

# 機房節能輔導案例 與補助資源

陳益祥



財團法人  
台灣綠色生產力基金會  
Taiwan Green Productivity Foundation





# 大綱

---

- 資料中心標準
- 機房輔導案例分析
- 政府補助資源
- 結論



# 機房環境設定條件

## ■ 資訊設備建議空調環境規範

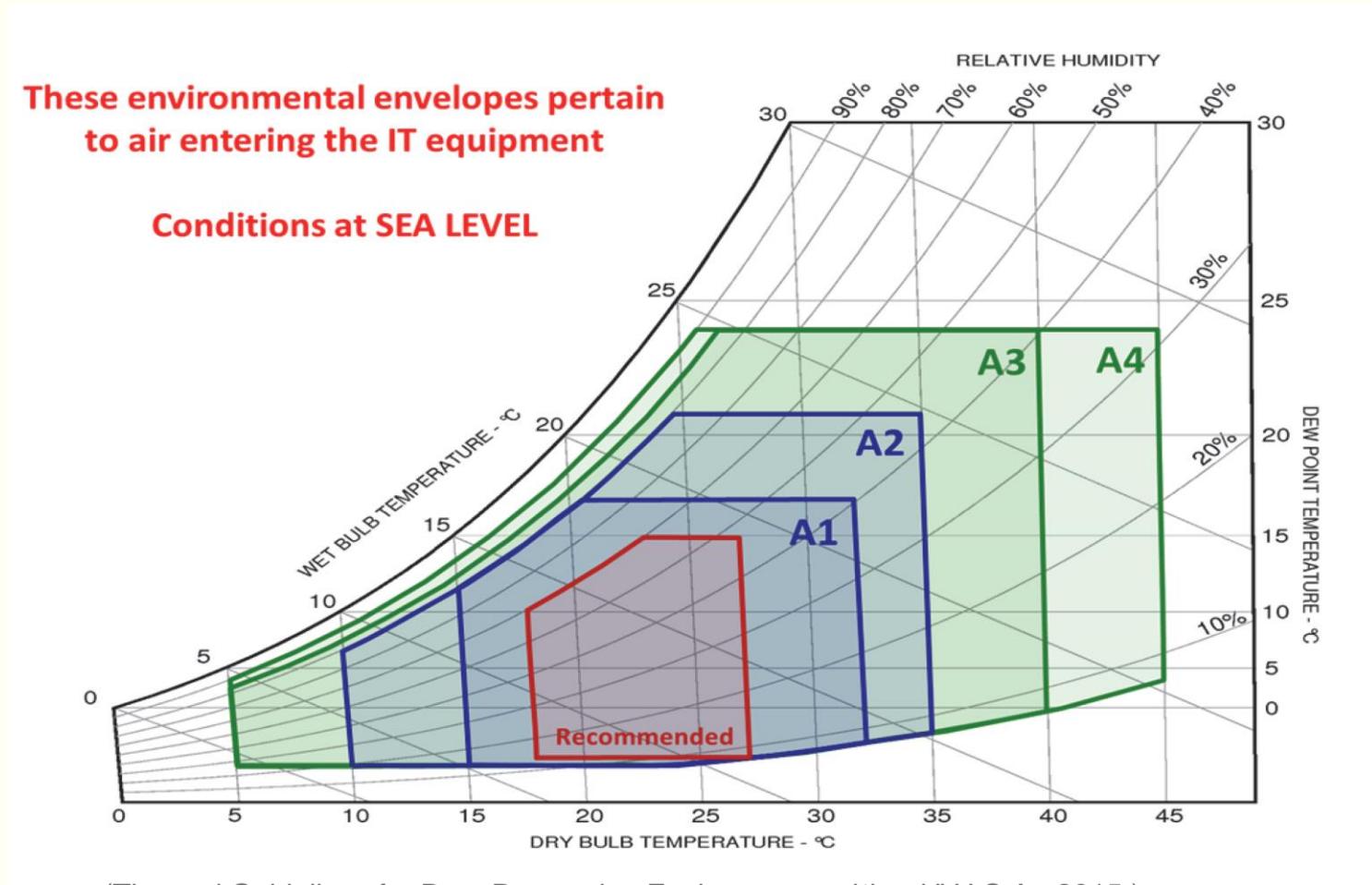
Class	Equipment Environmental Specifications for Air Cooling						
	Product Operations					Product Power Off	
	Dry-Bulb Temperature °C	Humidity Range, Non-Condensing	Maximum Dew Point °C	Maximum Elevation m	Maximum Temperature Change in an Hour (°C)	Dry-Bulb Temperature °C	Relative Humidity %
<b>Recommended</b>							
<b>A1 to A4</b>	18 to 27	-9°C DP to 15°C DP & 60% RH					
<b>Allowable</b>							
<b>A1</b>	15 to 32	-12°C DP & 8% RH to 17°C DP & 80% RH	17	3050	5/20	5 to 45	8 to 80
<b>A2</b>	10 to 35	-12°C DP & 8% RH to 21°C DP & 80% RH	21	3050	5/20	5 to 45	8 to 80
<b>A3</b>	5 to 40	-12°C DP & 8% RH to 24°C DP & 85% RH	24	3050	5/20	5 to 45	8 to 80
<b>A4</b>	5 to 45	-12°C DP & 8% RH to 24°C DP & 90% RH	24	3050	5/20	5 to 45	8 to 80
<b>B</b>	5 to 35	8% to 28°C DP & 80% RH	28	3050	NA	5 to 45	8 to 80
<b>C</b>	5 to 40	8% to 28°C DP & 80% RH	28	3050	NA	5 to 45	8 to 80

(Thermal Guidelines for Data Processing Environments, 4th ed.” U.S.A., 2015.)



# 機房環境設定條件

- 資訊設備建議空調環境規範



(Thermal Guidelines for Data Processing Environments, 4th ed." U.S.A., 2015.)



# 電能使用效率

- 目前國際間資料中心最通用之能源評估指標，是由綠色網格協會(Green Grid)所訂定之電能使用效率**PUE** (Power Usage Effectiveness)指標。

$$PUE = \frac{P_{in\_tot} (kW)}{P_{in\_IT} (kW)}$$

$$DCIE = \frac{1}{PUE} \times 100\%$$

- PUE與DCIE之評估標準：

Benchmark	DCIE	PUE
Platinum	>0.8	<1.25
Gold	0.7~0.8	1.25~1.43
Silver	0.6~0.7	1.43~1.67
Bronze	0.5~0.6	1.67~2
Recognized	0.4~0.5	2~2.5
Not recognized	<0.4	>2.5



# 電能使用效率

- PUE 之設定目標可參考ASHRAE標準 (ASHRAE Std. 90.1 - 2016)。
- **PUE0**：評估機房總電功率 (kW)與IT設備尖峰電功率 (kW)之比值。
- **PUE1**：評估機房全年能源消耗 (kWh)與IT設備全年能源消耗 (kWh)之比值。

$$PUE0 = \frac{P_{in\_tot} (kW)}{P_{in\_IT} (kW)}$$

$$PUE1 = \frac{P_{in\_tot} (kWh)}{P_{in\_IT} (kWh)}$$

Climate Zone	PUE <sup>a</sup>
0A	1.64
0B	1.62
1A	1.61
1B	1.53
2A	1.49
2B	1.45
3A	1.41
3B	1.42
3C	1.39
4A	1.36
4B	1.38
4C	1.38
5A	1.36
5B	1.33
5C	1.36
6A	1.34
6B	1.33
7	1.32
8	1.30

a. PUE0 and PUE1 shall not include energy for battery charging.



# 環境指標

---

- 機房常見的散熱問題主要是冷熱氣流未確實分離，空調製冷量無法有效地帶走熱量，整體空調系統效率因而降低。
- 針對機房氣流分配，可以使用**RCI**、**RTI**、**SHI**指標進行評估。



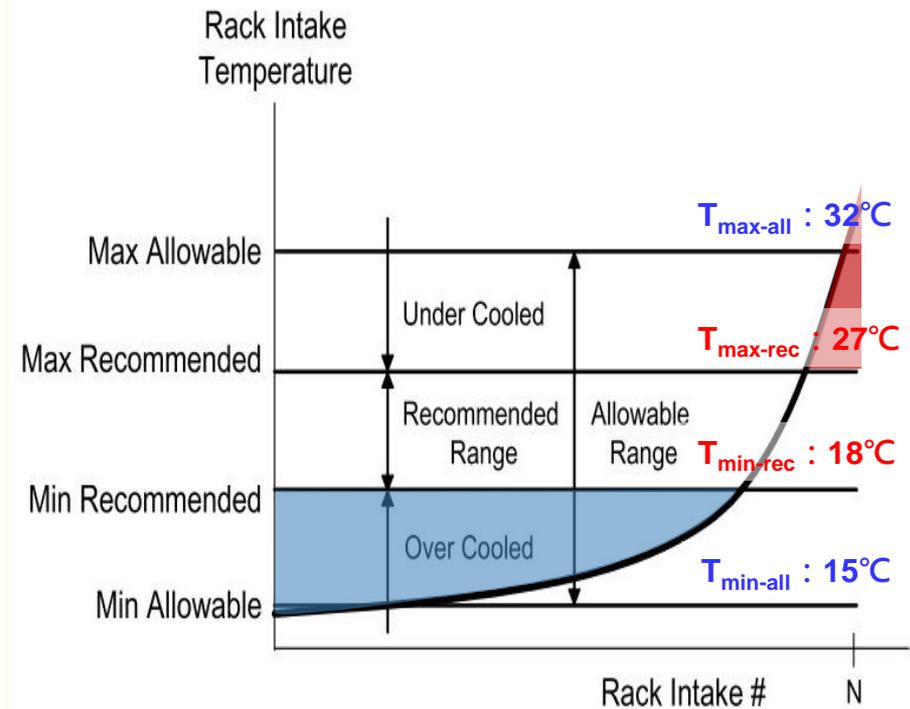
# RCI (Rack Cooling Index)

- 衡量機櫃進風端的氣流溫度，是否維持在國際公告的建議標準範圍內。

等級	RCI
理想	100%
良好	≥ 96%
可接受	91-95%
糟糕	≤ 90%

$$RCI_{LO} = \left[ 1 - \frac{\sum (T_{\min-rec} - T_x)_{T_x < T_{\min-rec}}}{(T_{\min-rec} - T_{\min-all}) \times n} \right] \times 100\%$$

$$RCI_{HI} = \left[ 1 - \frac{\sum (T_x - T_{\max-rec})_{T_x > T_{\max-rec}}}{(T_{\max-all} - T_{\max-rec}) \times n} \right] \times 100\%$$



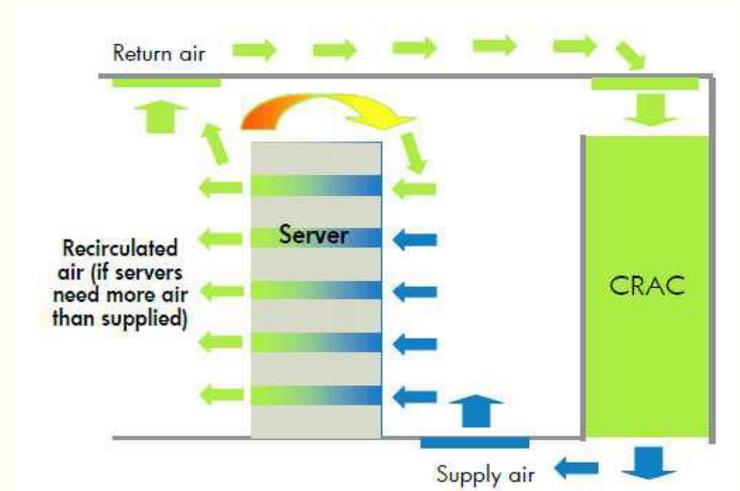


# RTI (Return Temperature Index)

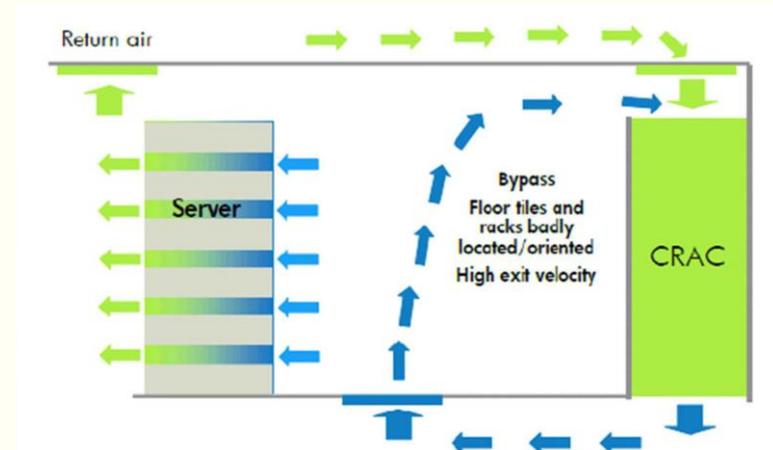
- 評估機房冷空氣短循環與熱空氣回流之狀況，定義為機房供、回風溫差與機櫃進、出溫差之比值。

等級	RTI
理想	100%
熱回流 (Recirculation)	>100%
短循環 (by pass)	< 100%

$$RTI = \left[ \frac{(T_R - T_S)}{\Delta T_{Equip}} \right] \times 100\%$$



Air Recirculation



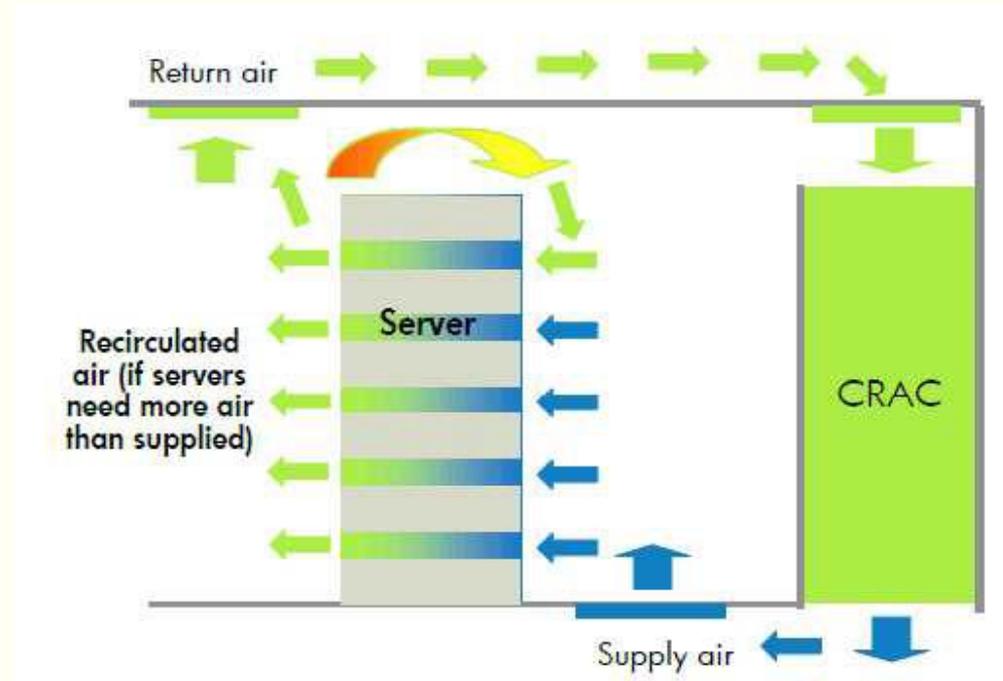
Bypass Air



# SHI (Supply Heat Index)

- 評估空調供風受回流熱空氣影響的程度，介於 0 到 1 之間，通常小於 0.4，數值越小代表冷熱氣流混合情形越少。

$$SHI = \left[ \frac{\sum_j \sum_i \left( (T_{in}^r)_{i,j} - T_s \right)}{\sum_j \sum_i \left( (T_{out}^r)_{i,j} - T_s \right)} \right] \times 100\%$$



Air Recirculation

# 案例#1-電信公司

---

- 電力系統：設有4台UPS(400kVA)，UPS-1與UPS-2並聯，UPS-3與UPS-4並聯，供應機房IT設備使用，UPS容量合計1,600kVA。
- 空調系統：螺旋式冰機248 RT×2台，開啟1台主機，交替運轉，互為備援。空氣側採用電腦機房專用下吹式空調箱20RT×10台。
- 氣流管理：採高架地板送風，熱通道自然回風。受限於多數機櫃已設置多年，機櫃位置與方向無法改變，無法有效分離冷熱氣流；部分區域雖有建置冷熱通道，但整體機房冷熱氣流分離效果有限。

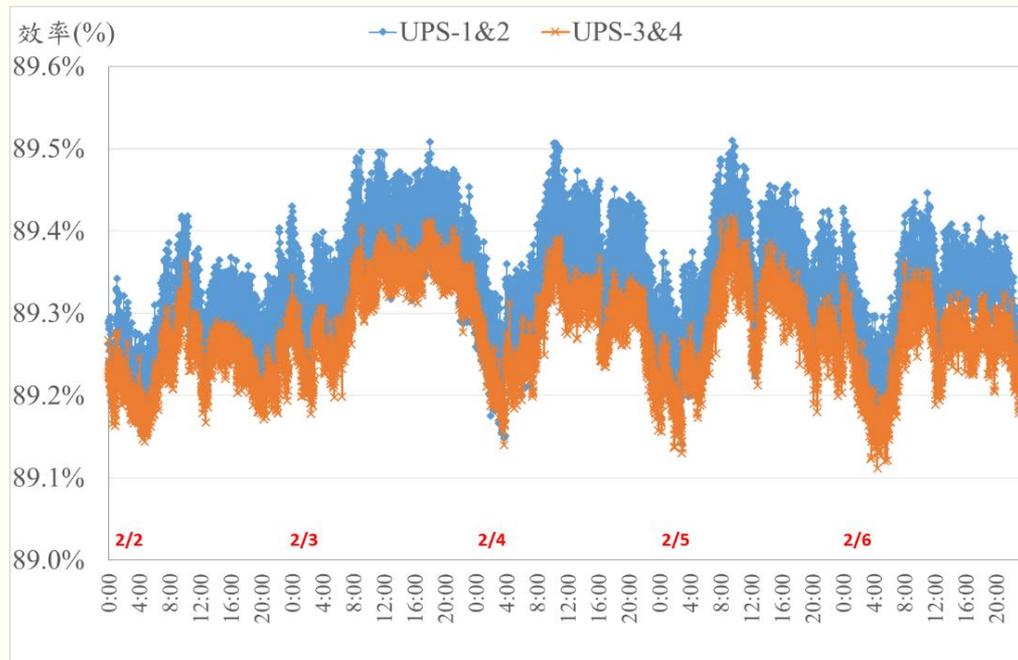




# 檢測結果與分析

## ➤ UPS效率分析

名稱	輸入(kW)			輸出(kW)			損耗(kW)	負載率(%)	效率(%)
	Min	Max	Ave	Min	Max	Ave			
UPS-1&2	163.3	165.8	164.3	145.9	148.0	146.8	17.5	21.7%	89.3%
UPS-3&4	166.5	169.4	167.6	148.5	151.3	149.6	18.0	21.9%	89.3%



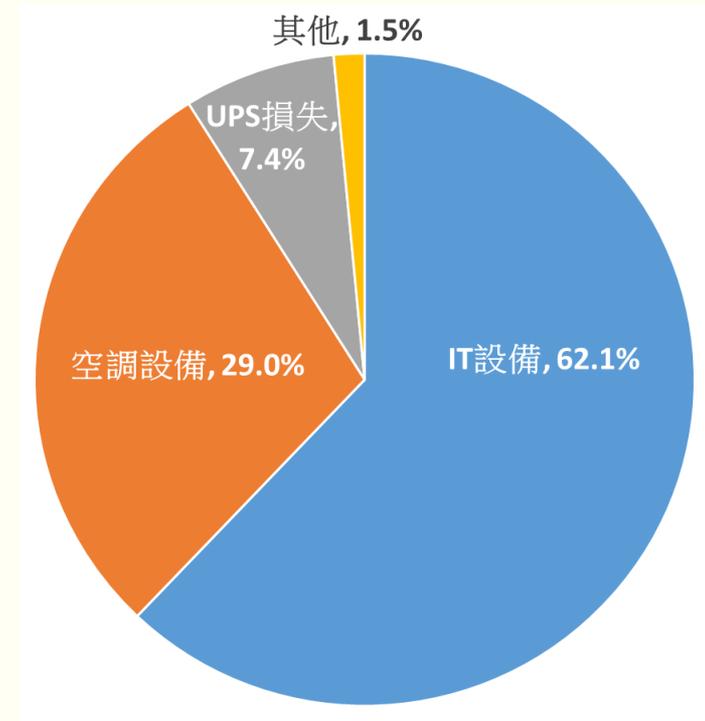


# 檢測結果與分析

## ➤ 機房設備耗電佔比

設備名稱	功率 (kW)	耗電量 (kWh)	耗電量 占比(%)
IT設備	296.4	35,565	62.1%
空調設備	138.2	16,584	29.0%
UPS損失	35.5	4,261	7.4%
其他	7.2	863	1.5%

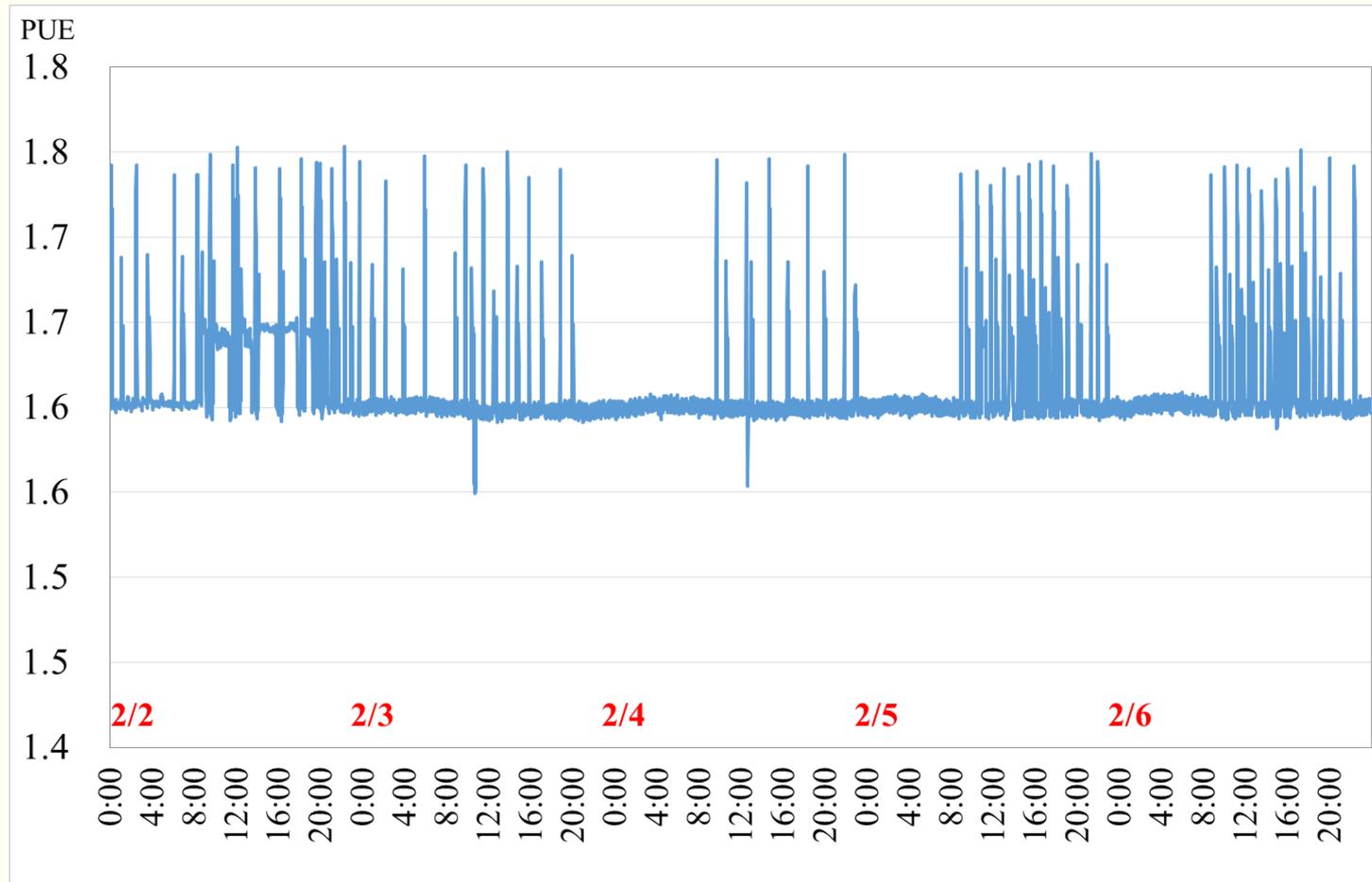
量測期間PUE平均值：1.61





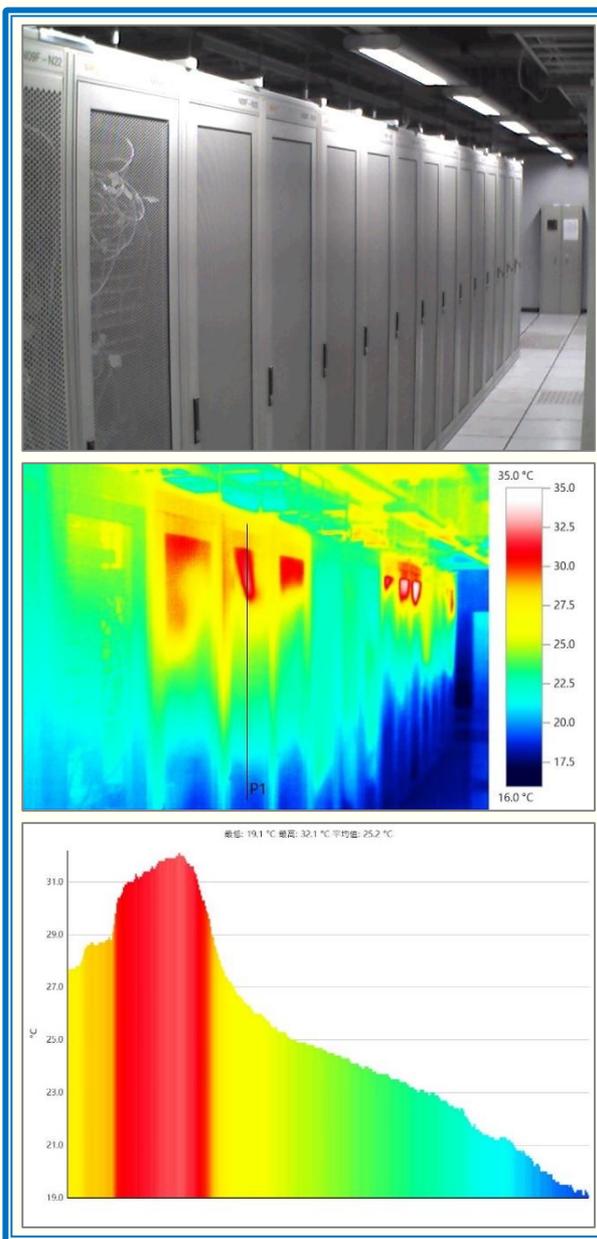
# 檢測結果與分析

## ➤ PUE指標

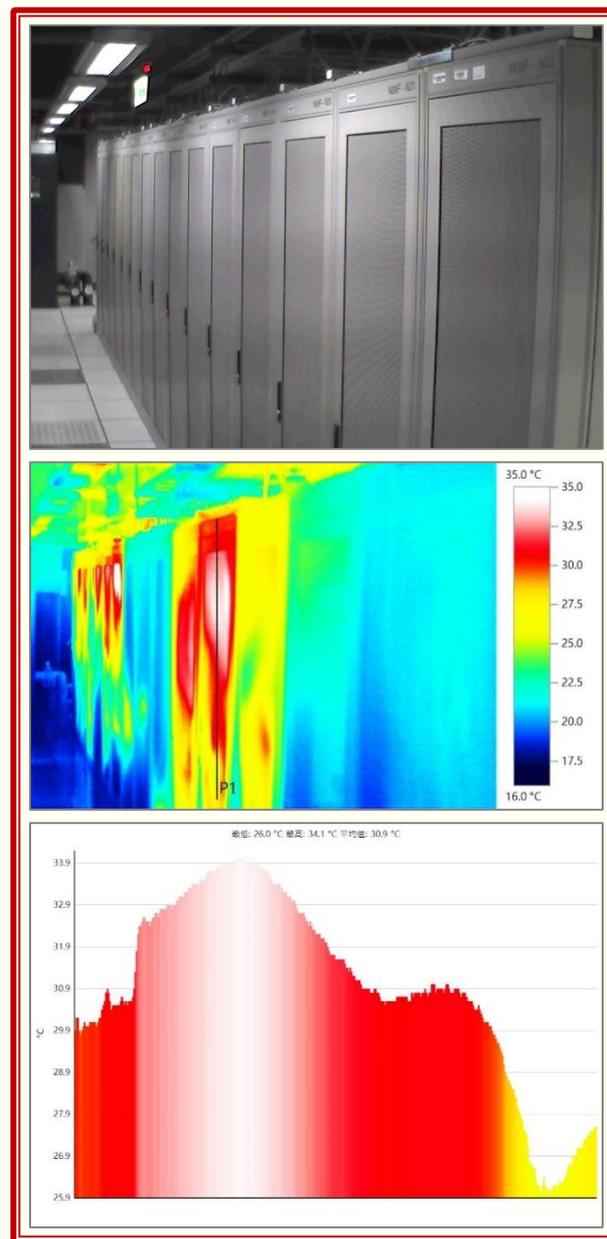


## ➤ 氣流分配

測試機房 案例1			
測試時間 2018/2/7			
測試點	測試位置	db Temp (°C)	RH (%)
1	SA	17	60.4
2	RA	23.9	40.2
3	機櫃下方進風口	17.5	-
4	機櫃中間進風口	22.3	-
5	機櫃上方進風口	31.7	-
6	機櫃下方出風口	18.3	-
7	機櫃中間出風口	29.9	-
8	機櫃上方出風口	33.4	-
$\Delta T_{RACK}$	3.37°C		
$RCI_{LO}$	94.4%		
$RCI_{HI}$	68.7%		
RTI	205.0%		
SHI	67.0%		



冷通道



熱通道



## 改善建議

---

- UPS並聯系統負載率平均21.7~21.9%，效率89.3%，負載率偏低，建議未來可評估合併負載，提升UPS效率。
- 機房部分熱通道處之地板仍有配置冷氣出風口，導致氣流分配不均勻與氣流洩漏，建議移除熱通道之冷氣出風口。
- 部分發熱量較大之機櫃，熱空氣直接由機櫃內部短循環至機櫃進風端，導致機櫃進風溫度上升，產生局部熱點，造成內部IT設備散熱不良，建議於機櫃空格處加裝盲蓋板，減少熱氣短循環。

## 案例#2-銀行

---

---

- 電力系統：設有2個主電源盤 (UPSA & UPSB)，每個電源盤各有3台UPS(200KVA)並聯，分別供應5~7樓機房IT設備用電。
- 空調系統：5~7樓機房設有電腦機房專用空調機(CRAC)20RT、15RT、10RT、5RT，各樓層配置15~18台，合計50台。
- 氣流管理：採高架地板送風，熱氣自然回風設計。

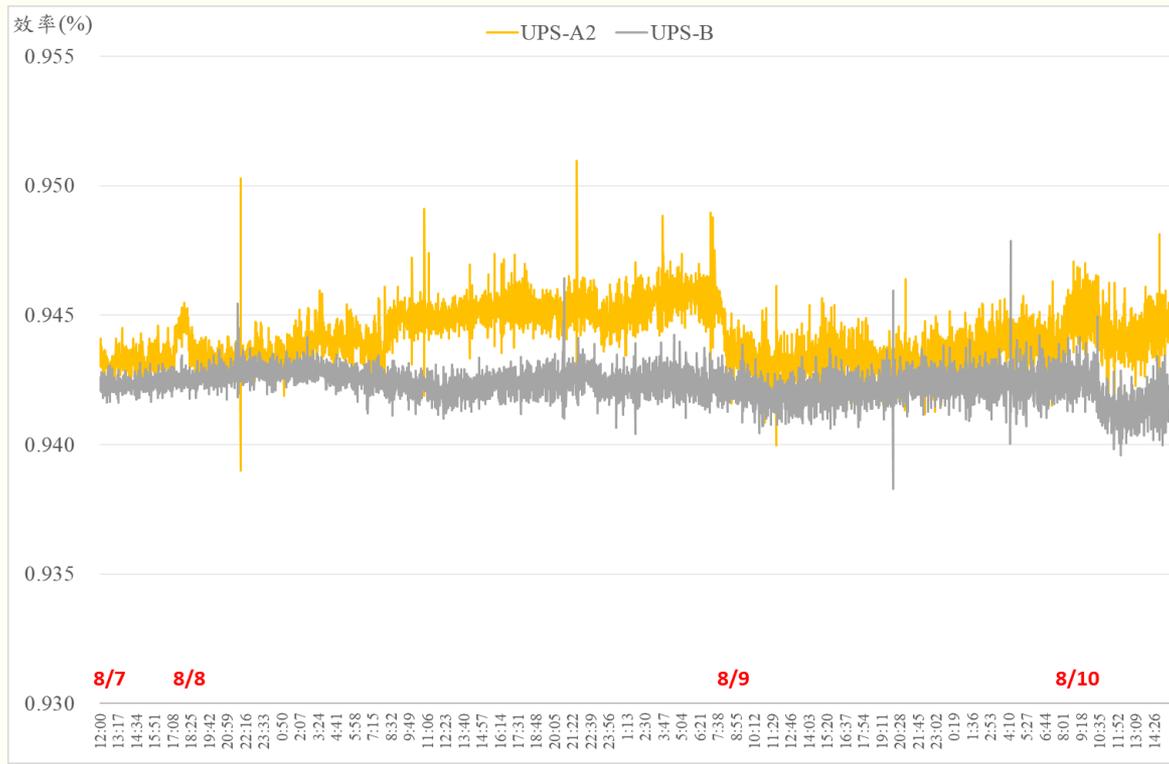




# 檢測結果與分析

## ➤ UPS效率分析

名稱	輸入功率(kW)			輸出功率(kW)			損耗(kW)	效率(%)
	Min	Max	Ave	Min	Max	Ave		
UPS-A	117.2	129.4	121.7	110.8	122.1	115.0	6.8	94.4%
UPS-B	117.9	129.66	121.5	110.9	122.4	114.4	7.0	94.2%



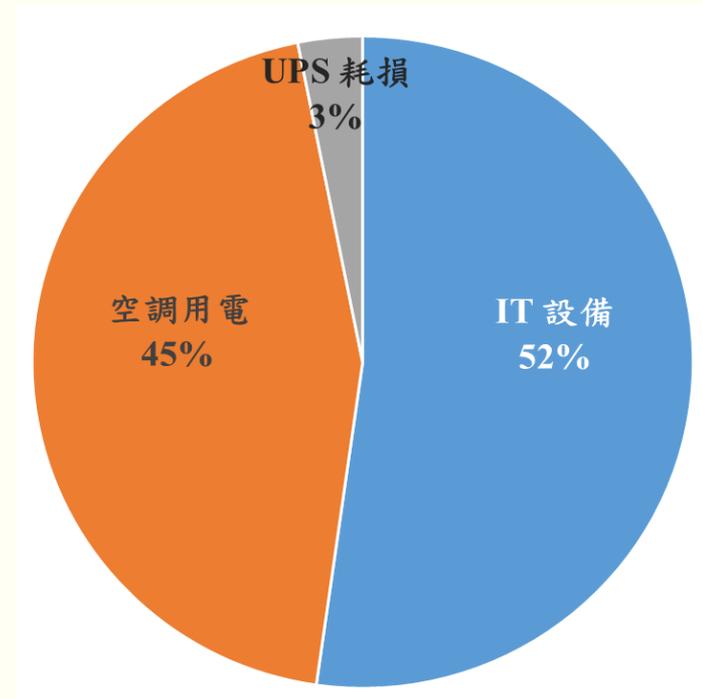


# 檢測結果與分析

## ➤ 機房設備耗電佔比

項目	功率 (kW)	耗電量 (kWh)	耗電量占比 (%)
IT設備	229.4	17,589	52.2%
空調用電	195.9	14,844	44.6%
UPS耗損	13.8	1,058	3.1%

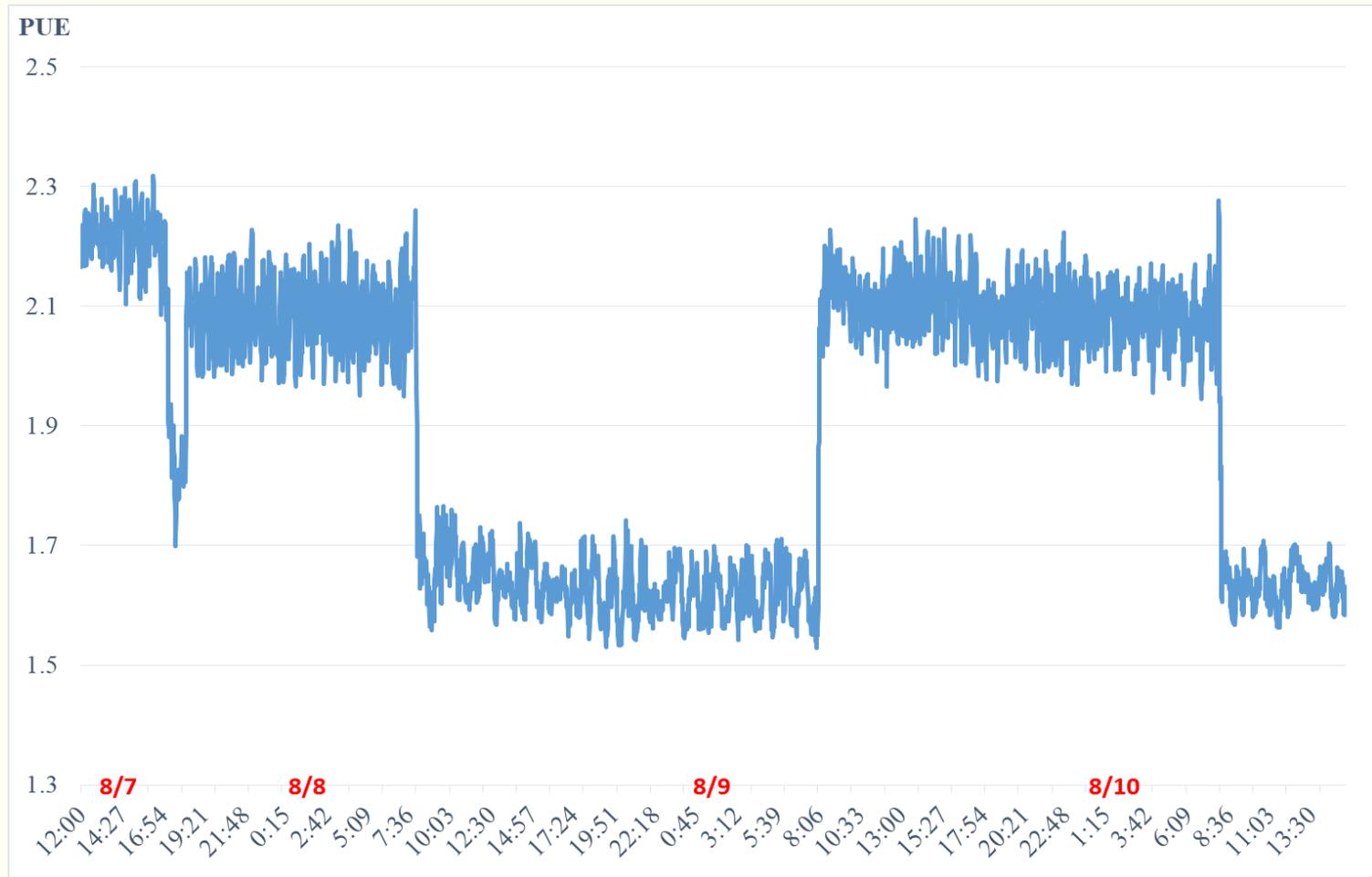
量測期間PUE平均值：1.90



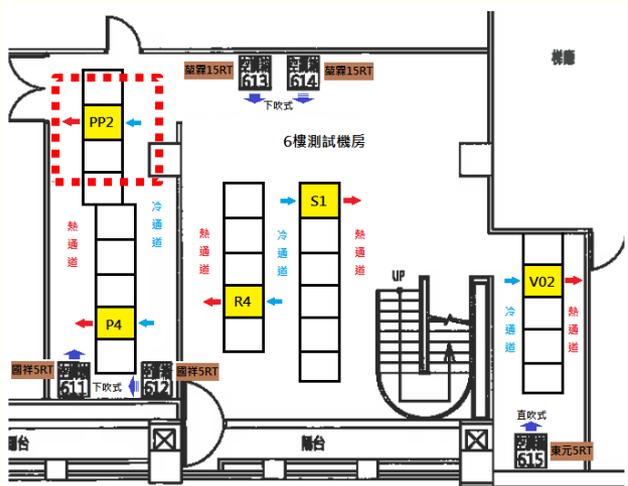


# 檢測結果與分析

## ➤ PUE指標



# ➤ 氣流分配



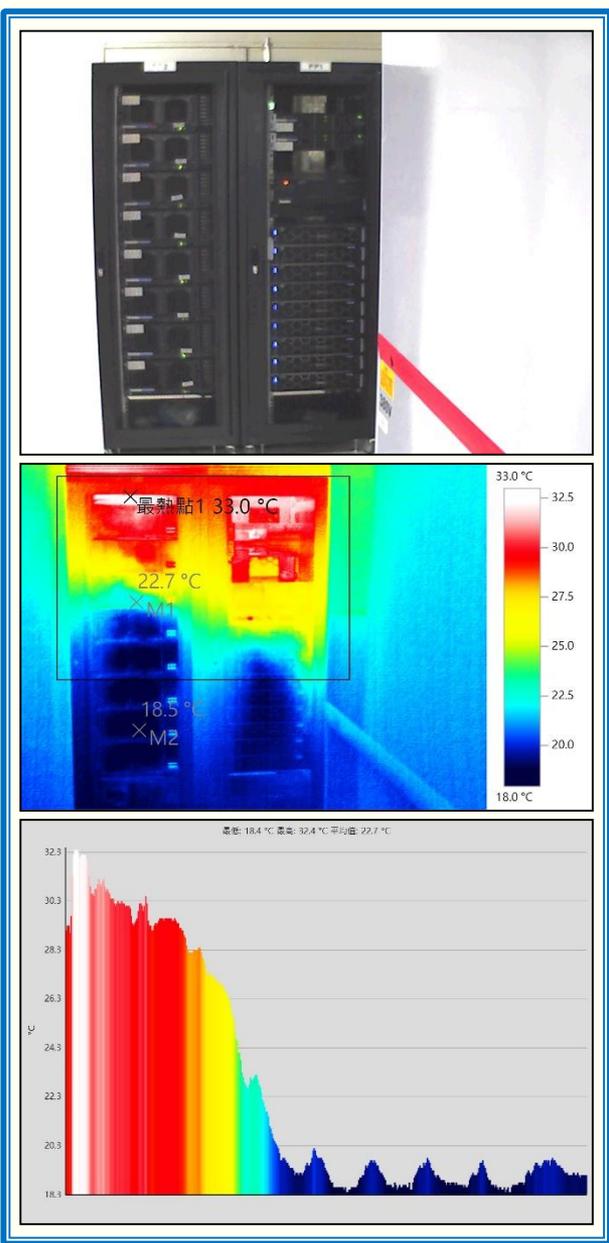
## 測試機房 6F機房

機櫃編號 PP2

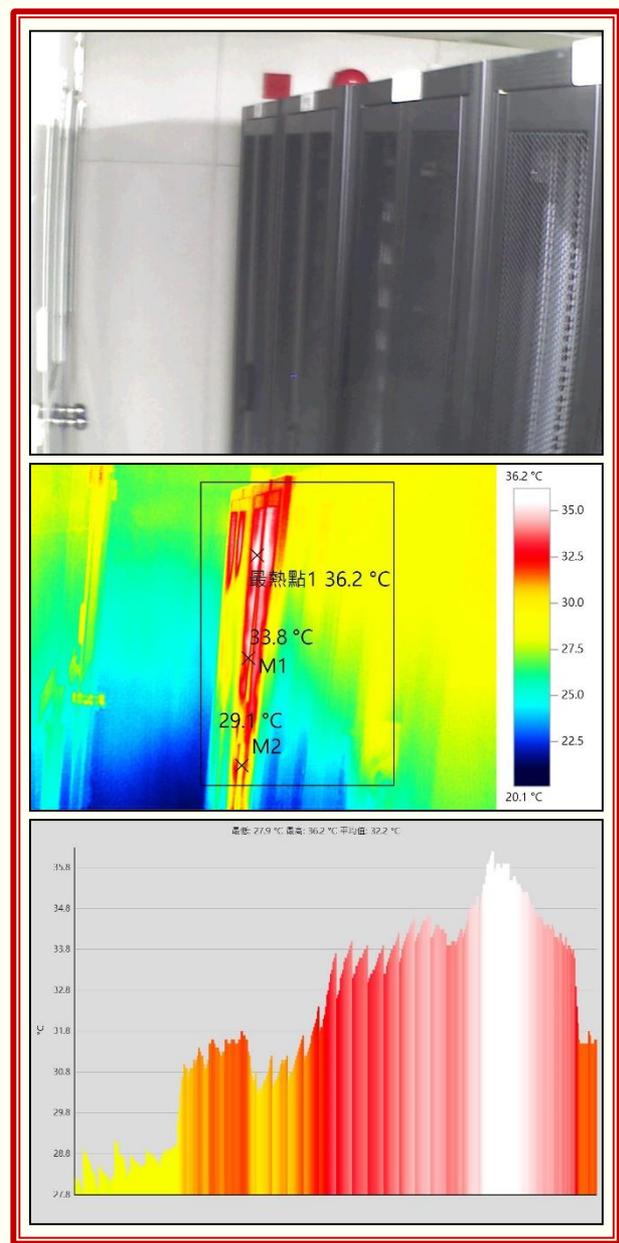
測試時間 2018/08/10

測試點	測試位置	db Temp (°C)	RH (%)
1	SA	11.47	77.79
2	RA	21.91	41.52
3	機櫃下方進風口	15.84	53.70
4	機櫃中間進風口	17.10	56.07
5	機櫃上方進風口	28.05	27.32
6	機櫃下方出風口	27.69	28.56
7	機櫃中間出風口	29.44	24.10
8	機櫃上方出風口	25.59	32.88

$\Delta T_{RACK}$	7.24
$RCI_{LO}$	49.1%
$RCI_{HI}$	78.9%
RTI	144.1%
SHI	55.0%

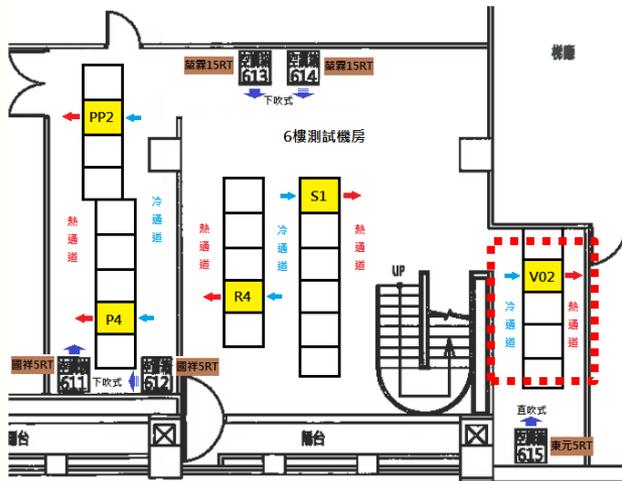


冷通道

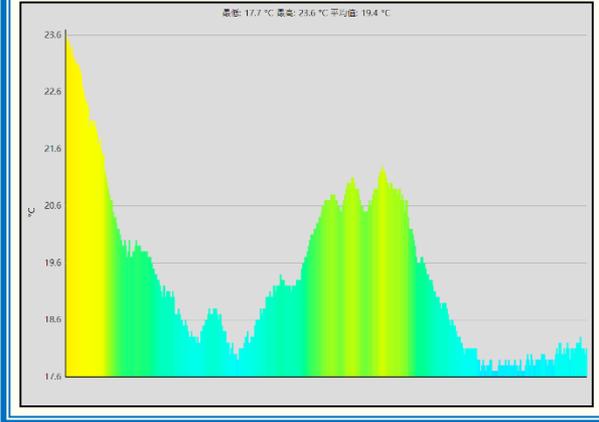
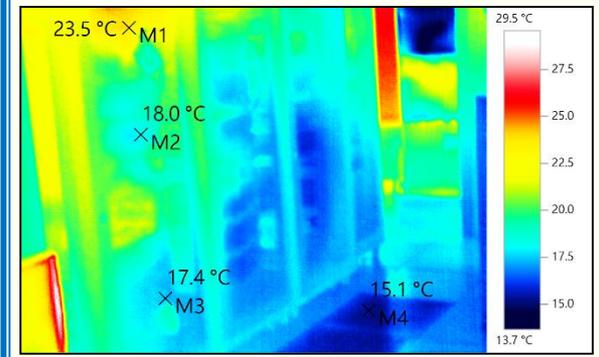


熱通道 21

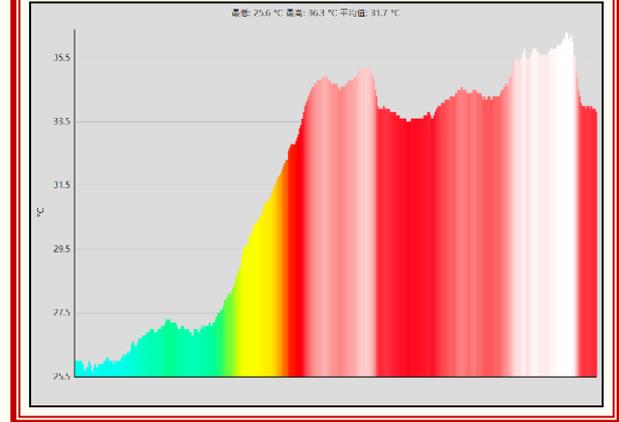
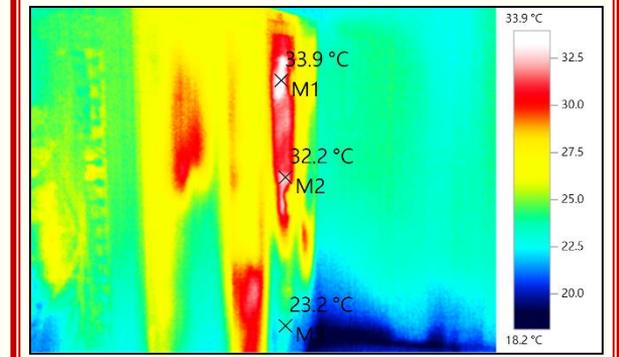
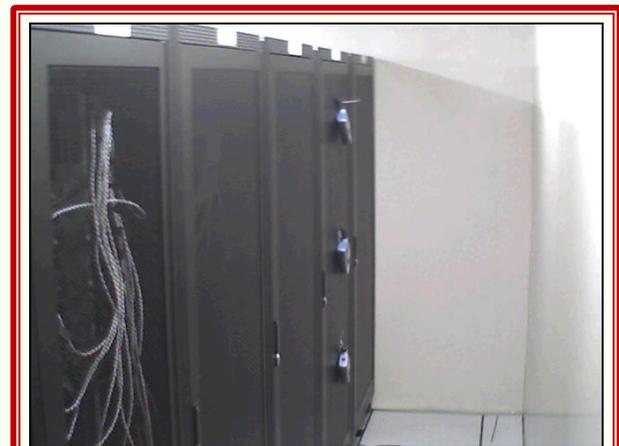
# ➤ 氣流分配



測試機房 6F機房			
機櫃編號 V02			
測試時間 2018/08/10			
測試點	測試位置	db Temp (°C)	RH (%)
1	SA	16.04	58.60
2	RA	19.48	47.16
3	機櫃下方進風口	17.83	50.21
4	機櫃中間進風口	17.58	48.11
5	機櫃上方進風口	18.48	44.24
6	機櫃下方出風口	24.52	30.35
7	機櫃中間出風口	32.00	21.15
8	機櫃上方出風口	33.01	19.36
$\Delta T_{RACK}$	11.88		
$RCI_{LO}$	90.2%		
$RCI_{HI}$	100.0%		
RTI	29.0%		
SHI	55.0%		



冷通道



熱通道 22



## 改善建議

---

- 機房採用熱空氣自然回風設計，冷熱氣流未明確隔離分道，造成機房溫度場混亂。建議將機櫃重新規劃，將冷、熱通道隔離，並將閒置機櫃層封閉。
- PUE夏季平均2.39，冬季1.75，夏季空調負載為冬季的兩倍(173.4kW升至348.8kW)，因IT設備耗電負載穩定，空調耗電明顯受外氣影響，建議減少外氣引入量。
- 資訊機房無常駐人員，不須自然採光，建議將目前機房窗戶玻璃增加隔熱效果，減少輻射熱侵入。
- 5樓資訊機房氣流場規劃採用冷通道封閉設計，可提升氣流分配效率，具節能效果。但排熱端之環境溫度太高，會造成現場工作人員舒適度降低。建議將來規劃新機房區域，採熱通道封閉方式設計，可以提升排熱端溫度，增加熱交換溫差，提升系統效率。

## 案例#3-辦公大樓

---

- 電力系統：設有3台UPS(200kVA)，供應機房IT設備使用。
- 空調系統：水冷渦卷式冰機50RT×2台、氣冷式冰機50RT×3台(備援)。空氣側採用冰水型機櫃式空調機18kW×12台。
- 氣流管理：採機櫃式空調水平式送風與熱通道隔離設計，冷風由相鄰機櫃吸入，因氣流路徑小，可提升空調系統效率。

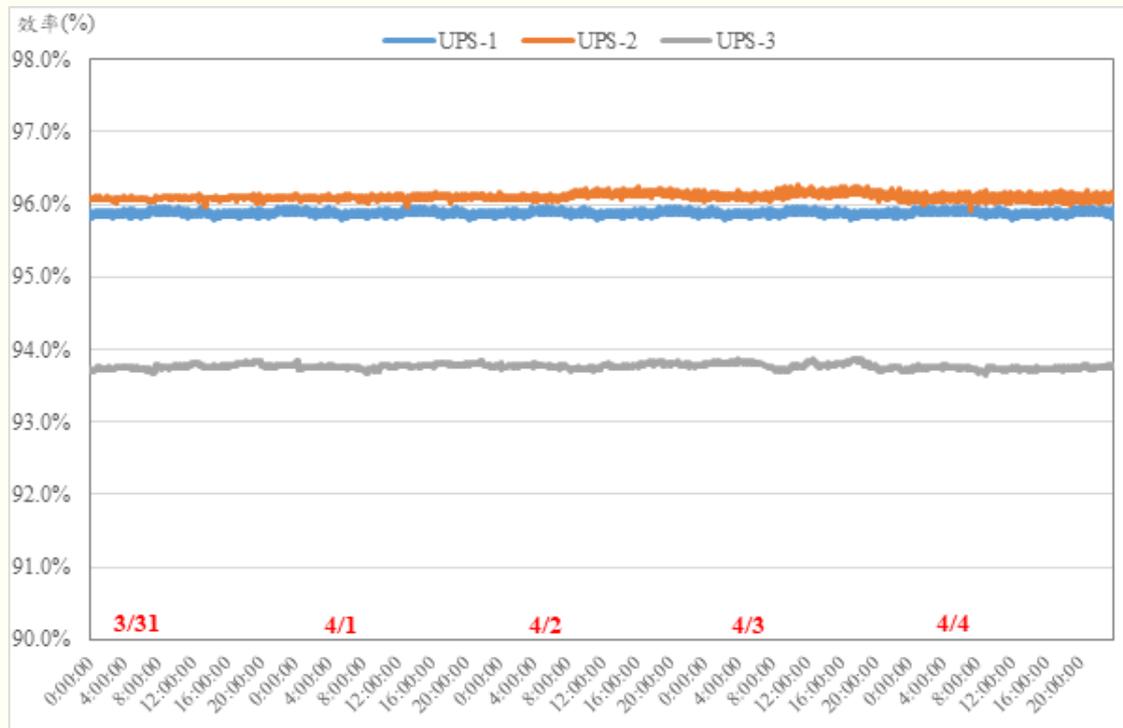




# 檢測結果與分析

## ➤ UPS效率分析

名稱	輸入(kW)			輸出(kW)			損耗(kW)	效率(%)
	Min	Max	Ave	Min	Max	Ave		
UPS-1	85.3	88.5	86.4	81.8	84.8	82.8	3.6	95.9
UPS-2	92.5	94.9	93.5	88.8	91.2	89.8	3.6	96.1
UPS-3	88.6	90.7	89.4	83.1	85.1	83.9	5.6	93.8



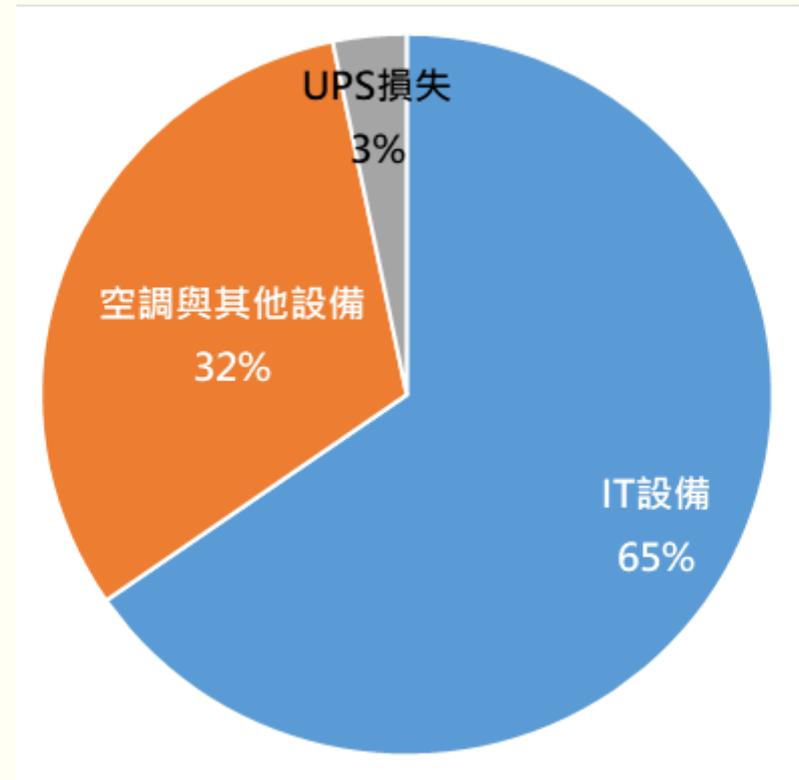


# 檢測結果與分析

## ➤ 機房設備耗電佔比

設備名稱	功率 (kW)	耗電量 (kWh)	耗電量占比 (%)
IT設備	256.5	30,784	65.3%
空調與其他設備	123.3	14,794	31.4%
UPS損失	12.8	1,532	3.3%

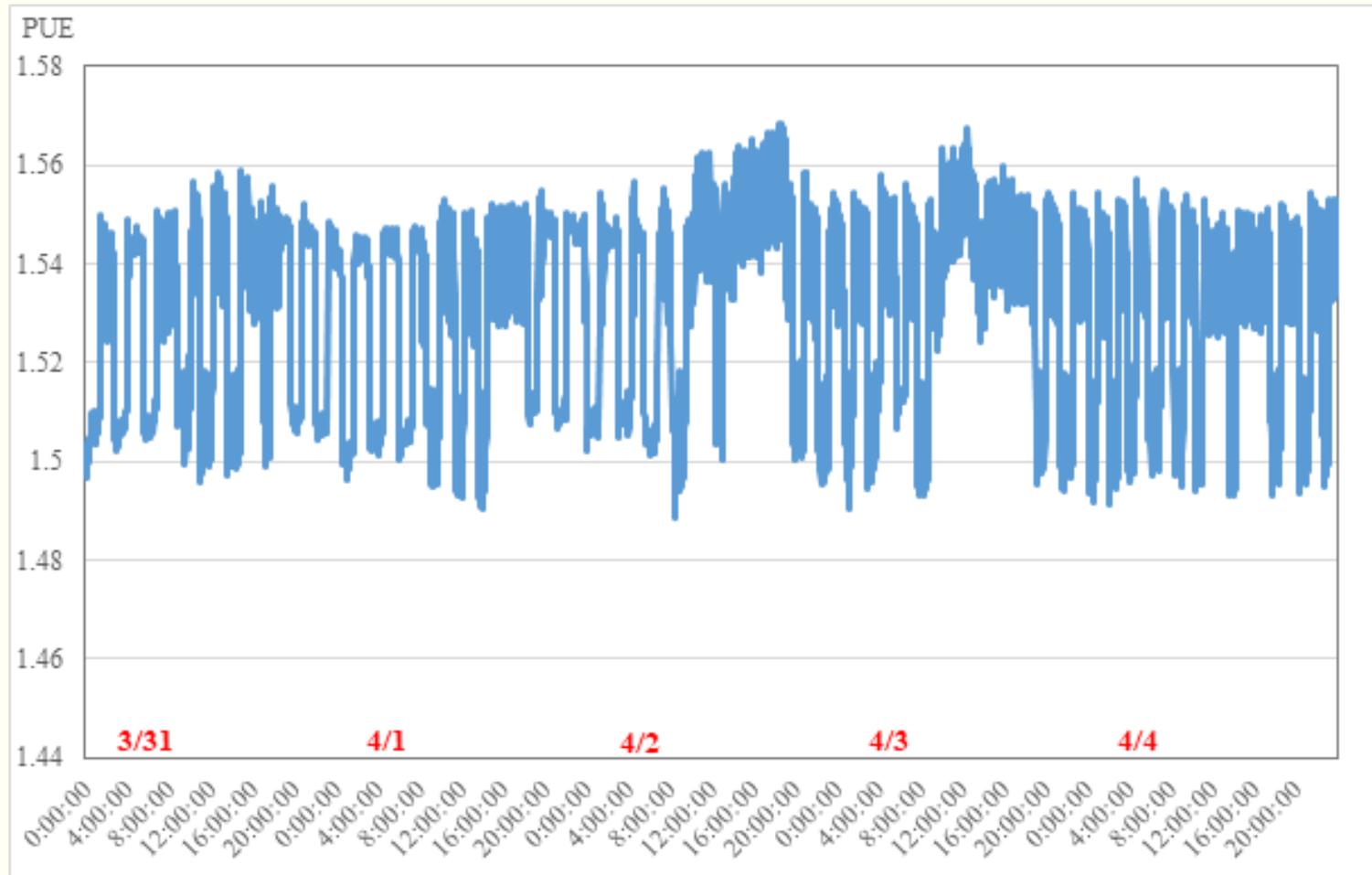
量測期間PUE平均值：1.53





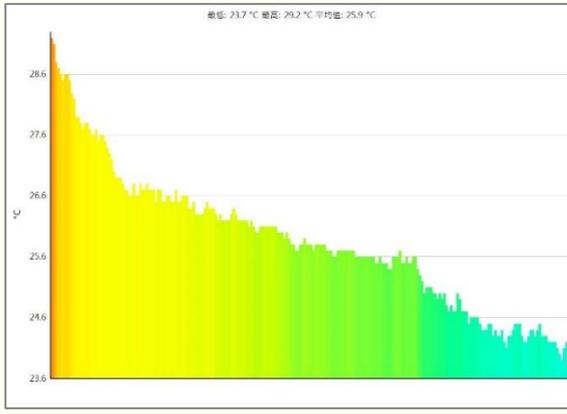
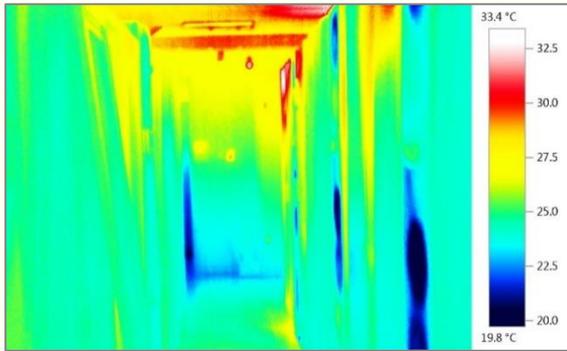
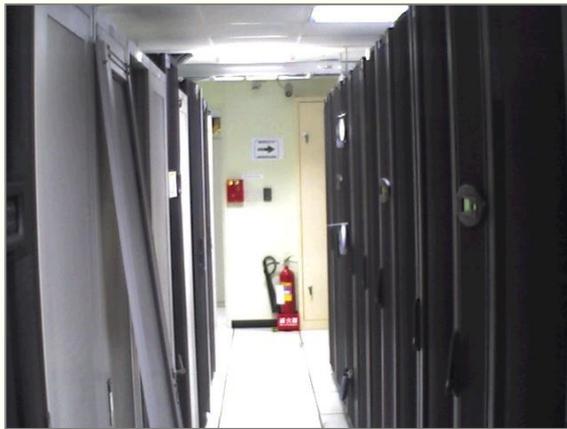
# 檢測結果與分析

## ➤ PUE指標

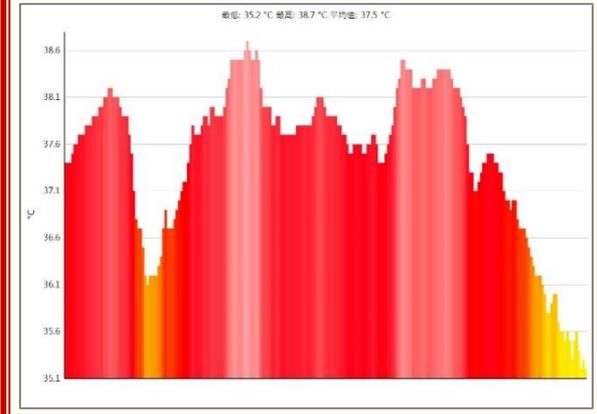
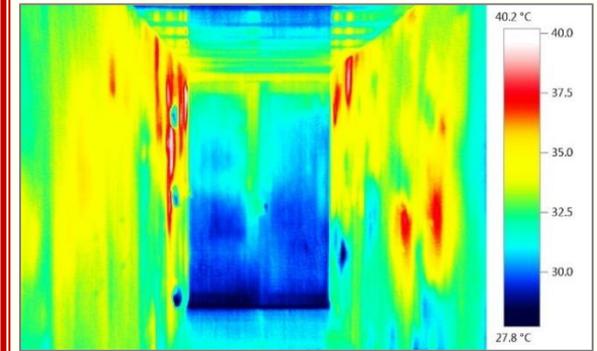


## ➤ 氣流分配

測試機房	9F機房																																													
機櫃編號	B53																																													
測試時間	2018/03/31																																													
測試點	測試位置	db Temp (°C)	RH (%)																																											
1	SA	20.86	63.51																																											
2	RA	28.01	3	機櫃下方進風口	23.47	54.98	4	機櫃中間進風口	25.71	48.41	5	機櫃上方進風口	29.32	37.50	6	機櫃下方出風口	34.70	29.01	7	機櫃中間出風口	36.66	25.28	8	機櫃上方出風口	36.75	26.04	$\Delta T_{RACK}$	9.87°C			$RCI_{LO}$	100.0%			$RCI_{HI}$	84.5%			RTI	72.4%			SHI	35.0%		
3	機櫃下方進風口	23.47	54.98																																											
4	機櫃中間進風口	25.71	48.41																																											
5	機櫃上方進風口	29.32	37.50																																											
6	機櫃下方出風口	34.70	29.01																																											
7	機櫃中間出風口	36.66	25.28																																											
8	機櫃上方出風口	36.75	26.04																																											
$\Delta T_{RACK}$	9.87°C																																													
$RCI_{LO}$	100.0%																																													
$RCI_{HI}$	84.5%																																													
RTI	72.4%																																													
SHI	35.0%																																													



冷通道

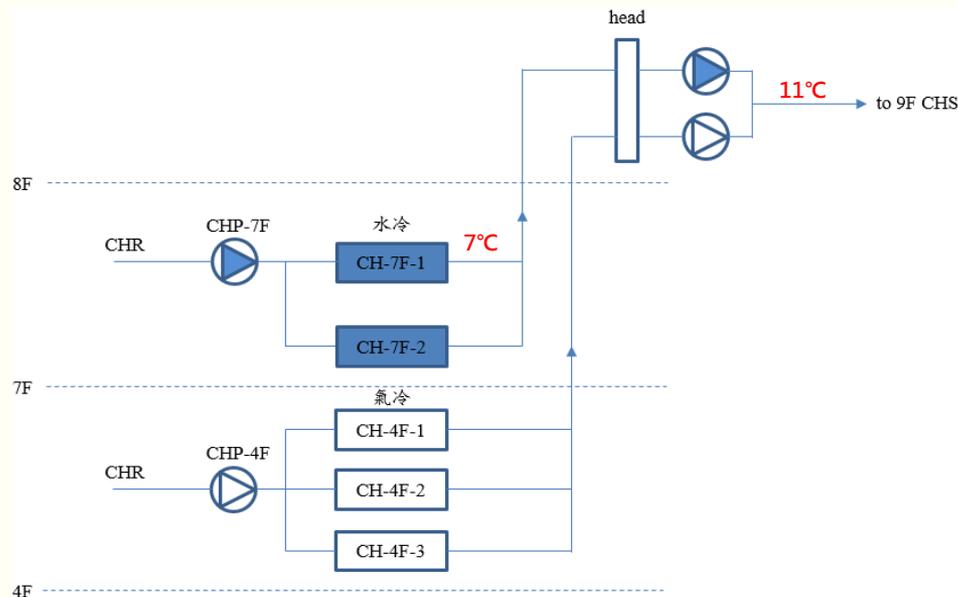


熱通道



# 改善建議

- 部分機櫃有冷空氣旁通之情形，建議將閒置機櫃層封閉，減少氣流混合情形。
- 冰水主機出水溫度約為7~9°C，但經過8樓集水頭後上升至11~13°C，因8樓水泵吸取未經冰機冷卻之冰水，產生混水，建議可在8樓集水頭之水泵加裝變頻器，減少混水問題。





# 政府補助資源

## 節能績效保證專案示範推廣補助

- 節能效益保證：採用節能績效保證合約(Energy Savings Performance Contracts, ESPC)，保證顧客節能效益。
- 節能效益驗證：以適宜程序方法驗證節能效益。

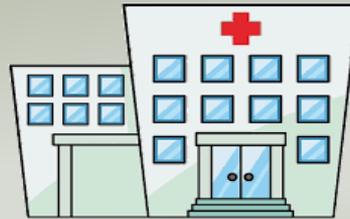


# 資格條件

## ▶ 補助對象：



依法設立登記  
之法人



醫療機構



機關



學校

## ▶ 補助條件：

- **基本要求**：專案計畫節能率不得低於百分之十。
- **申請條件**：申請單位用電契約容量達一百瓩以上或整合自身及所屬(轄)單位累積契約容量達五百瓩以上者。
- 該專案計畫項目未獲其他補助者。



## 補助金額

---

---

- 單一績效保證計畫補助金額以新臺幣500萬元為上限，且未超過該計畫執行經費20%為原則。整合自身及所屬(轄)累積用電契約容量達500瓩以上之績效保證計畫，補助金額以新臺幣1,500萬元為上限，且未超過該計畫執行經費20%為原則。
- 申請單位為中小企業，其補助比例上限得提高為計畫執行經費30%。
- 優先補助項目，其補助比例得就優先補助項目部分所需經費，提高10%補助比例上限。
- 績效保證計畫之契約金額如低於核定計畫執行經費，實際補助金額應按比率減少之。

# 優先補助項目

## 1. 動力機械設備



泵浦



風機



空壓機



馬達

※優先補助項目之設備建議抽樣比率為 100%

### 注意事項說明

- ✓ 動力設備優先示範項目為設備汰舊換新，並採用IE3等級以上之馬達設備。
- ✓ 動力設備增設變頻器，非屬優先示範補助項目範疇。
- ✓ 空調箱非屬風機範疇，僅空調箱構造內之風機屬優先示範項目。
- ✓ 空壓機附屬設備非屬優先示範項目範疇，如乾燥機、冷卻水塔。



# 優先補助項目

## 2.服務業中央空調系統-水側系統效率小於0.75kW/RT

$$\frac{\text{合計 [冰水主機、冰水泵、冷卻水泵、冷卻水塔] 耗功 (kW)}}{\text{合計 [冰水主機] 冷凍能力(RT)}} < 0.75$$



冰水主機(kW、RT)



冰水泵(kW)



冷卻水泵(kW)



冷卻水塔(kW)

※**不包含區域泵**

※**驗證時間至少一個月**

※**改善後須設置可視化監測**

※**建議抽樣比率 100%**

※**新購冰機須符合能源效率分級基準**

冰水機組製冷能源效率分級基準表

冰水機組類型		標示額定製冷能力	製冷能源效率分級基準		
			性能係數(COP)		
			3級	2級	1級
水冷式	容積式	< 528kW	4.45	4.80	5.15
		≥ 528kW < 1758kW	4.90	5.30	5.70
		≥ 1758kW	5.50	5.90	6.35
	離心式	< 528kW	5.00	5.40	5.80
		≥ 528kW < 1055kW	5.55	5.95	6.40
氣冷式	全機種	2.79	3.00	3.20	

# 優先補助項目

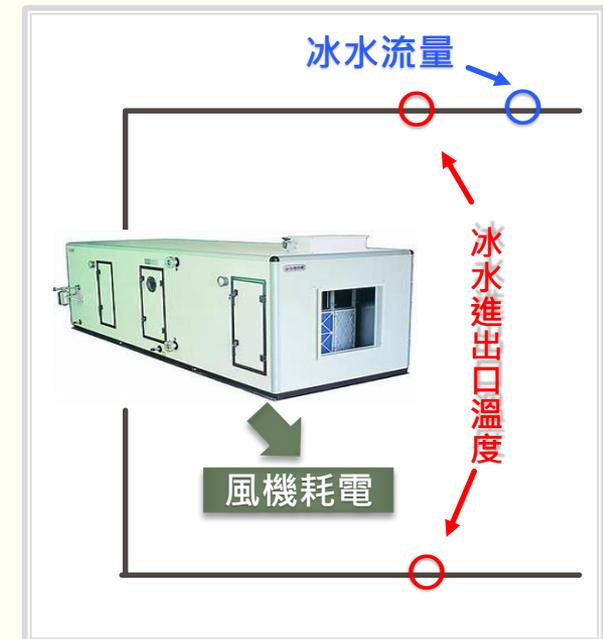
## 3.服務業中央空調系統-空氣側系統效率小於0.25kW/RT

- 空氣側設備用電效率：  
係指中央空調空氣側設備改善範疇每單位冷凍能力所需之耗電量(kW/RT)
- 空氣側設備：  
包含空調箱、送風機及預冷空調箱等。



- ※ 驗證時間至少2週以上
- ※ 標的須包含空調箱與送風機
- ※ 建議抽樣比率 100%

- 建議量測方式：

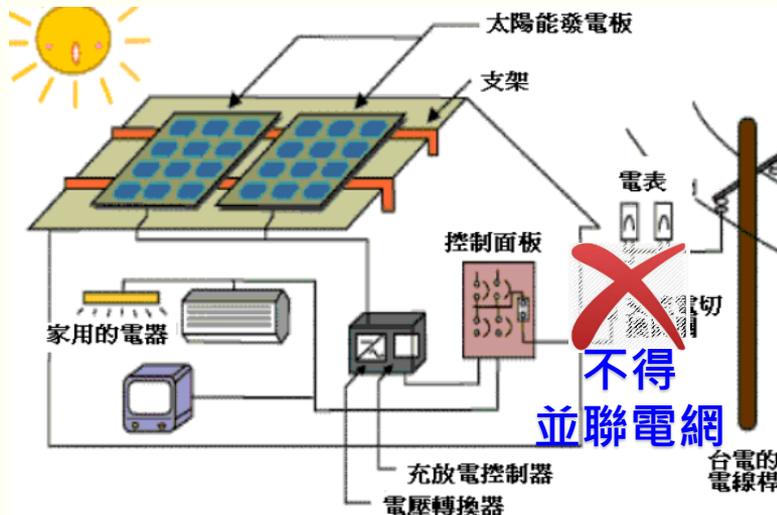


# 優先補助項目

## 4. 運用創能減少用電負載之設備技術

- 透過創能技術，減少建物 / 工廠設備系統用能，以達節約能源之目的，並需量測驗證其節能率。(ex：「設置**光電系統取代設備用電**」或「運用**光導措施減少室內照明用電**」。)

### (1) 太陽能發電取代市電



### (2) 太陽能集熱取代部分熱泵用電



### (3) 太陽光導照明系統(取代照明用電)

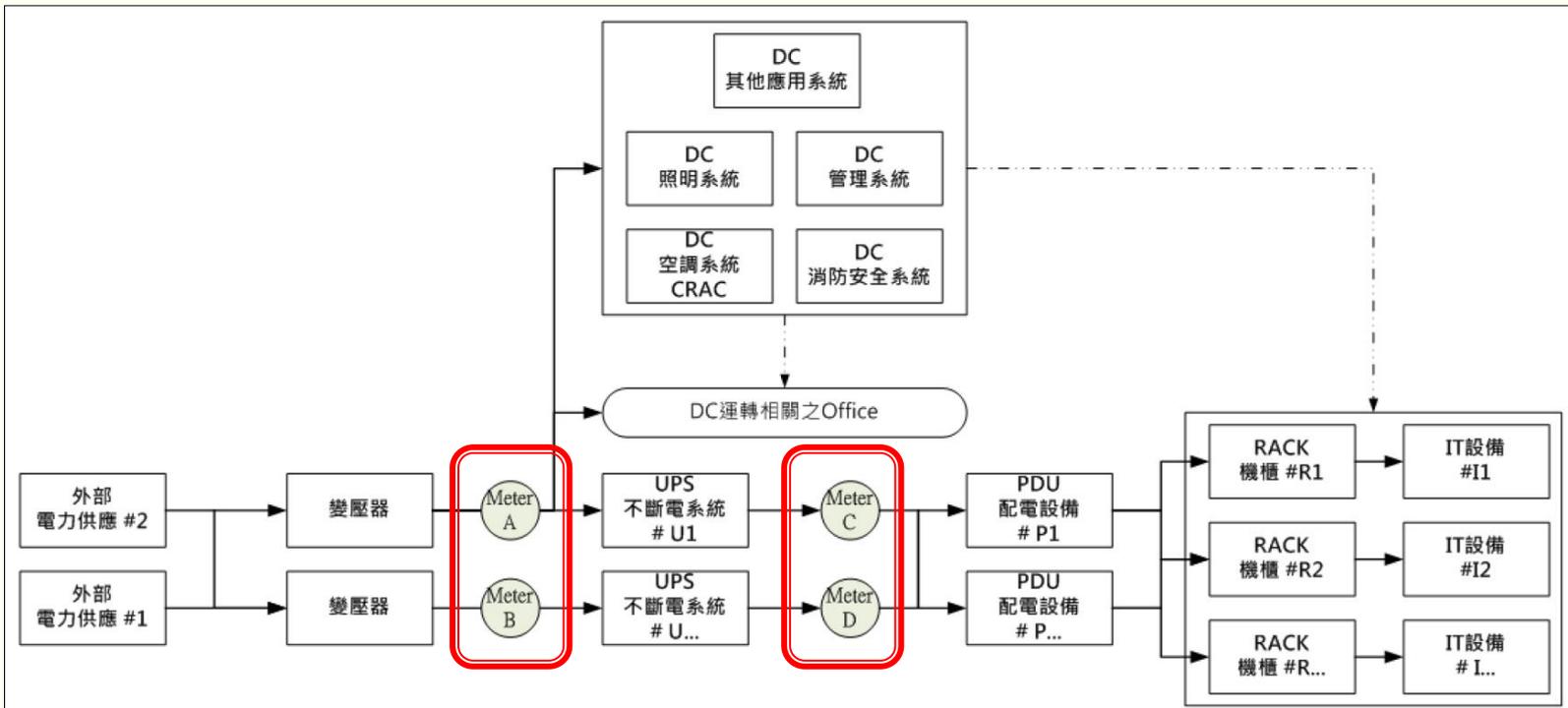




# 優先補助項目

## 5.資料中心能源效率指標值(PUE)在1.5以下

能源效率指標值PUE(Power Usage Effectiveness) = 總耗能(IT設備耗能+ 空調系統+ 照明+ 電力轉換損耗)/IT設備耗能，PUE越接近1能源效率越佳。  
如圖， $PUE = (A+B)/(C+D)$



網路通訊交換器



伺服器



不斷電系統



# 優先補助項目

---

## 6.建置能源管理系統(Energy Management System ; EMS)

### ■ 能源管理系統之定義：

- 指建築物(全廠)導入能源管理系統後可提供各電力流向即時監測、能耗分析、能源績效指標分析、能源管理報表等，並於導入後提供能源管理做法成效報告。

### ■ 計畫書審查階段，能源用戶於計畫書規劃項目說明：

- 能源管理系統建置規劃說明

- 服務業：電力系統、空調系統、照明系統、空壓系統等。
- 製造業：電力系統、空調系統、照明系統、空壓系統等公用系統及生產管理系統(必要項目)。

- 能源績效指標建置說明：

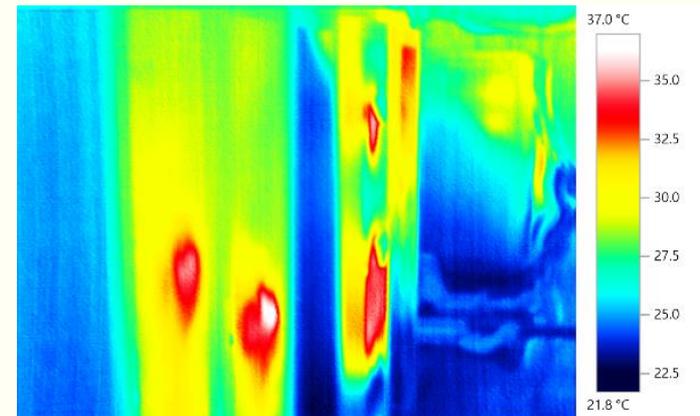
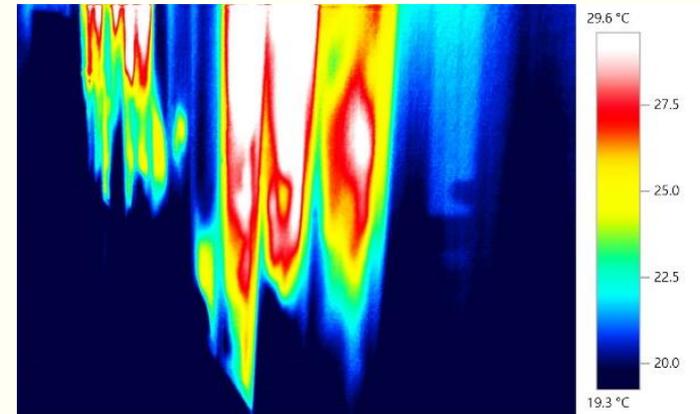
- 公用系統管理指標及生產管理指標(僅製造業須提出)。

### ■ 驗證階段，驗證報告呈現說明

- 能源管理系統建置成果。
- 能源績效指標建立。

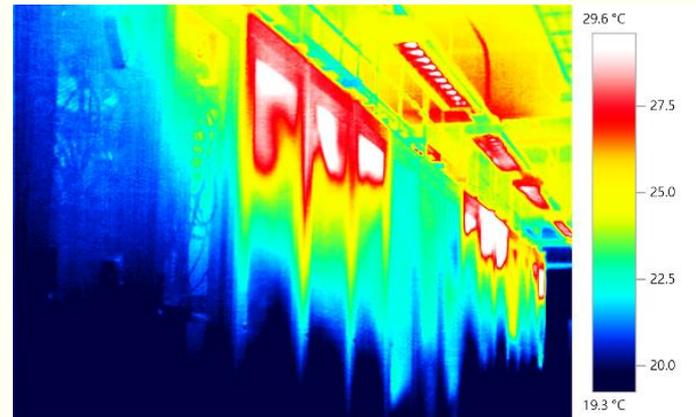
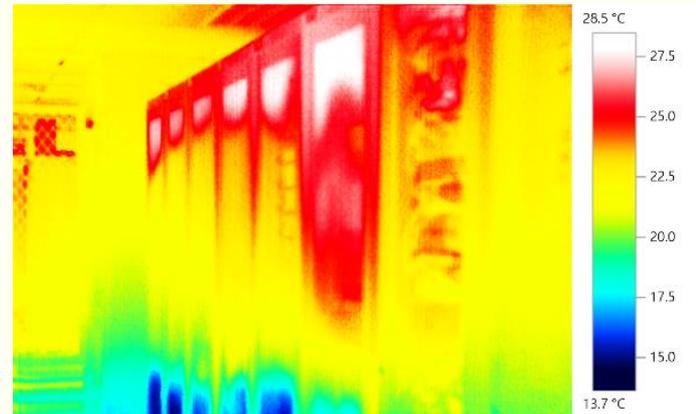
# 結論

- 機房常見機櫃內IT設備散熱方向  
錯置，且閒置空機架未封閉隔離，  
導致氣流短循環或發生熱氣回流  
情形，嚴重影響散熱效果。
- 高架地板送風系統，因地板下方  
佈線複雜阻礙氣流配送，導致末  
端送風口風量及靜壓不足，於機  
櫃高層產生熱點，造成散熱效果  
不佳且不利後續維護保養工作。



# 結論

- 機房常見機櫃內IT設備散熱方向錯置，且閒置空機架未封閉隔離，導致氣流短循環或發生熱氣回流情形，嚴重影響散熱效果。
- 高架地板送風系統，因地板下方佈線複雜阻礙氣流配送，導致末端送風口風量及靜壓不足，於機櫃高層產生熱點，造成散熱效果不佳且不利後續維護保養工作。





# 結論

---

- 針對耗電較大的機櫃，以機櫃式(In Row)精密空調機搭配熱通道封閉，可改善空調冷熱氣流混風的狀況。
- 若使用單位能改善機房氣流場之冷熱氣流混合問題，並依循ASHRAE建議的機房溫度範圍設定，提高機櫃吸入端空調溫度，可進一步節省空調耗能，降低機房PUE值。
- 針對機房節能改善，可善用政府輔導&補助資源，藉此了解機房用電效率與縮短投資回收年限。



簡報結束  
謝謝指教