日常生活中並不是被動的接受他們的環境，而是傾向透過行為調節，心理調節和生理調節，好讓他們自己舒適。



熱適應的產生機制

早期的
熱平衡模式

無適用於全球的單一熱舒適範圍

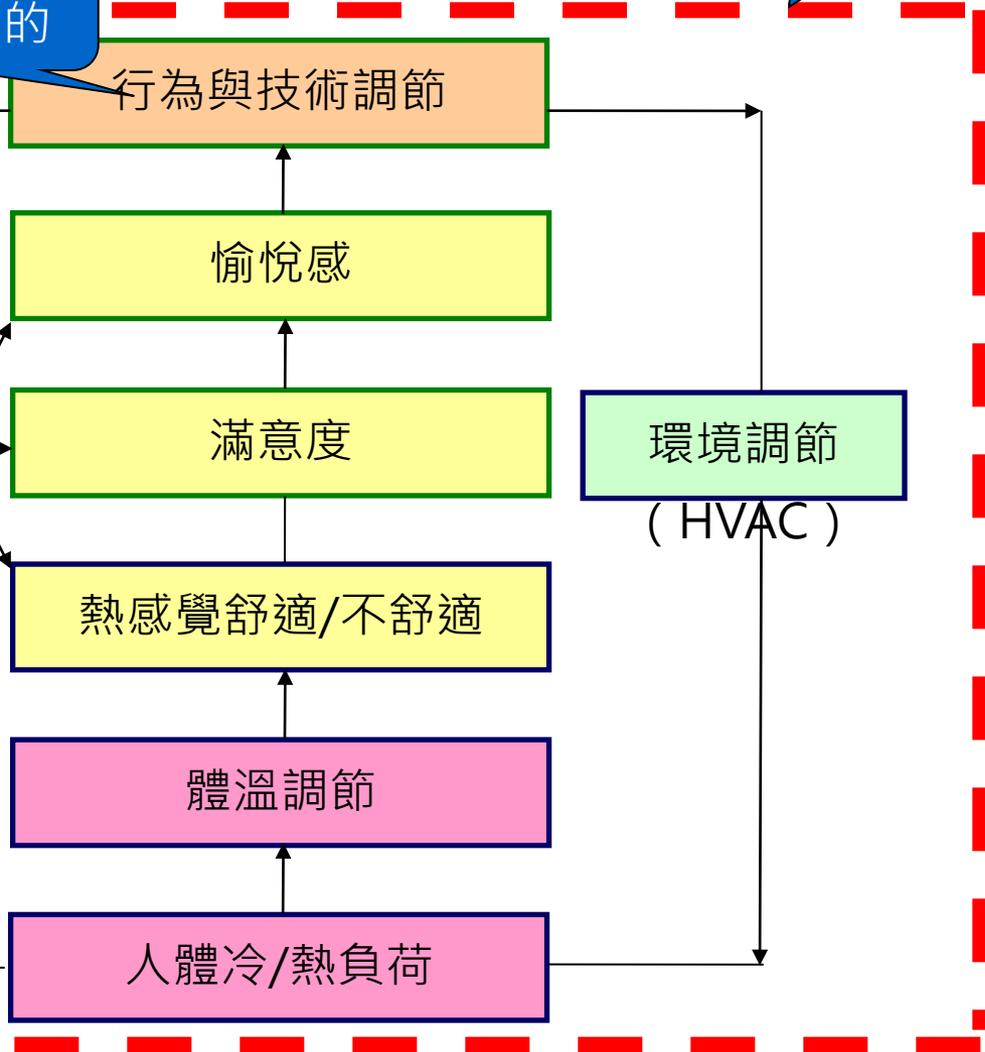
人是主動的
不是被動的

氣候條件、文化背景、
社會經濟等情況

熱期望值

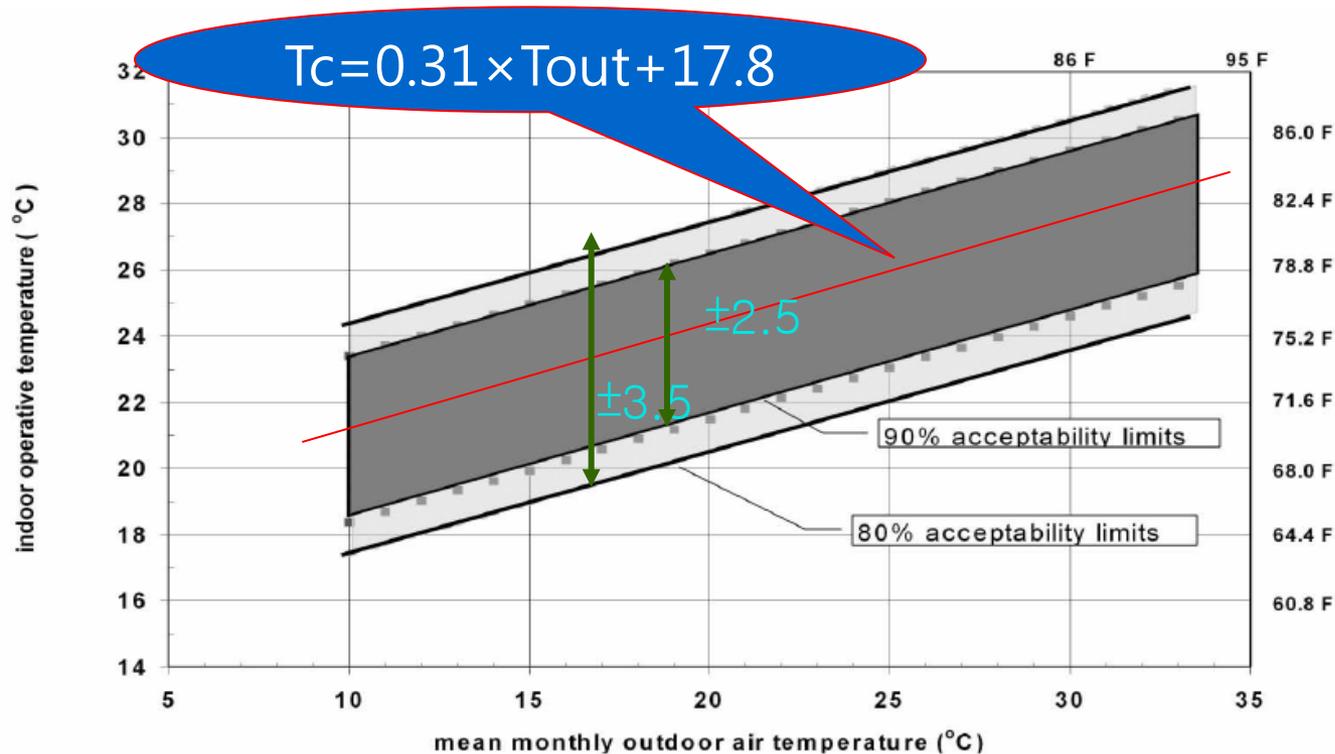
過去經歷的熱環境

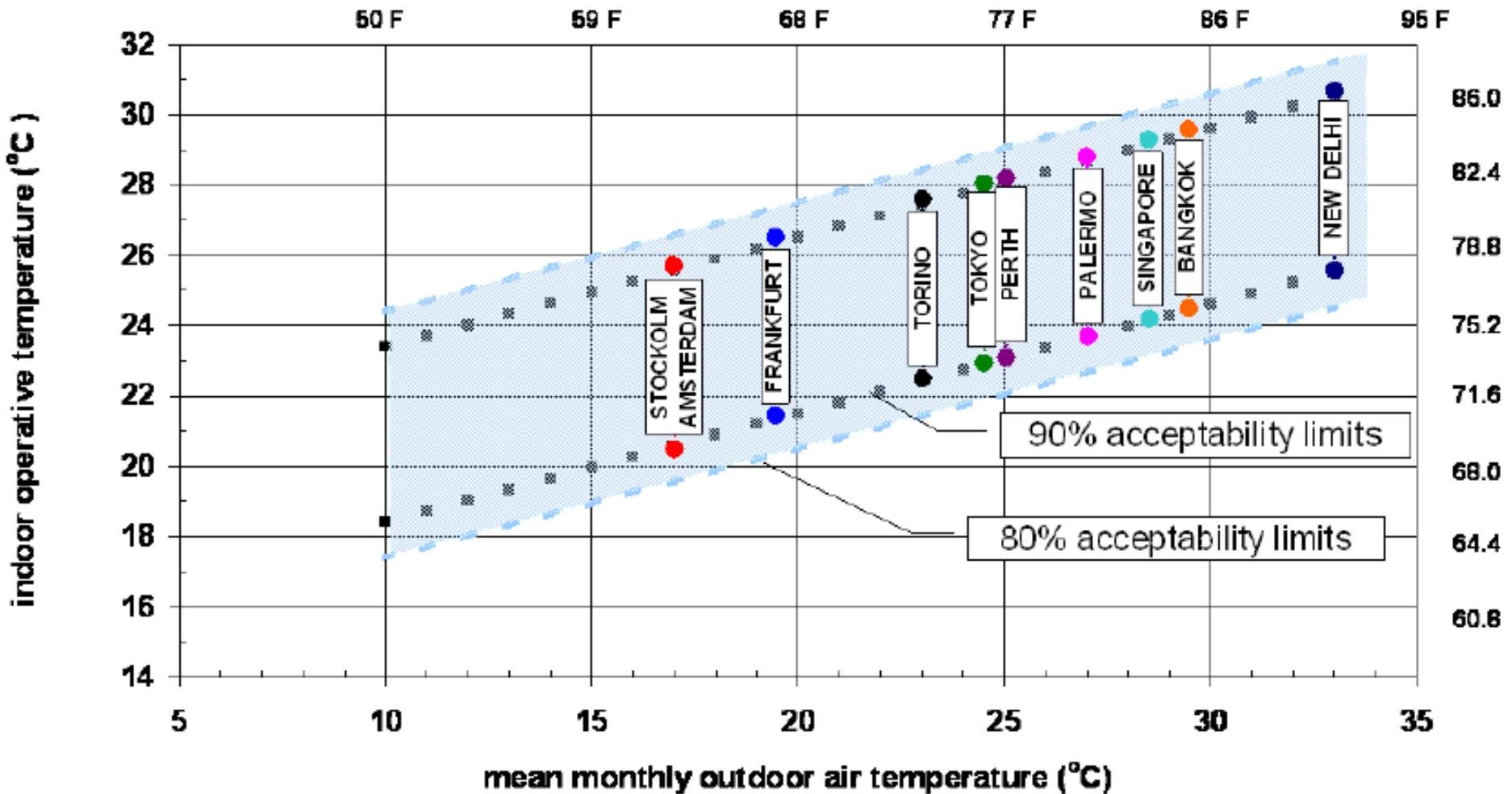
空調與通風房間
有不同的要求



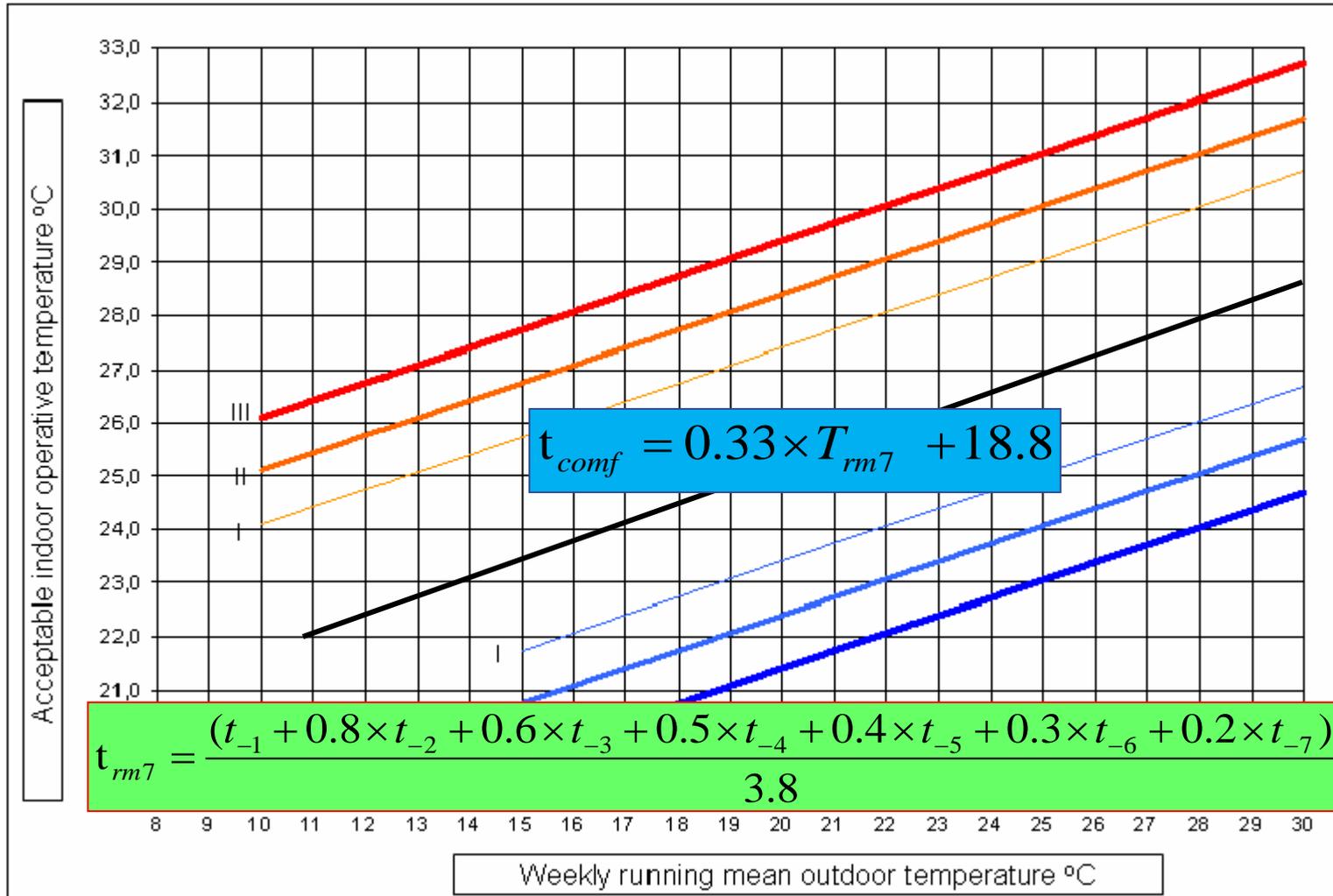
ASHRAE Standard 55 (新版)

(B)自然通風環境





歐洲-EN15251



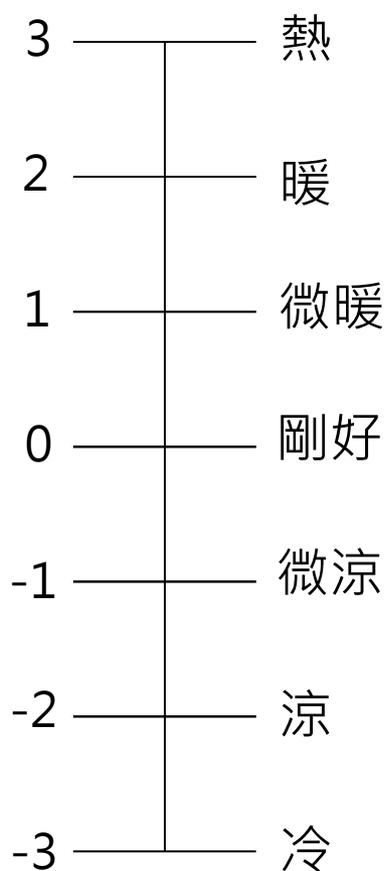
辦公室和住家的熱舒適調查

針對北、中、南1500人次進行實測問卷
場所：有空調的辦公室和住家

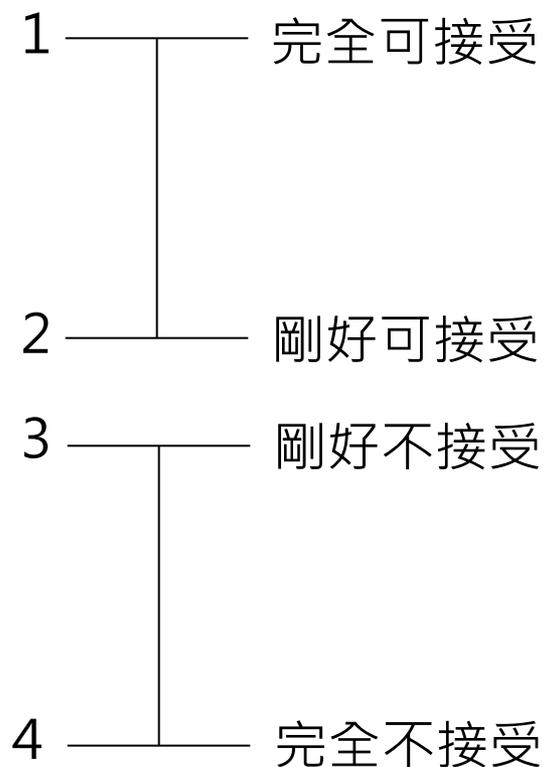
現場環境測量



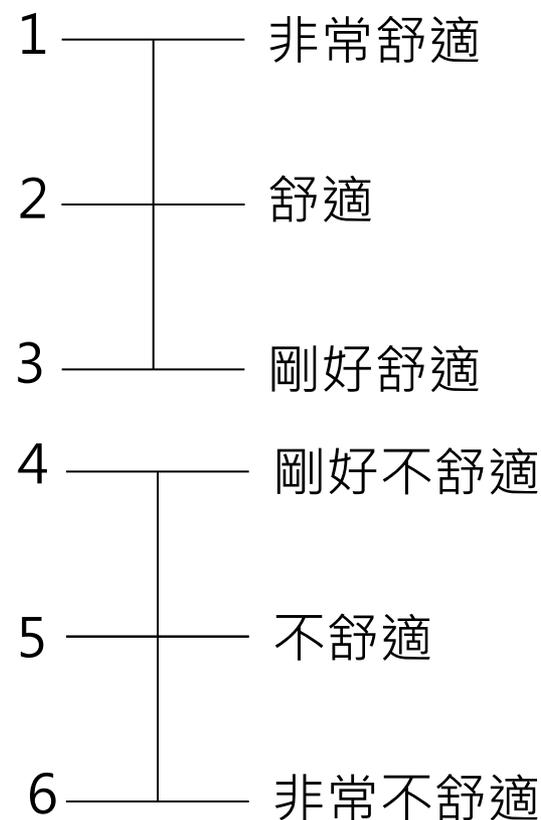
問卷調查—三種舒適指標



熱感受度



熱接受度

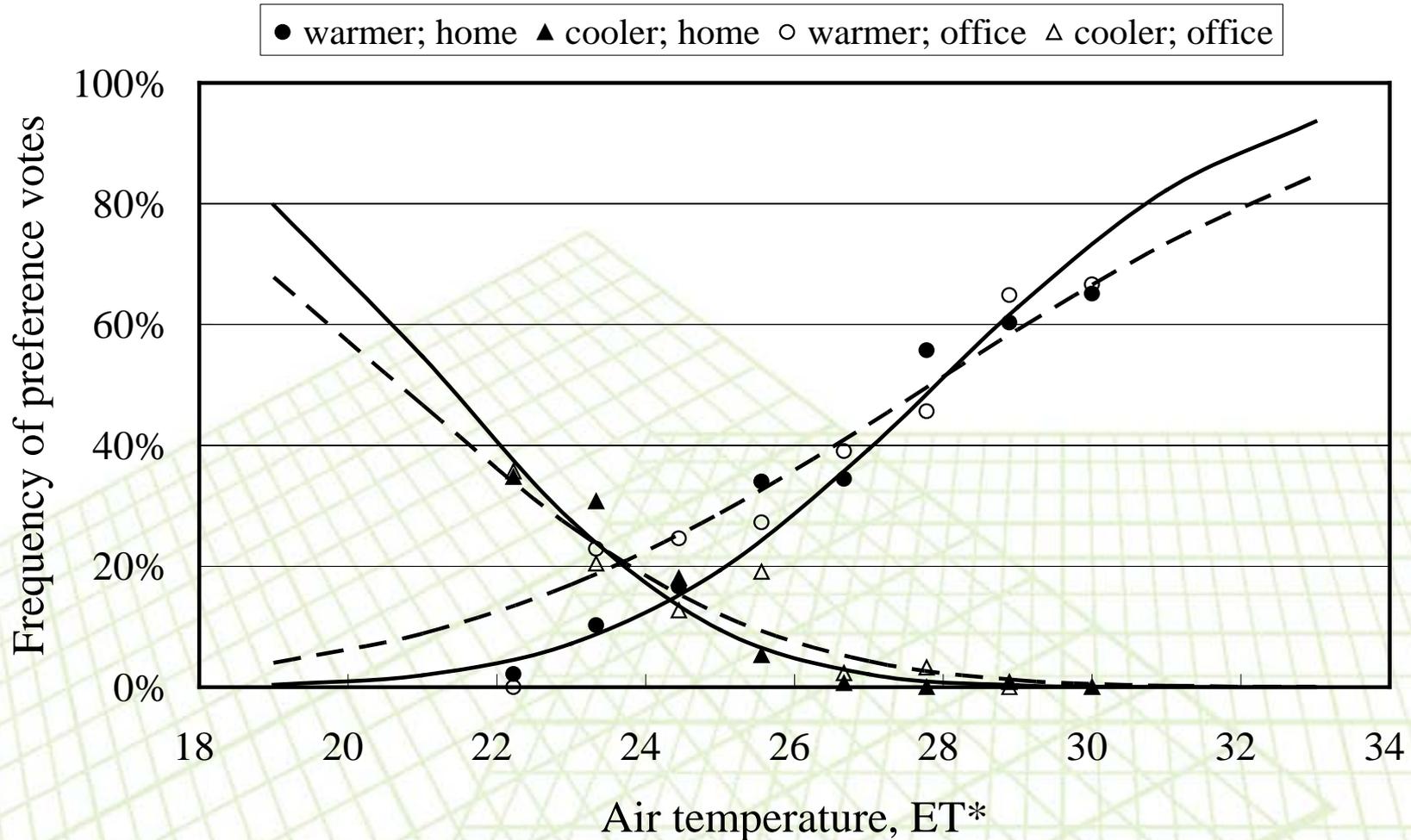


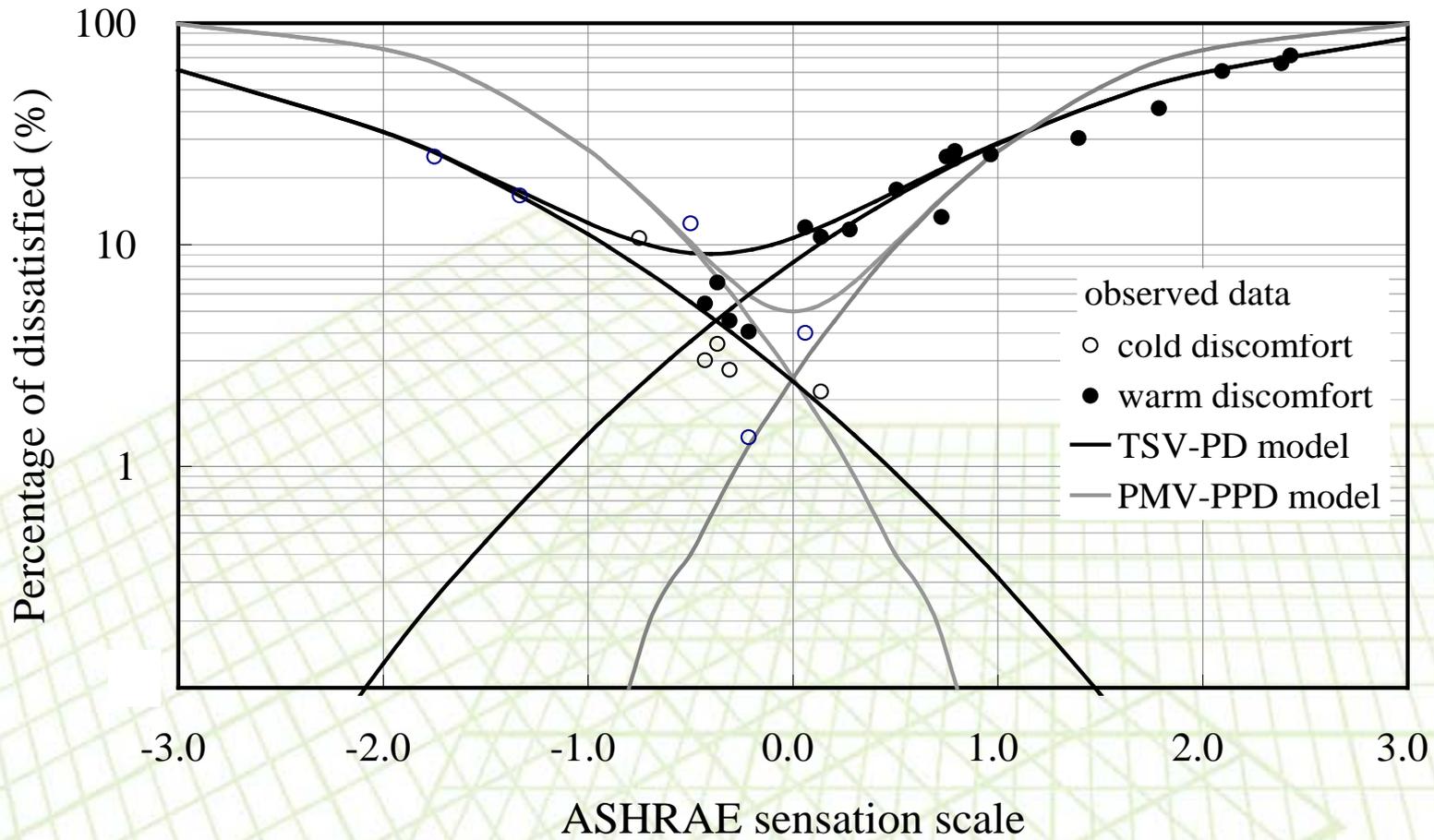
熱舒適度

參考ISO 7730確定的中性溫度(TSV=0) 和舒適區(-0.85 < TSV < 0.85)

	Fitted line	Tn	Limits for 80% acceptability	
			TS	ET*
Residences	TSV=0.257 ET* - 6.676 R ² =0.982	26.1	-0.85~+0.85	22.7~29.2
Workplaces	TSV=0.256ET*-6.614 R ² =0.907	25.8	-0.85~+0.85	22.5~29.2
All	TSV= 0.255ET*- 6.611 R ² = 0.972	25.9	-0.85~+0.85	22.6-29.2
Fanger's data	TSV=0.304ET*-7.773	25.5	-0.85~+0.85	22.7~28.3

喜好溫度

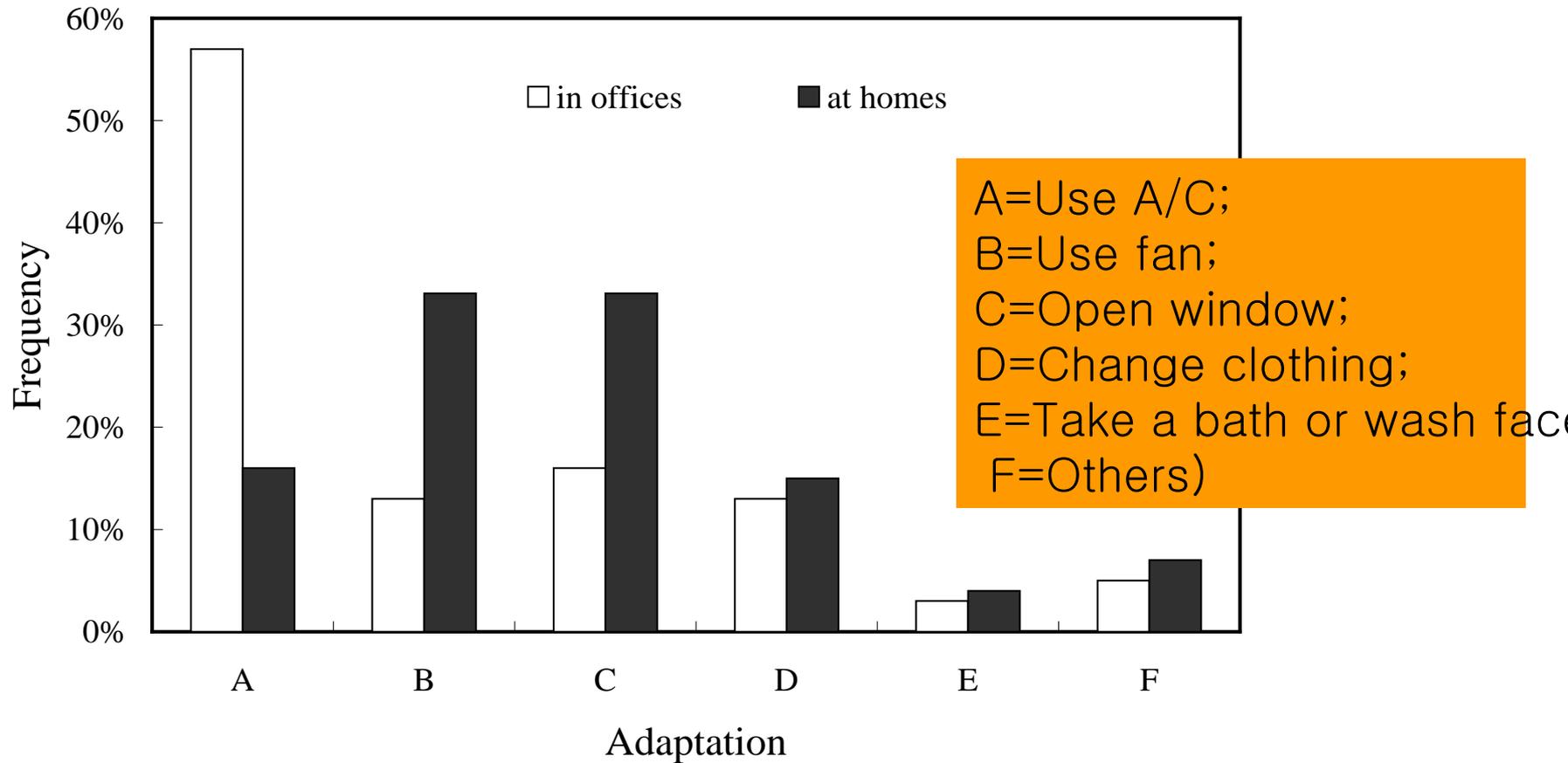




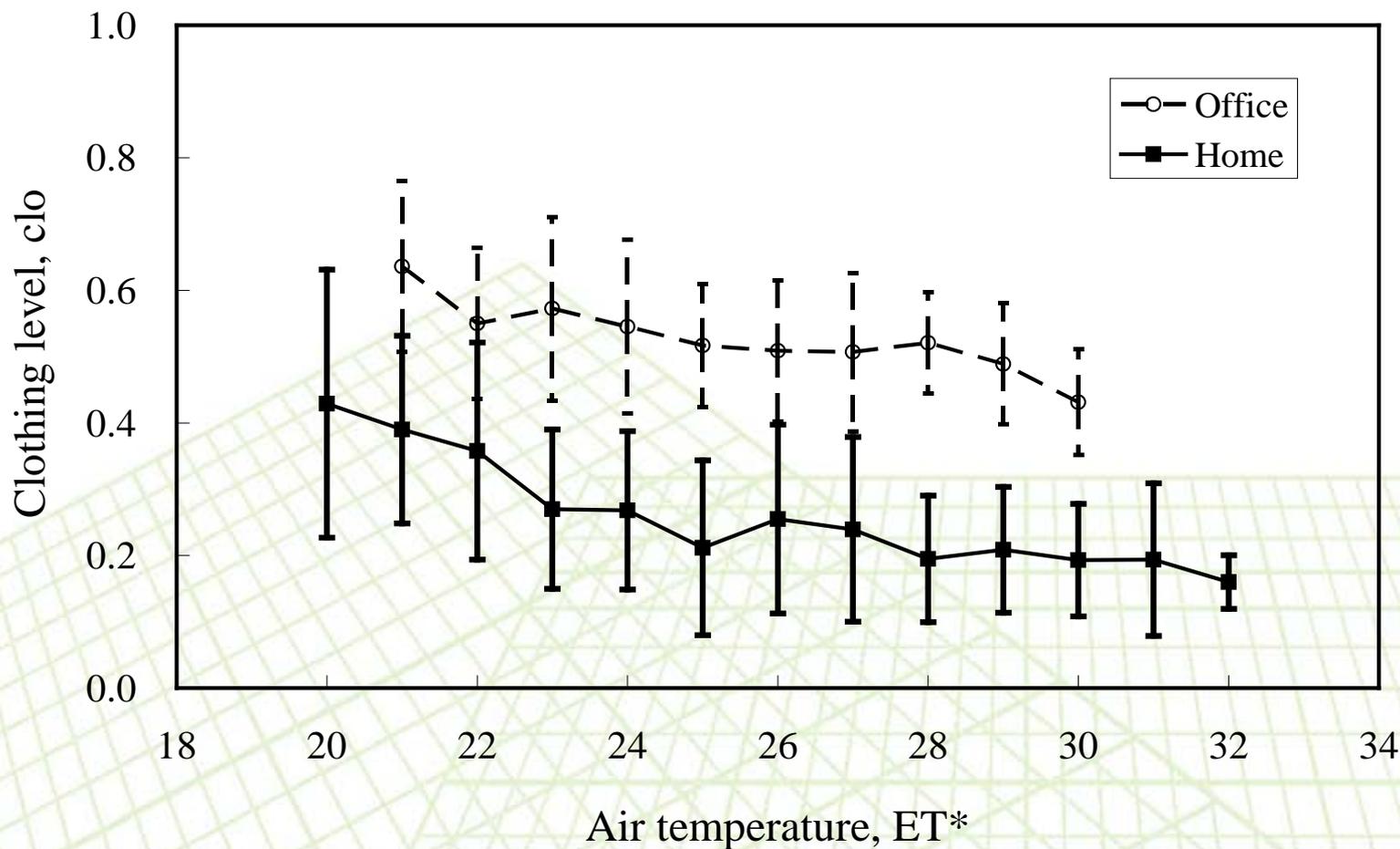
適合台灣地區的熱舒適範圍

	Optimum Conditions		Limits for 80% acceptability	
	TSV	ET*	TSV	ET*
Observed	-0.45	24.0	-1.45~+0.65	20.4~28.4
Fanger	0.0	25.5	-0.85~+0.85	22.7~28.3

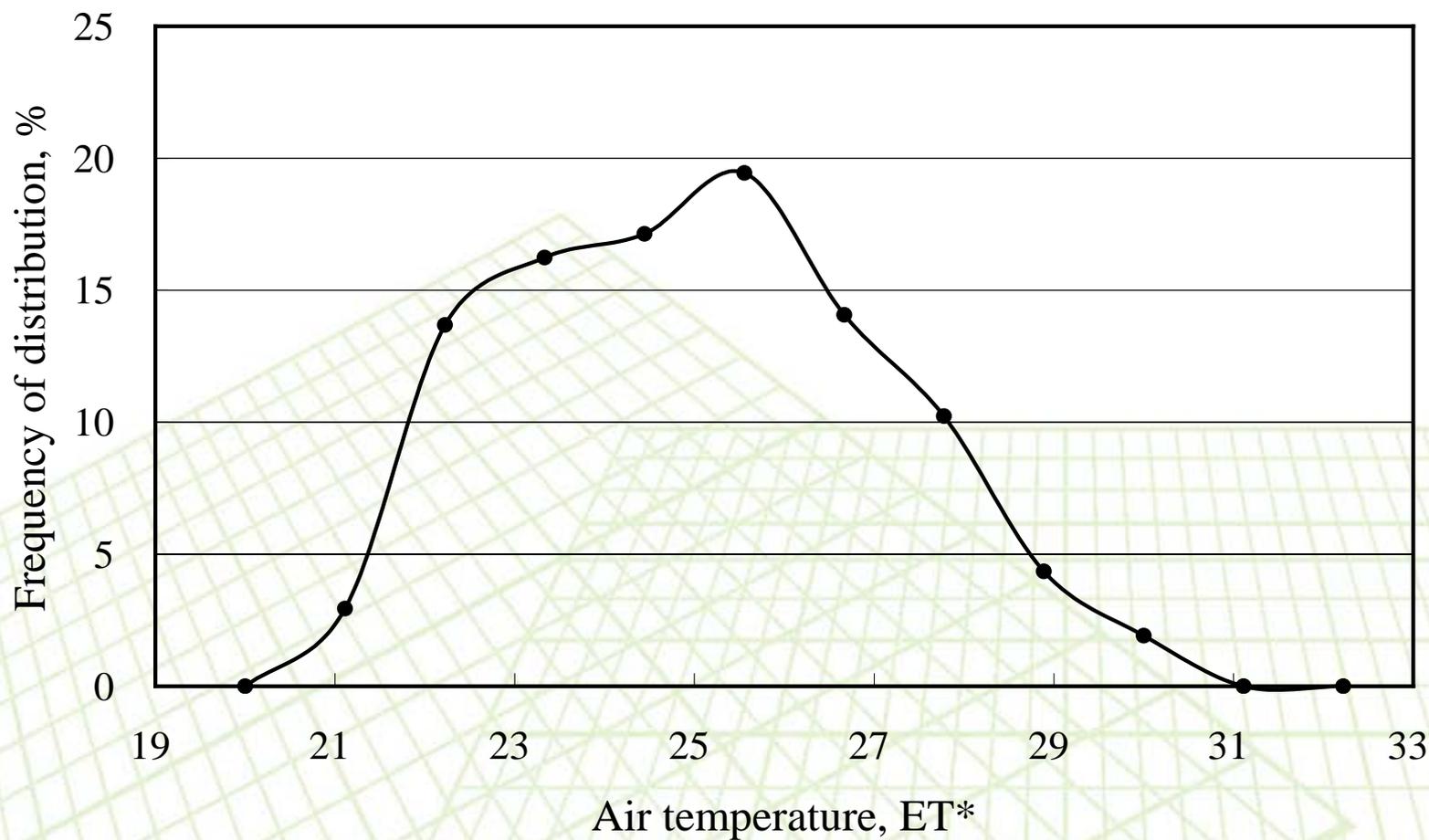
調適行為

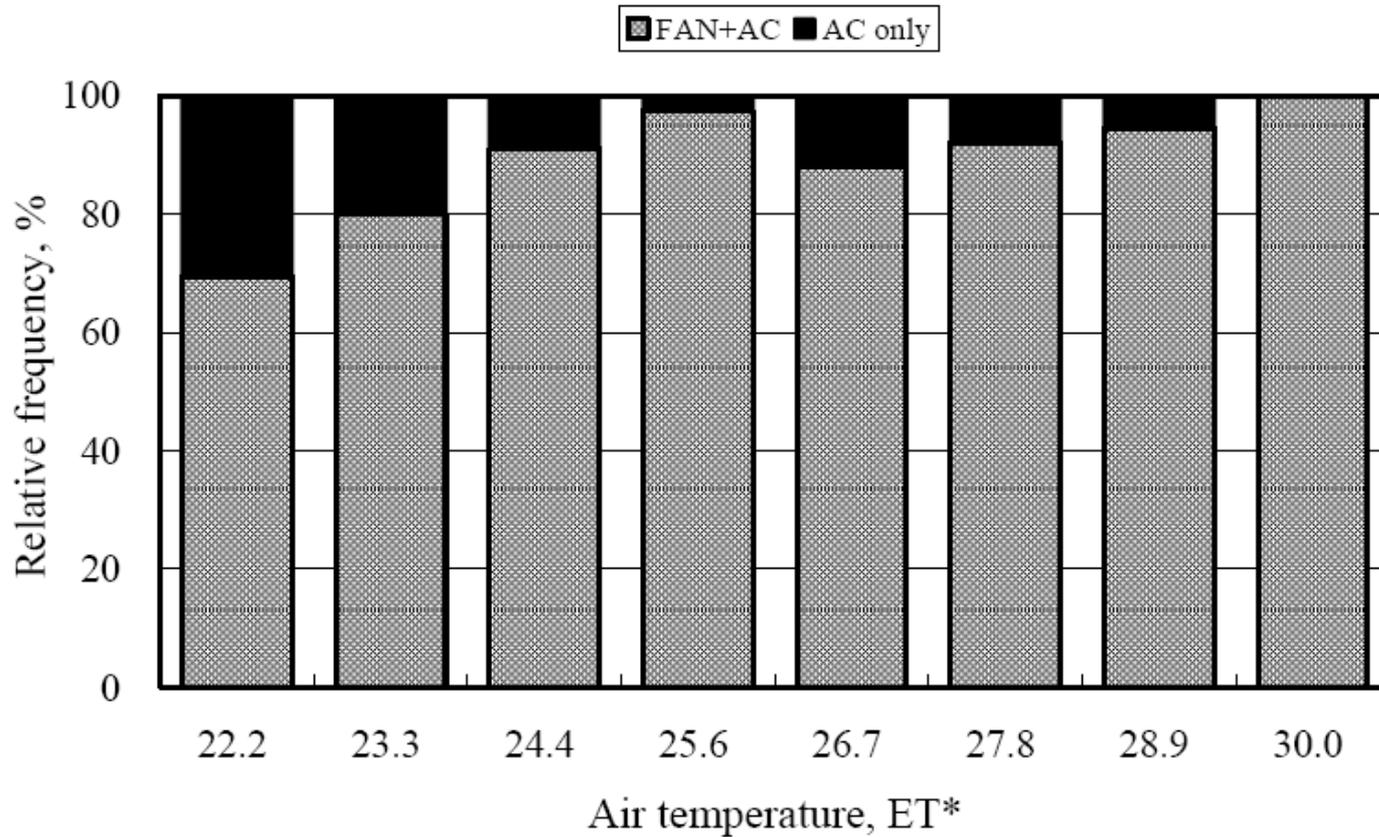


辦公室和住家室內溫度與 衣著量調整的關係



使用冷氣時實測得到的室溫分佈





以同時裝設電風扇和冷氣機的場所為樣本
 統計不同室內溫度下電風扇和冷氣的使用頻率

氣候適應與經濟背景造成的影響

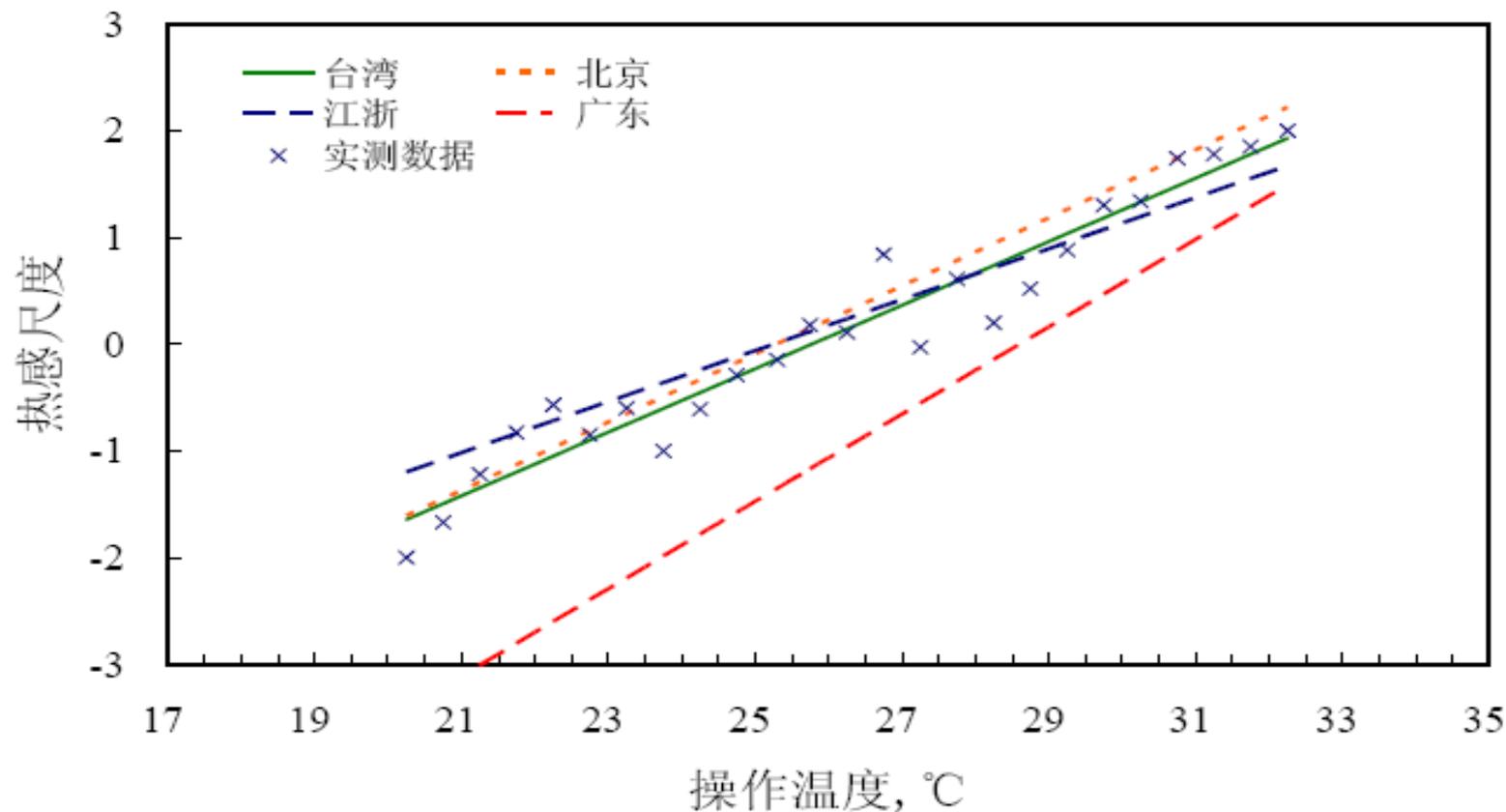


图 10 热敏感、中性温度的调查结果及与其它现场研究比较

Fig. 10 Comparison other field study of thermal sensation and neutral temperature

從熱舒適觀點 評價自然通風校舍熱性能



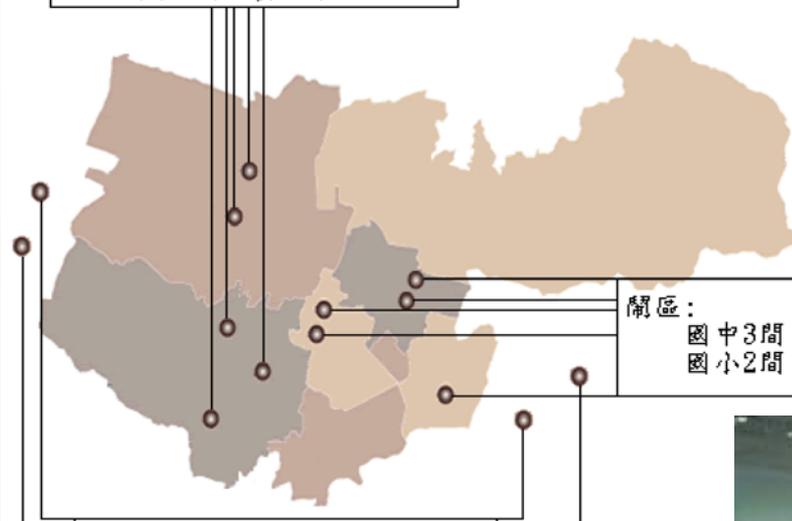
中小學生熱舒適標準的建立
自然通風校舍的熱性能與熱環境
複合通風冷氣管理方式

中小學生熱舒適標準的建立

--調查對象



郊區：
國中3間，實驗班次30次。
國小2間，實驗班次24次。

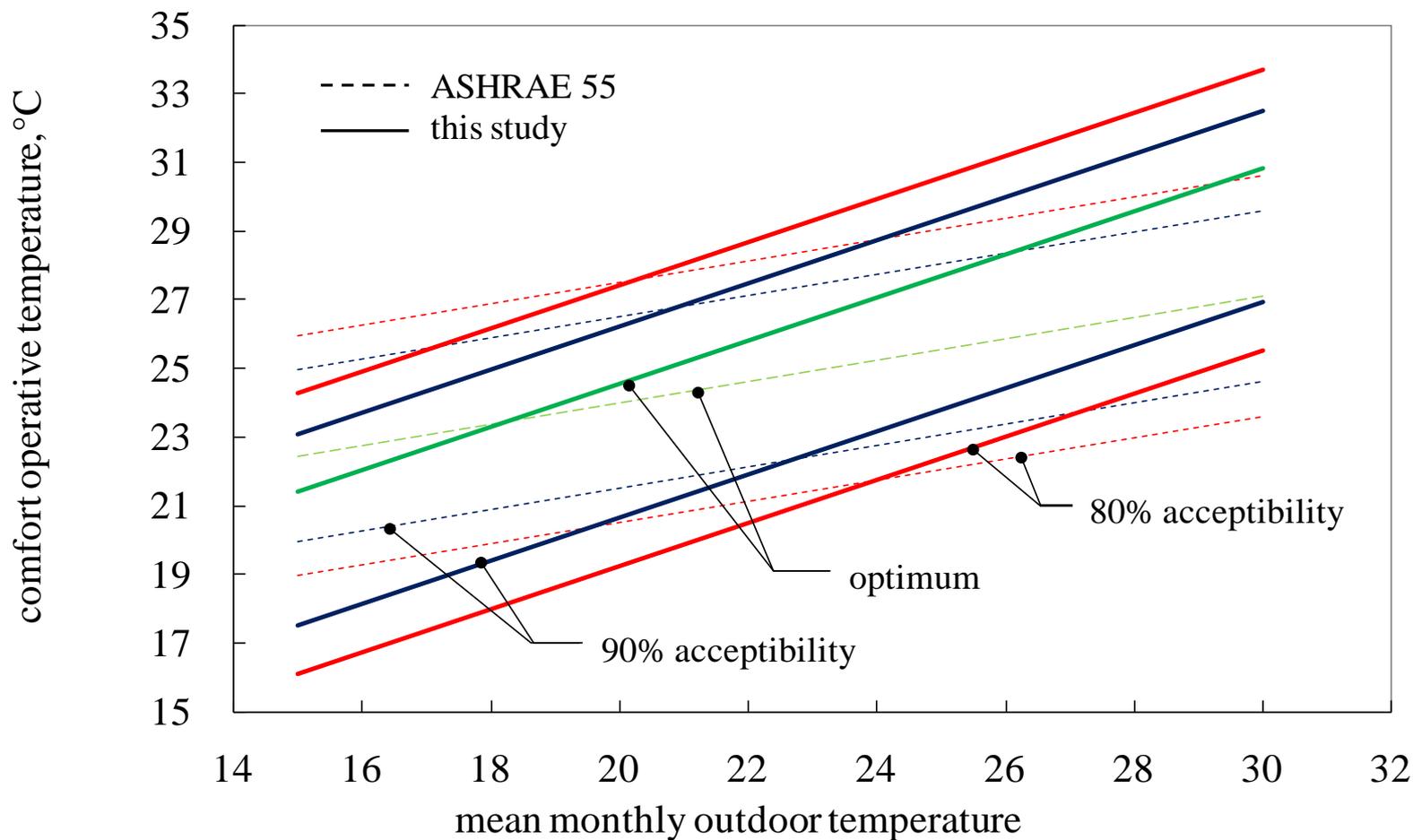


鬧區：
國中3間，實驗班次24次。
國小2間，實驗班次10次。

郊外：
國中2間，實驗班次8次。
國小2間，實驗班次17次。



青少年 vs. 成年人(ASHRAE 55)



自然通風校舍的熱舒適度評估

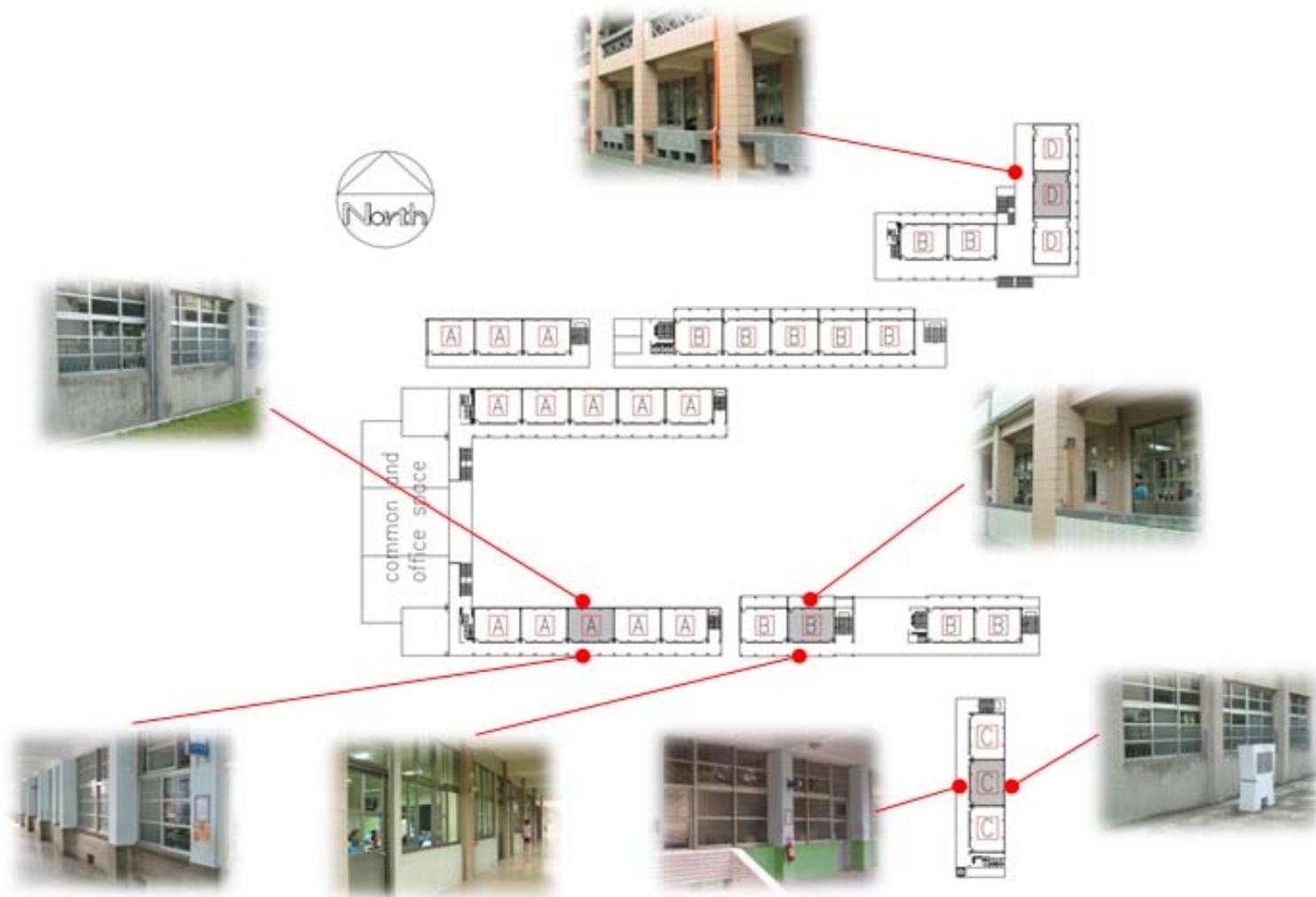


Table 1 Description of monitored classrooms

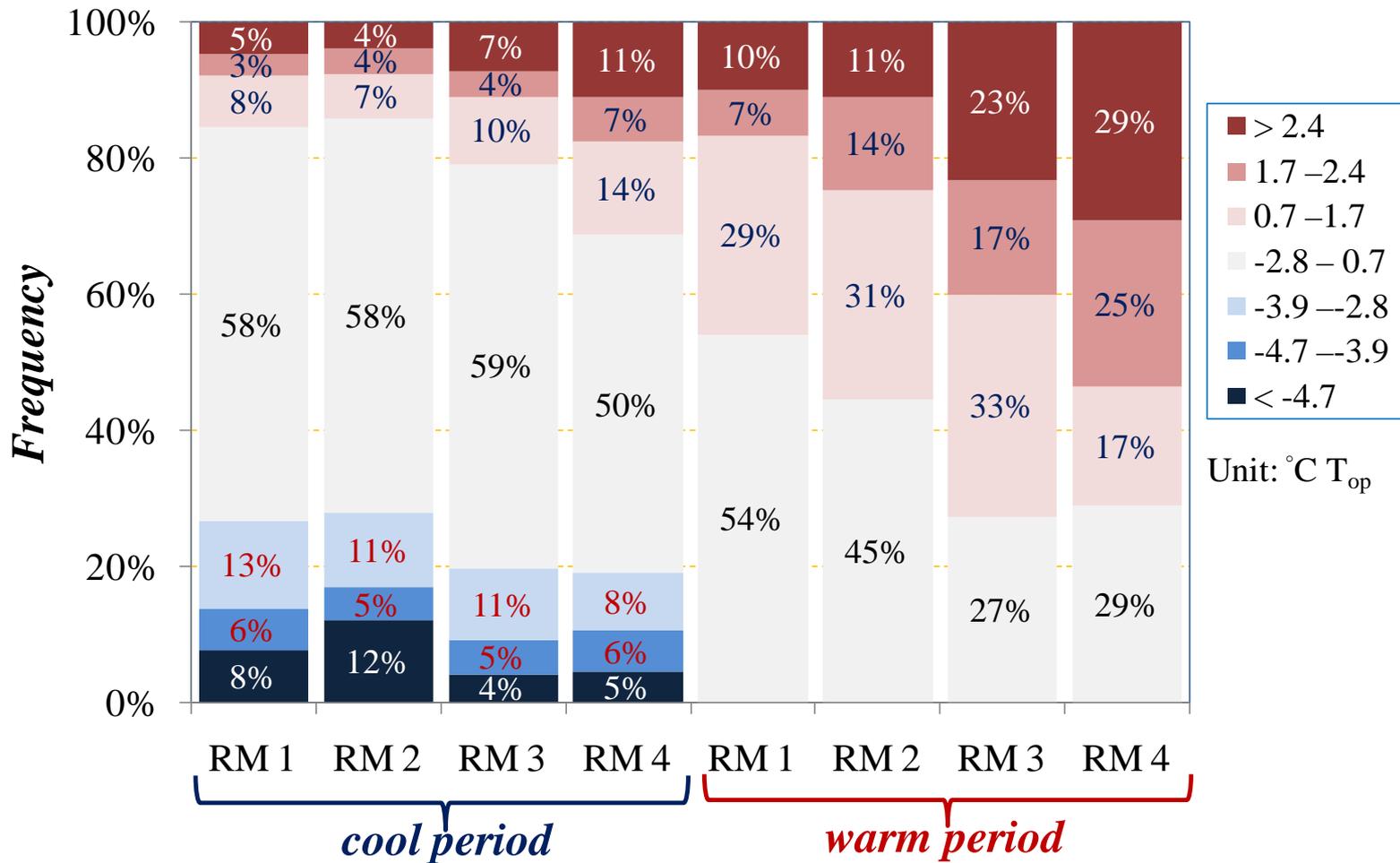
parameters	classroom			
	1	2	3	4
orientation	north-south	north-south	east-west	east-west
WWR ^a	0.42	0.30	0.39	0.55
external shading system	south: corridor space north: balcony; 2.2m in depth	south: corridor space north: none	west: corridor space east: balcony; 2.3m in depth	west: corridor space east: none
AWSG ^b	123	153	267	393

^aWWR is window wall ratio

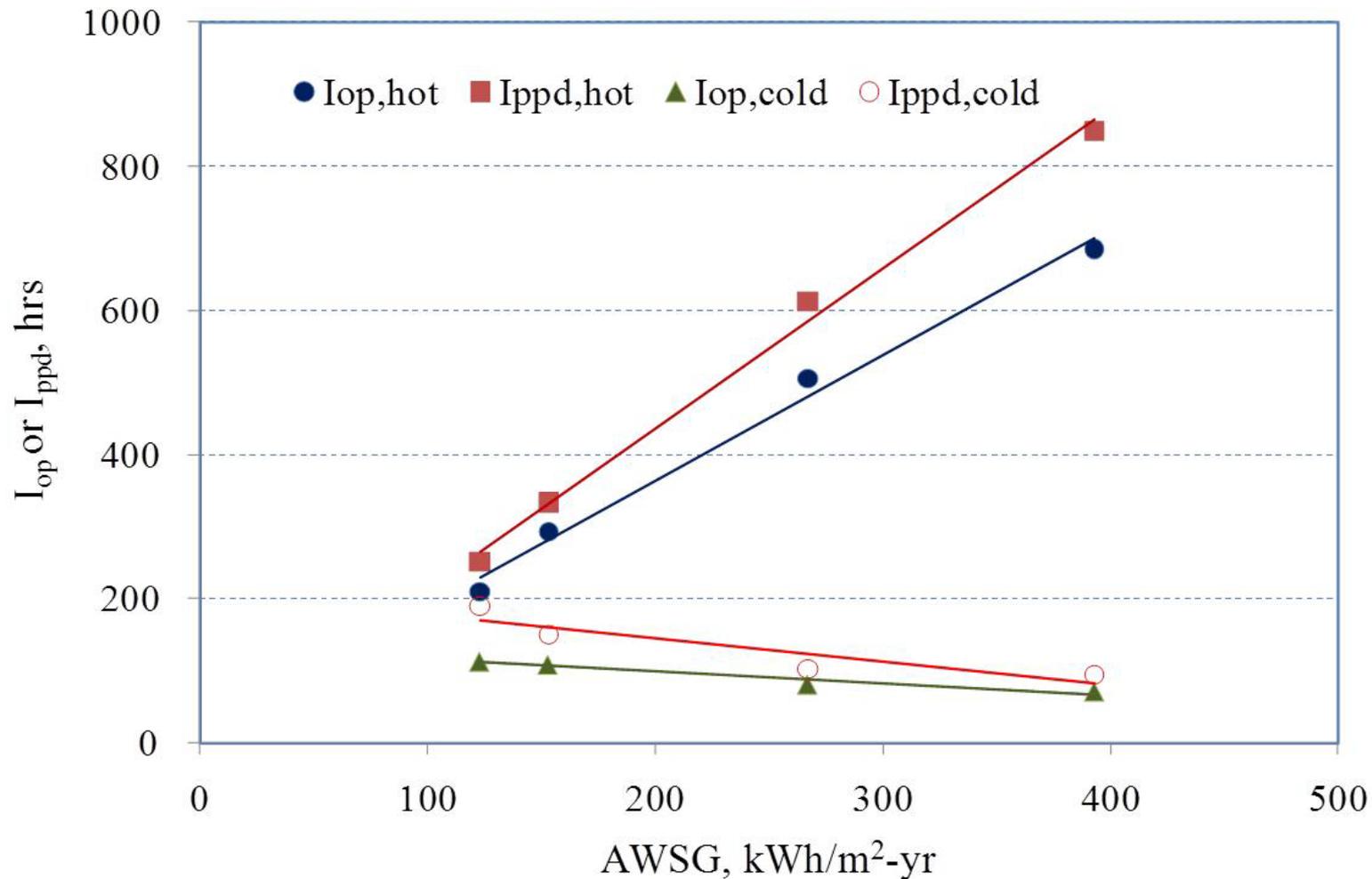
^bAWSG is expressed in kWh/m²-yr

$$AWSG = \frac{\sum IH_i \times K_i \times A_i}{\sum A_i}$$

教室內過熱和過冷情形



過冷過熱程度vs教室熱性能

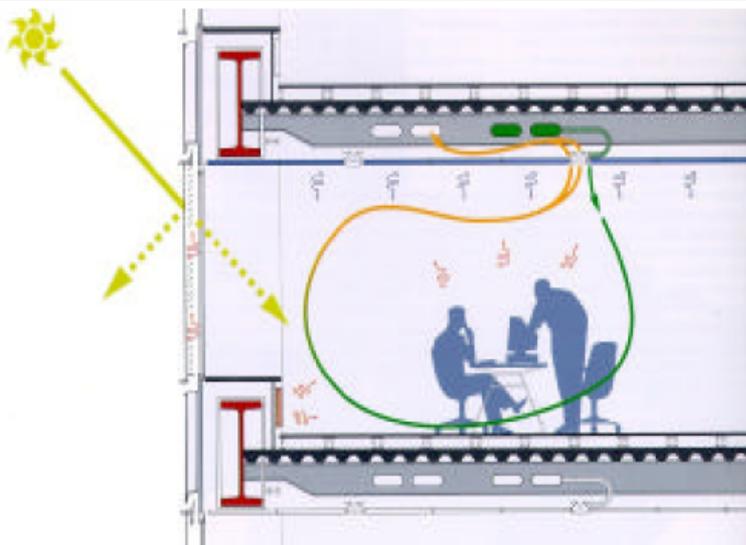


兼顧節能與舒適的空調策略 複合通風

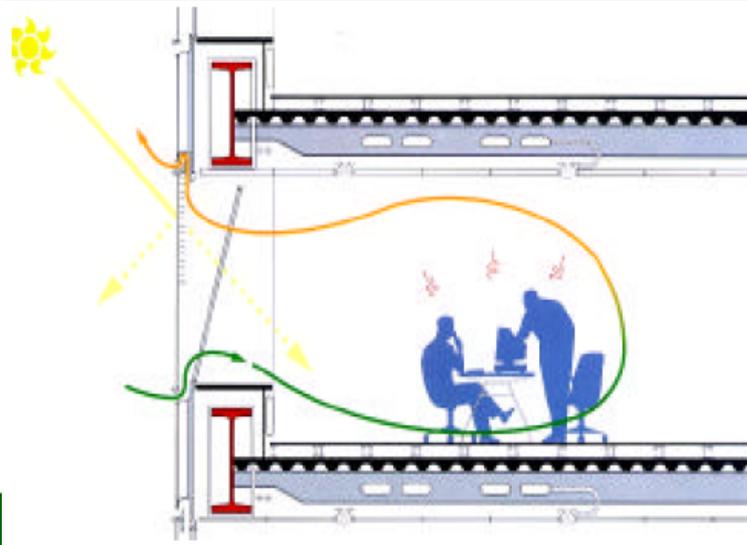
複合式通風系統是以熱適應舒適標準為基礎。當室內熱狀態不能夠使80%以上的人滿意時，可以採用的適應措施，如開窗戶、風扇或冷氣加強通風。



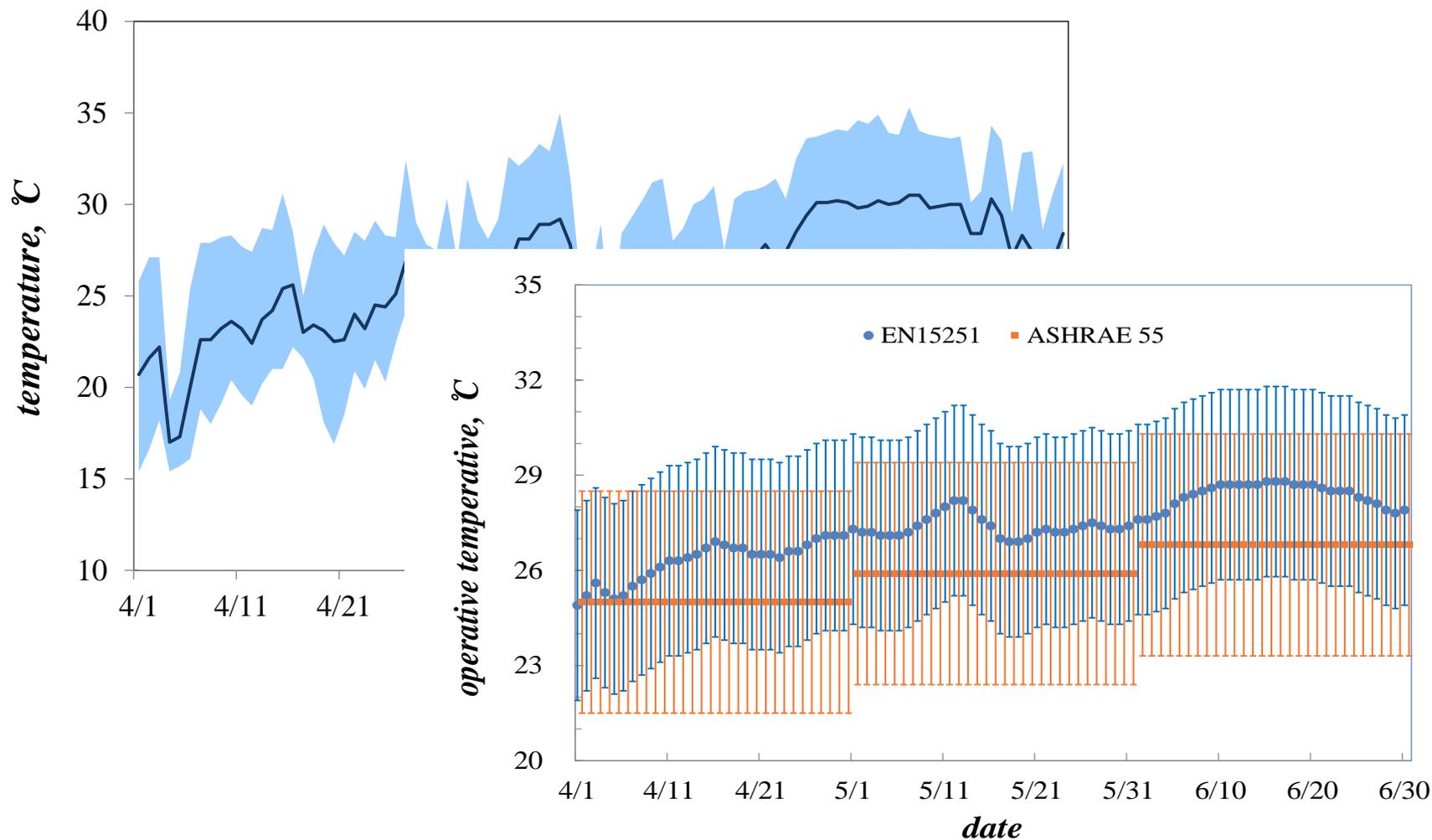
If weather is either too hot or too cool for natural air circulation



If weather is suitable, ventilation and cooling systems close down automatically



為什麼需要複合通風?



研究內容

❖ 複合式通風教室熱感知及環控設備使用行為調查。

- 學校教室
- 實驗時間: 四到六月, 周一到周五上課期間

❖ 不同冷氣管理方式的比較

- 兩所學校對比, 中央管理與自主管理
- 實驗時間: 六月, 周一到周五上課期間

❖ 實驗方法

- 現場量測
- 問卷調查
- 環控設備使用記錄



自主管理: 冷氣儲值卡



中央控管: 溫度感應, 溫度達不舒適程度才可以開啟

教室熱環境測量

- 1. 黑球+cencer314:
測乾溼球溫度、濕度



- 2. ESCORT iLog -
智慧型收集器:
測溫度和濕度



- 3. 風力分析儀:
測教室內的平均風速

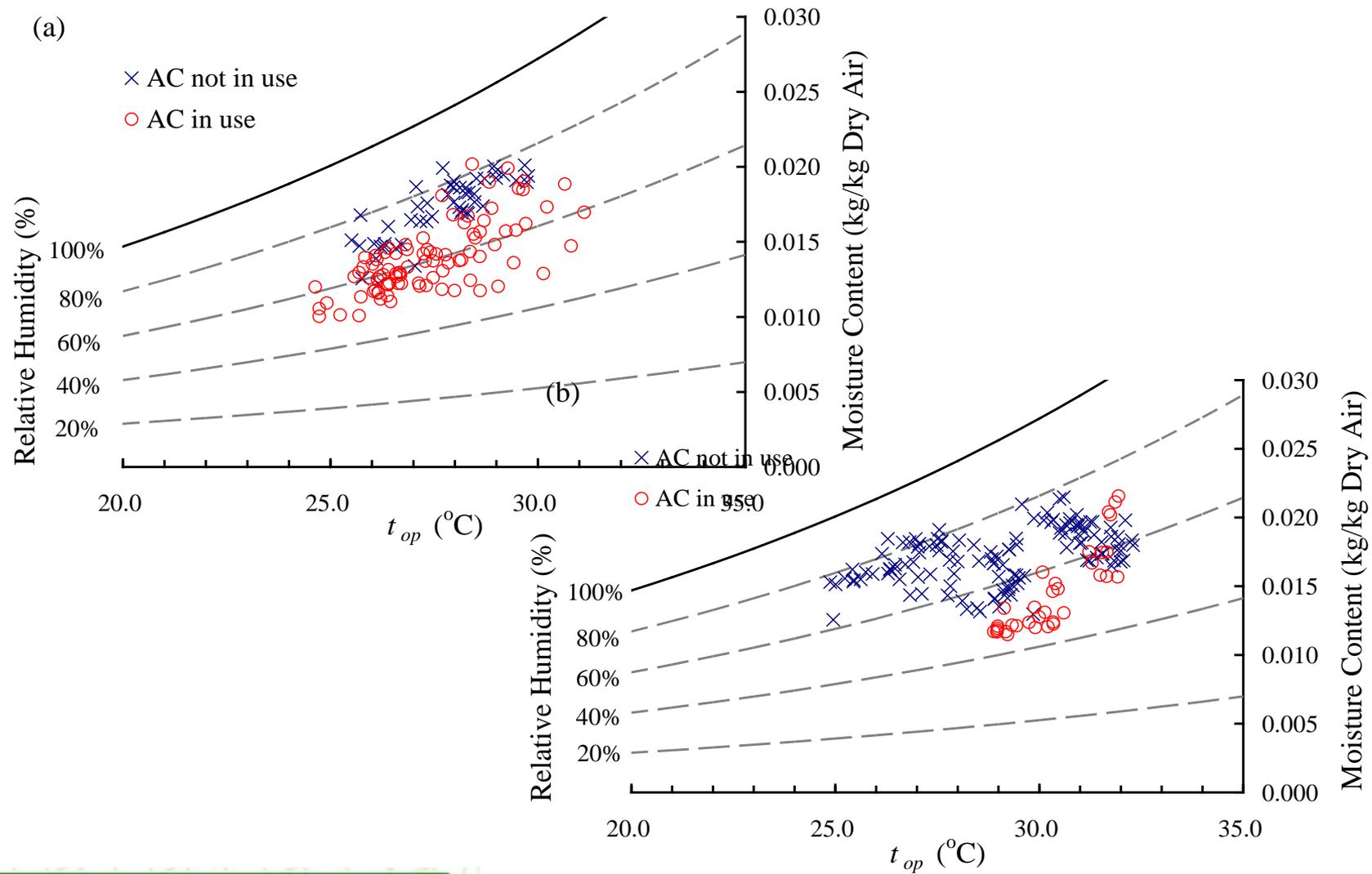


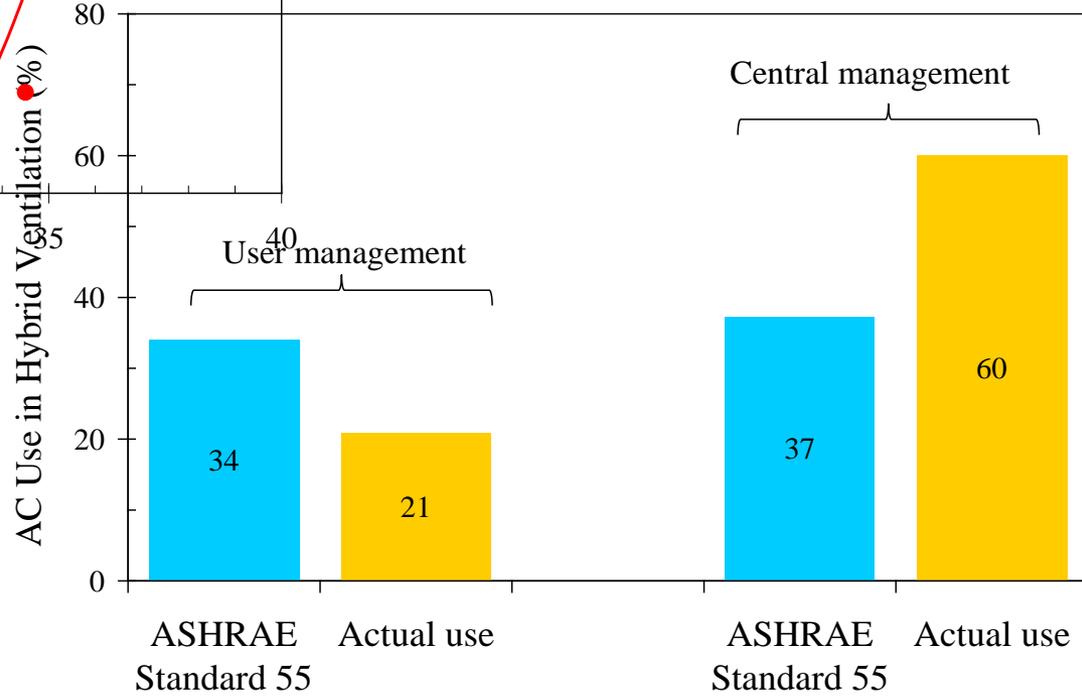
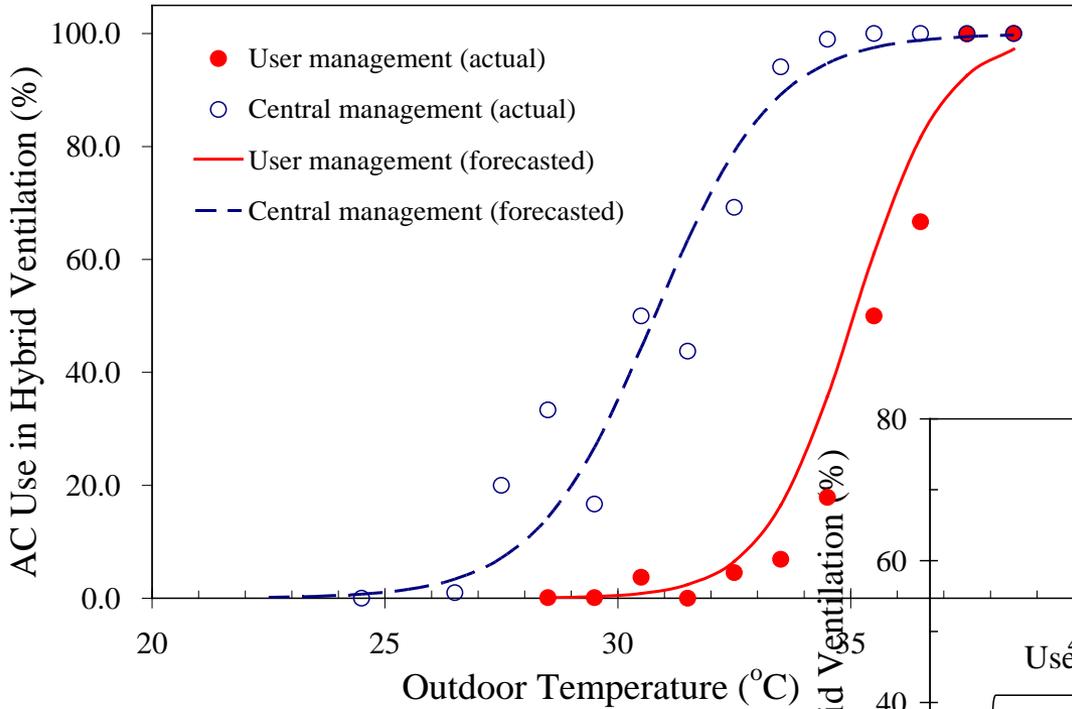
問卷調查

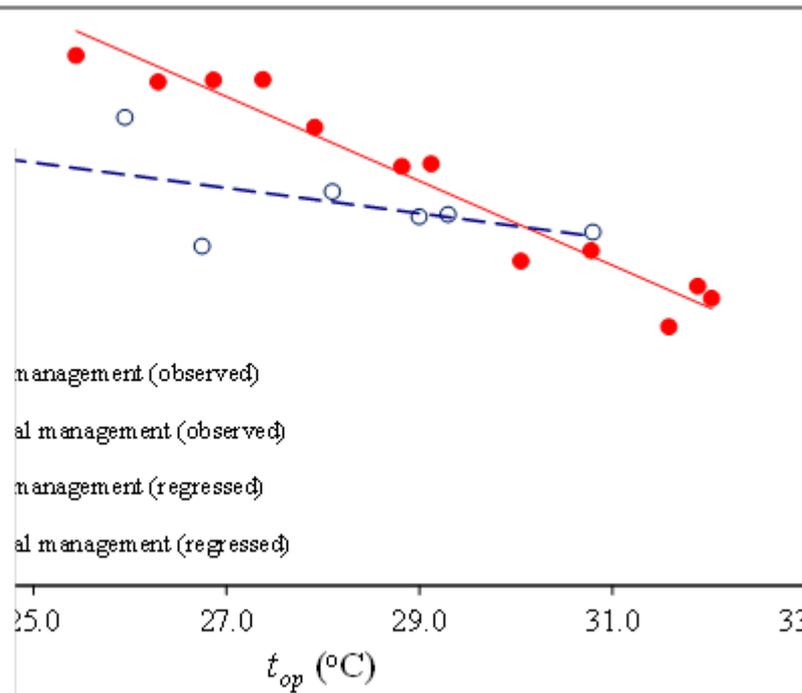
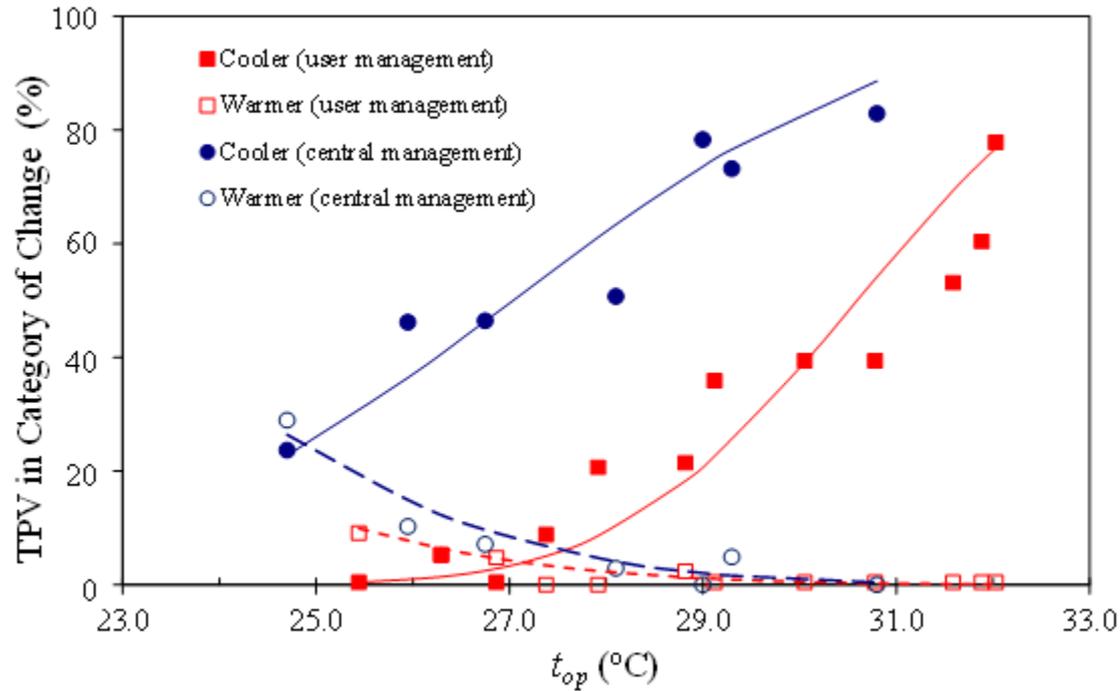
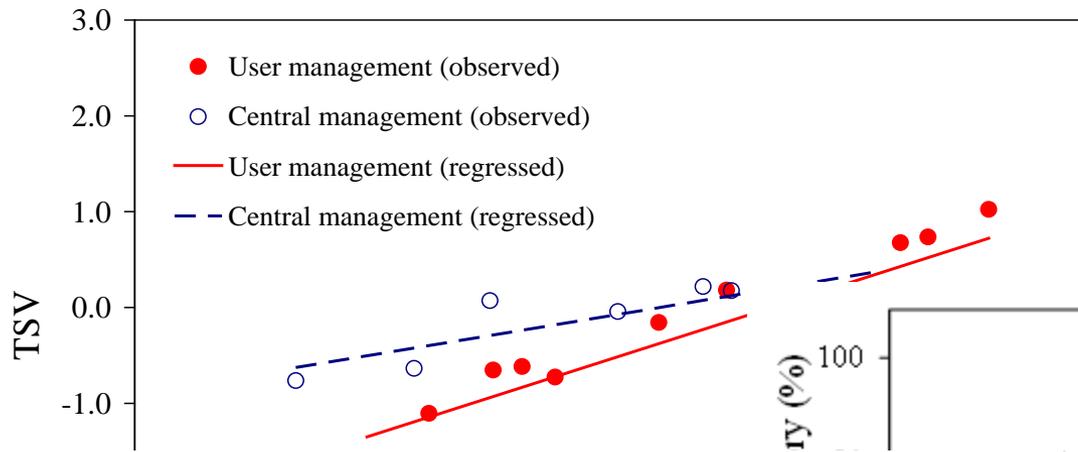


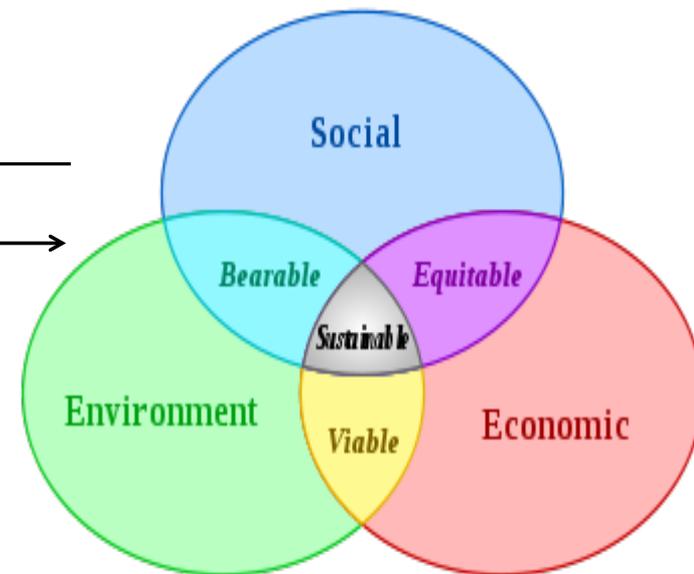
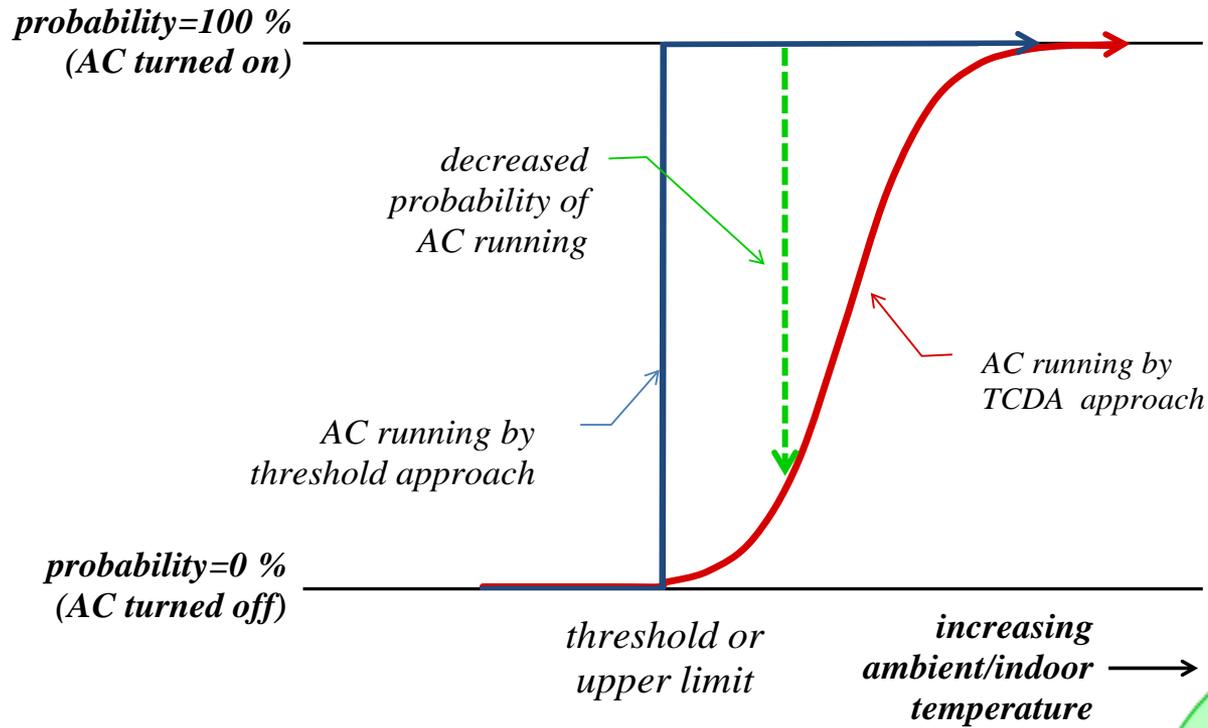
- ❖ 透過舉手表決的方式，了解同學對教室空間舒適度的感受。
- ❖ 由同學協助記錄每天空間中使用電扇及冷氣的情形。
- ❖ 每周前往教室檢查儀器，下載資料並協助同學問卷調查。











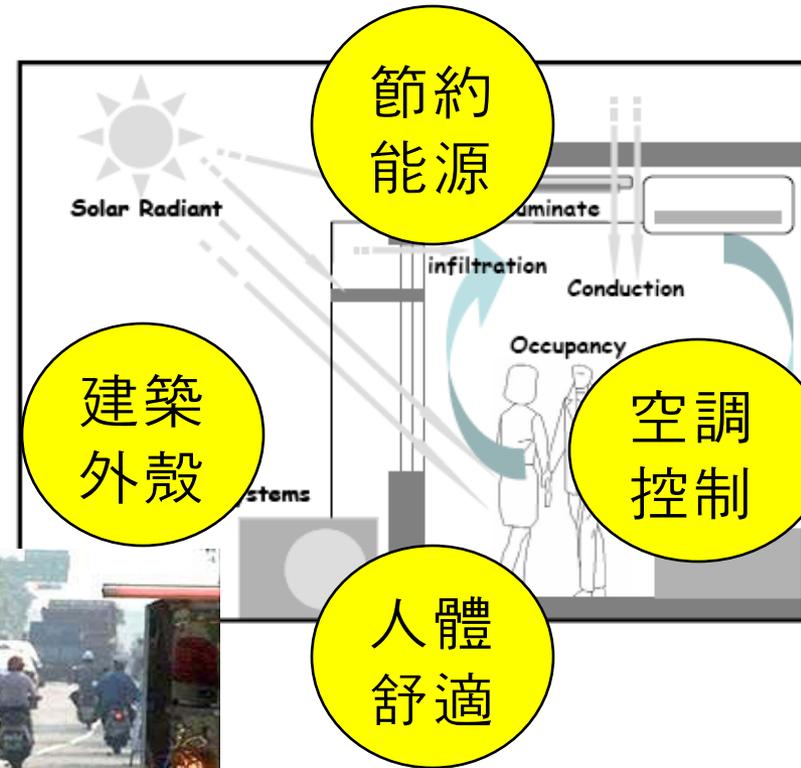
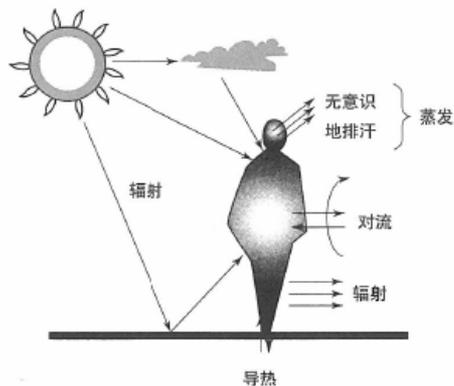
建築性能對能耗與熱舒適的影響

❖ 人體參數

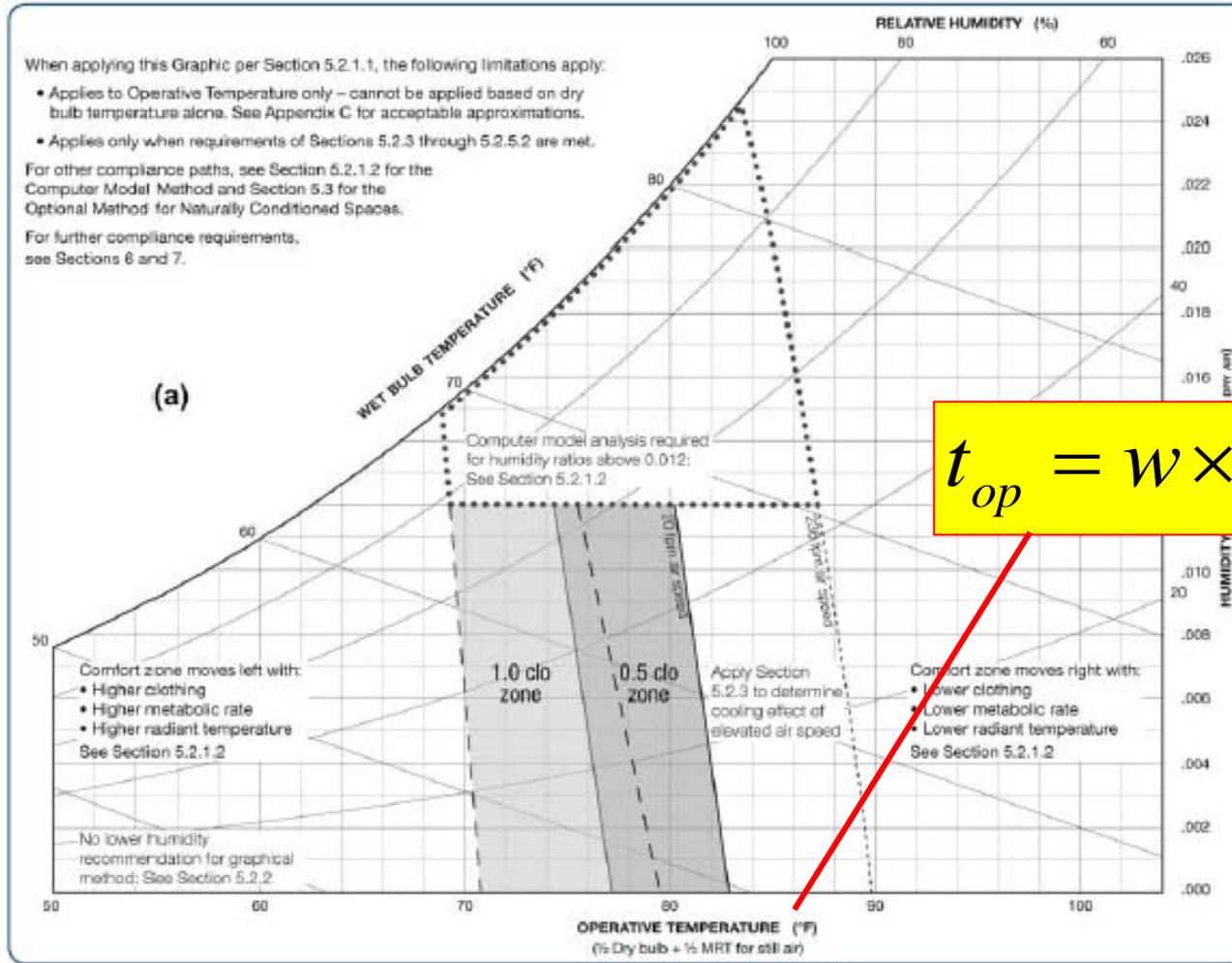
- 新陳代謝率
- 衣著量

❖ 環境參數

- 空氣溫度
- 空氣溼度
- 周圍平均輻射溫度
- 風速



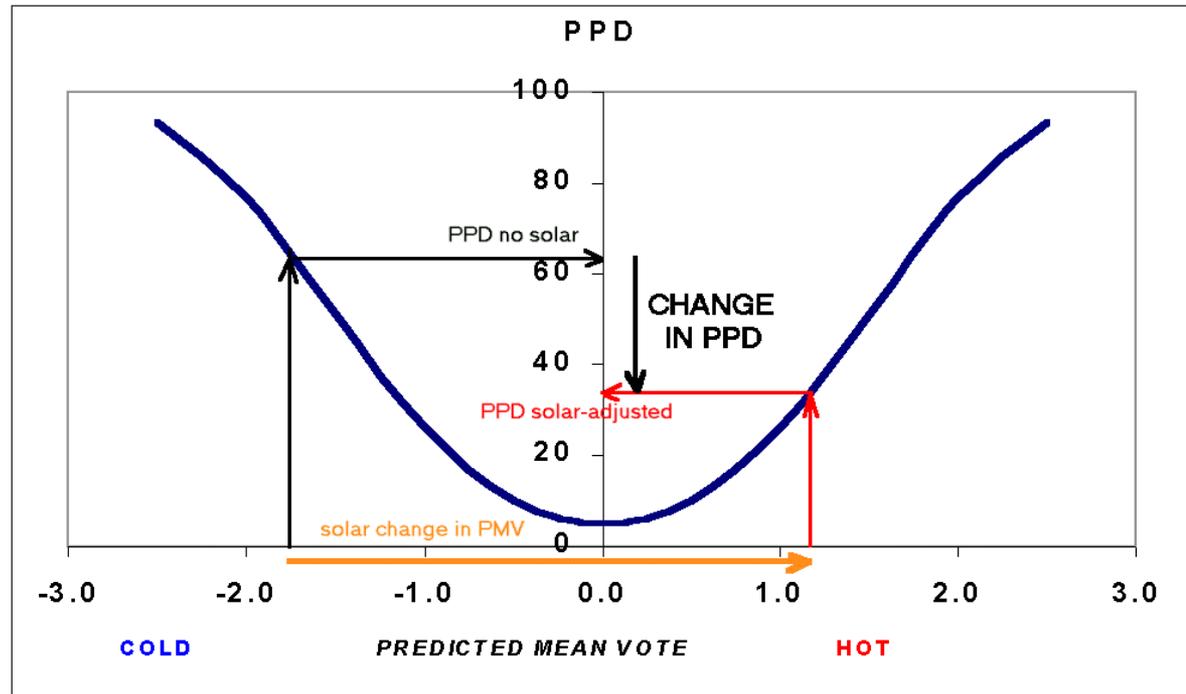
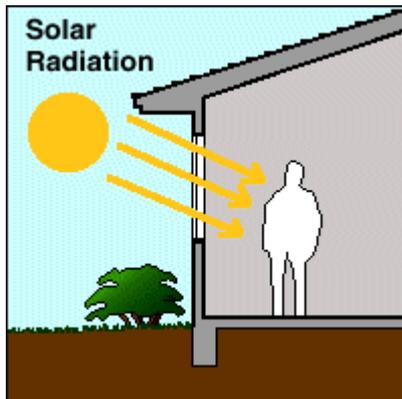
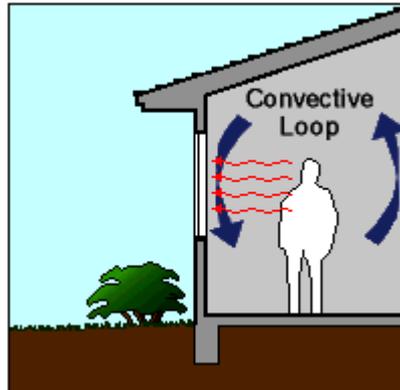
空調環境熱舒適標準



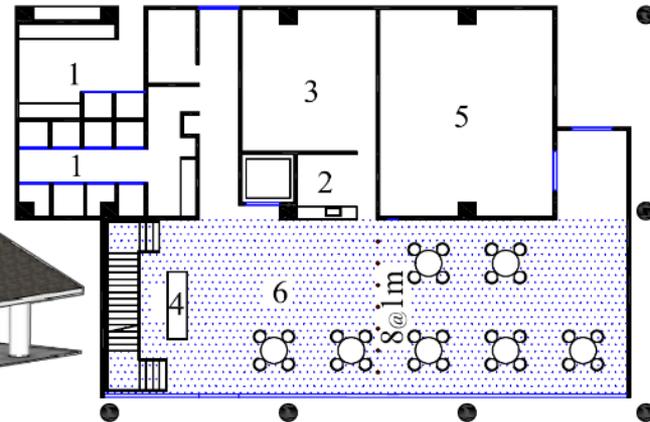
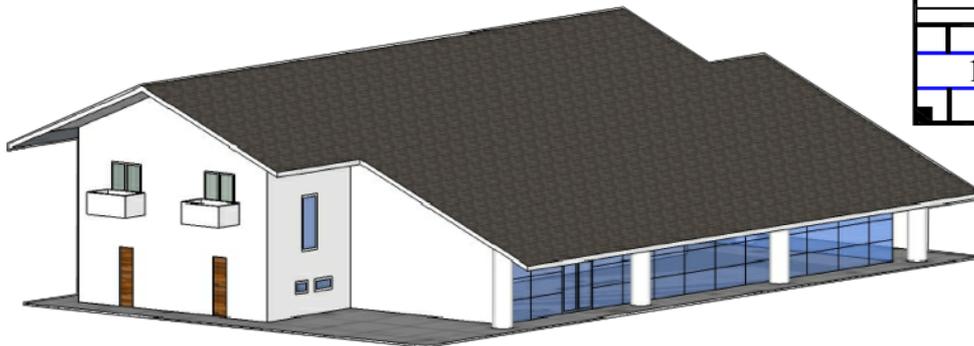
$$t_{op} = w \times t_a + (1 - w) \times t_r$$

Figure 2: The new Graphic Comfort Zone Method, Figure 5.2.1.1 in Standard 55-2010 (IP version shown).

正確的決定室內空調溫度

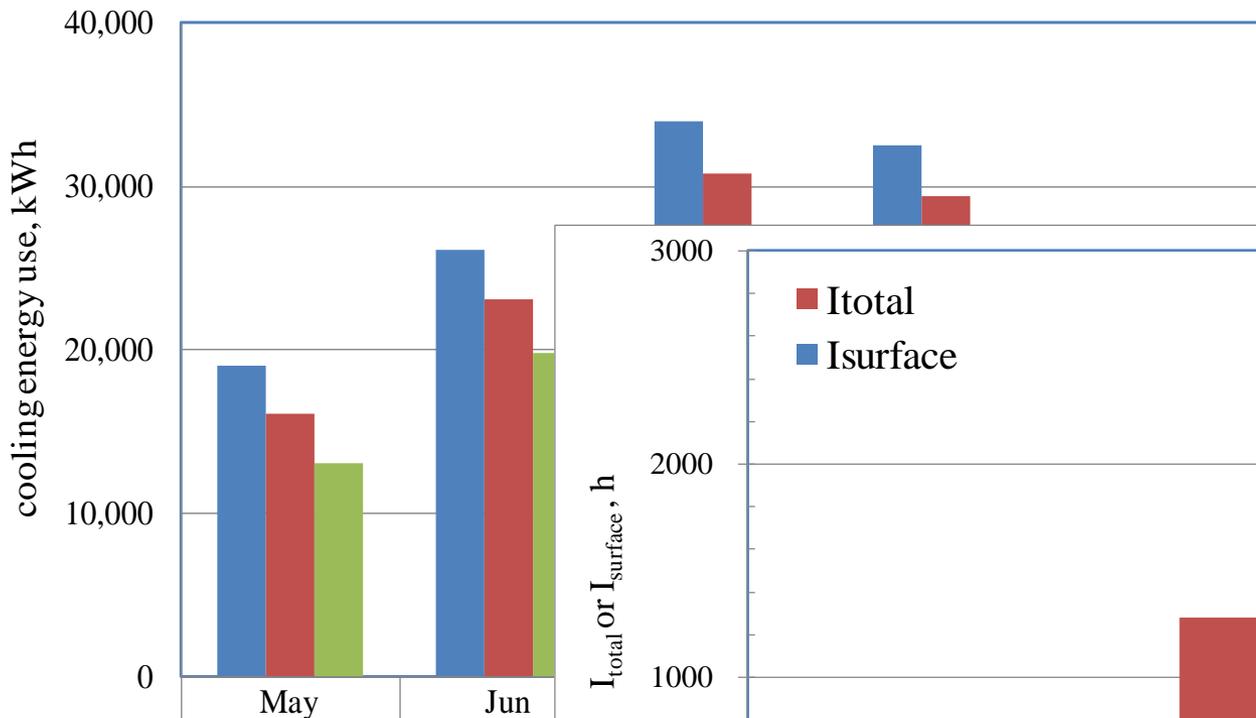


$$PPD_{total} = PPD_{surface} + \Delta PPD_{solar}$$

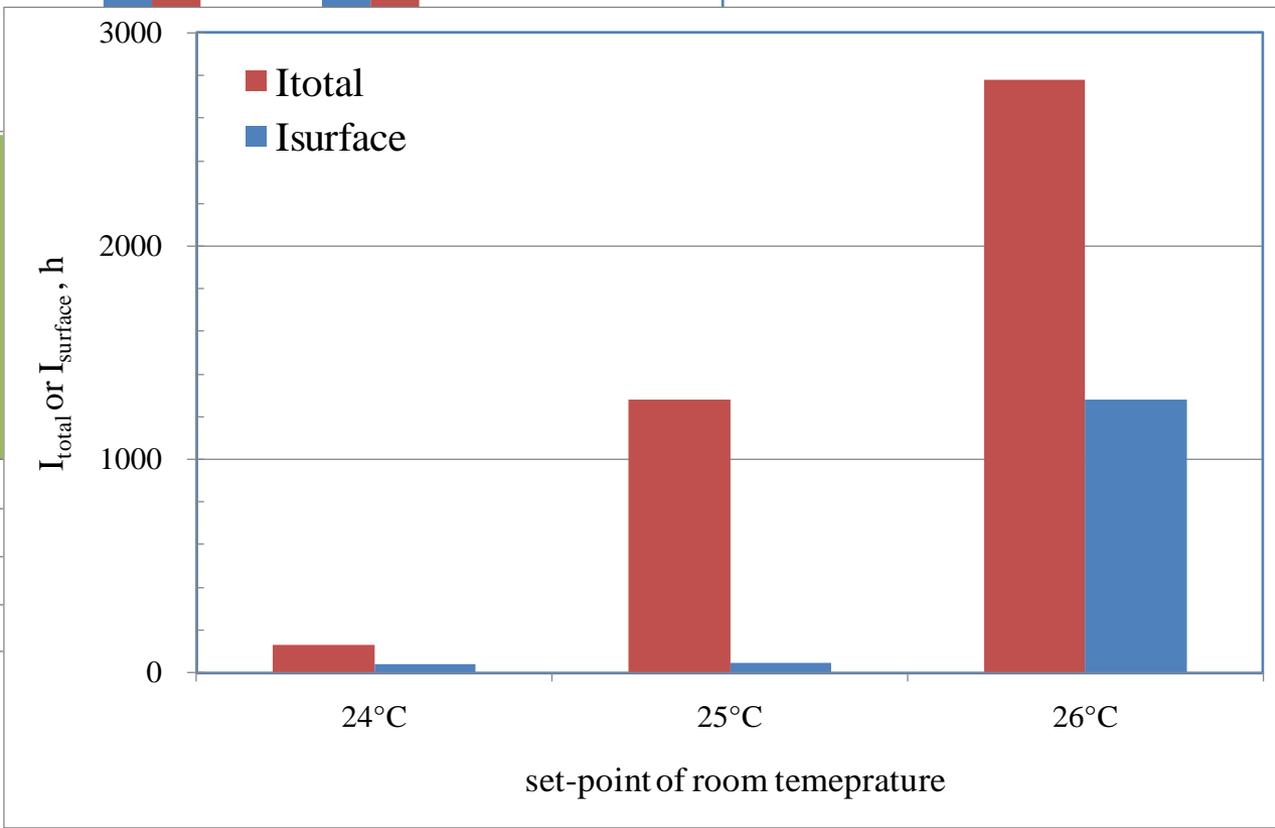


1.Toilet
2.Bar
3.Office

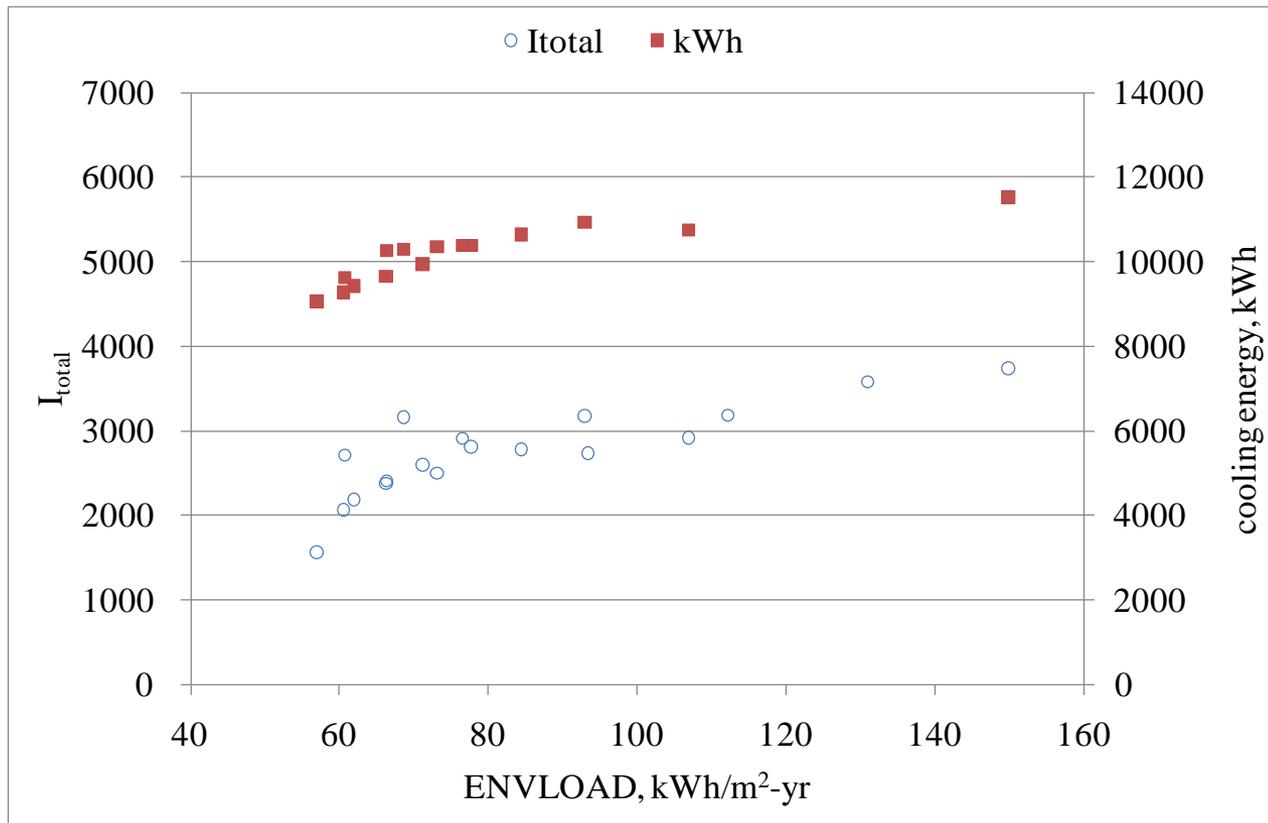
4.Information Counter
5.Multimedia Briefing Room
6.Lobby



	May	Jun
■ 24°C	19051	26136
■ 25°C	16073	23093
■ 26°C	13055	19829

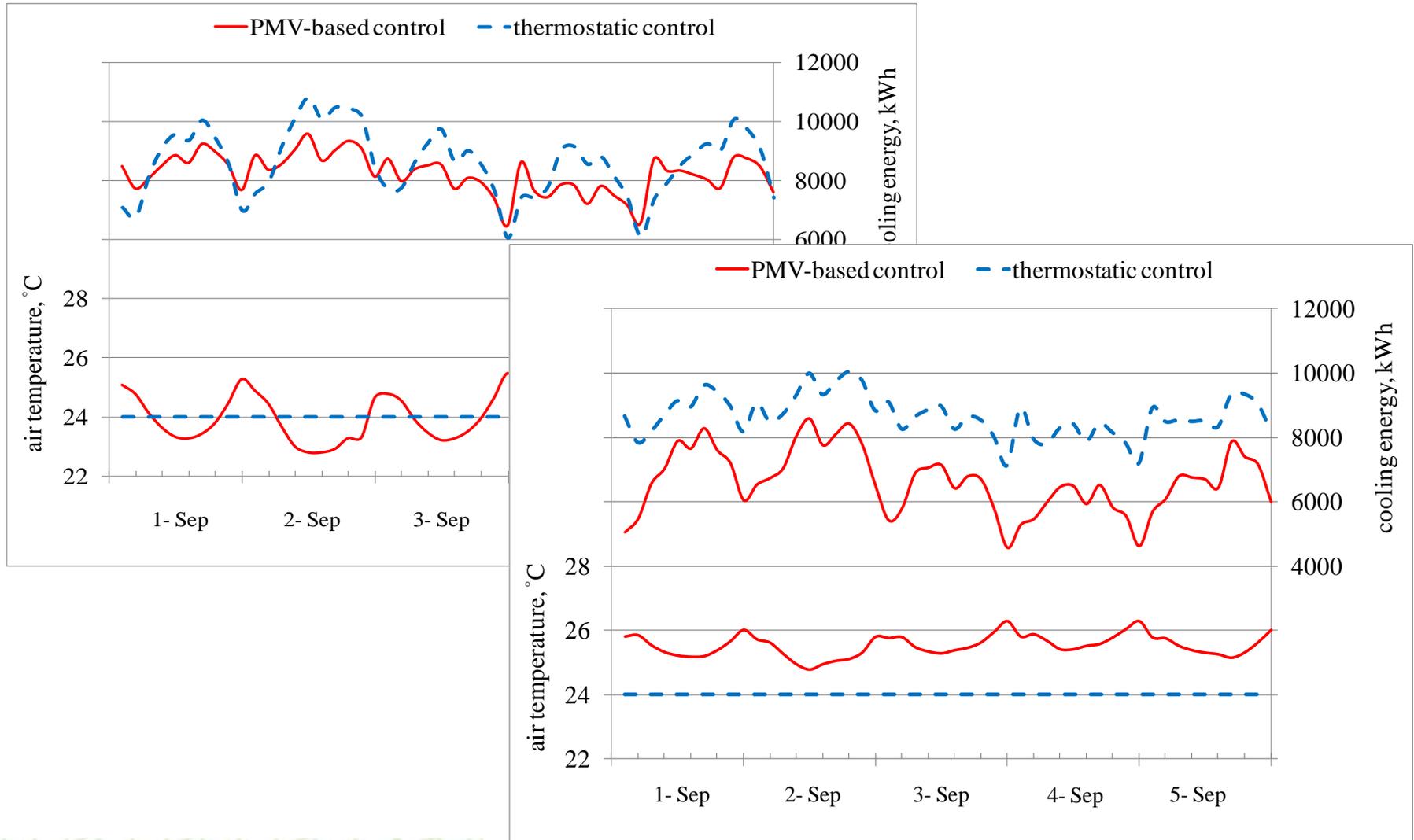


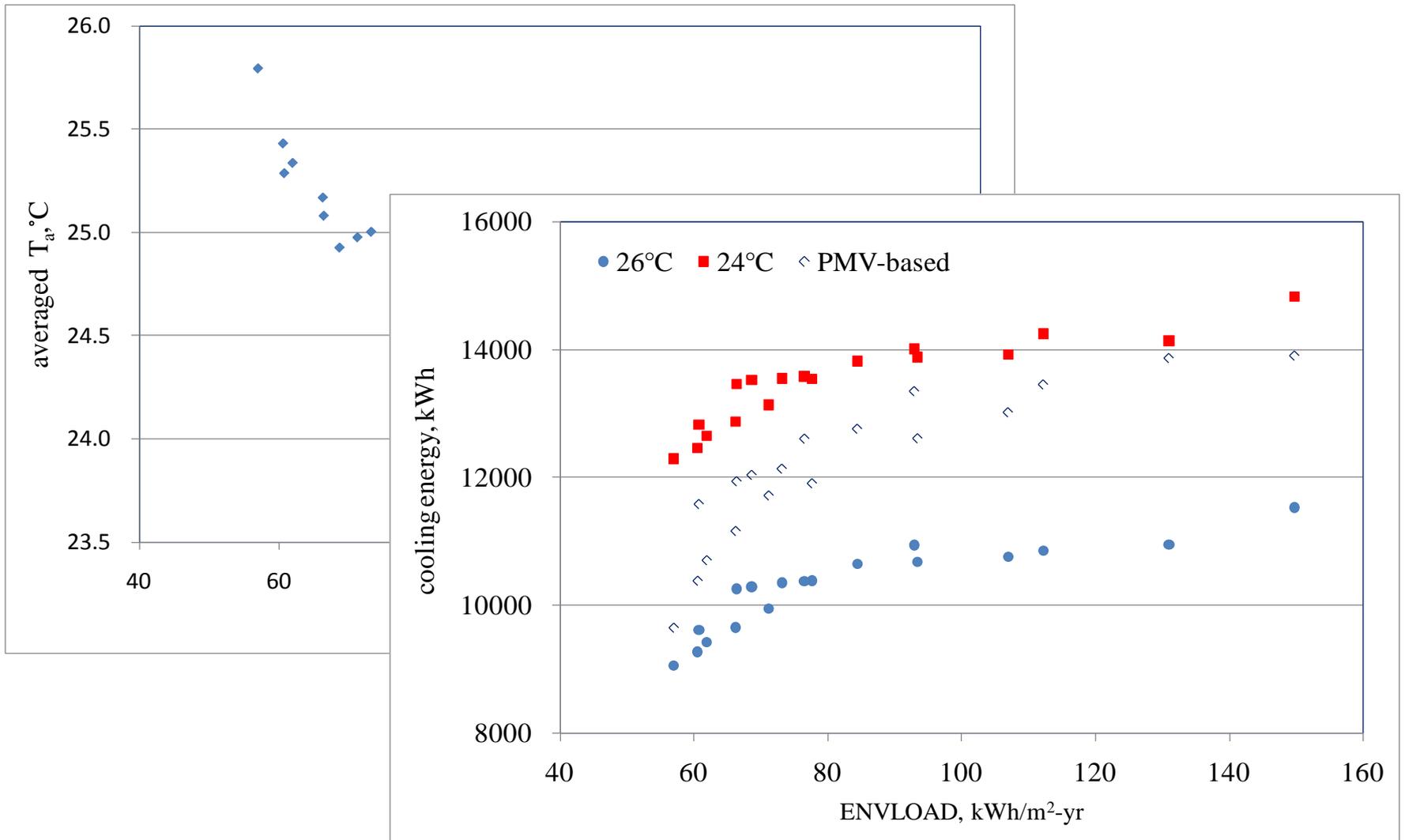
set-point of room temperature



$$ENVLOAD = \frac{\sum IH_i \times K_i \times \eta_i \times A_i}{\sum A_{en}}$$

$$T_a = f(\text{PMV}, \text{RH}, T_r, v, \text{clo}, \text{Met})$$





謝謝聆聽 敬請指教



建築、能源、氣候與景觀研究室

If You Have a Question or Two...

Feel Free to Contact:

國立聯合大學 建築學系

建築、能源、氣候與景觀研究室

黃瑞隆

(037) 381643