

2019 科學園區廠務技術研討會



導入 AI 與大數據分析技術 ---

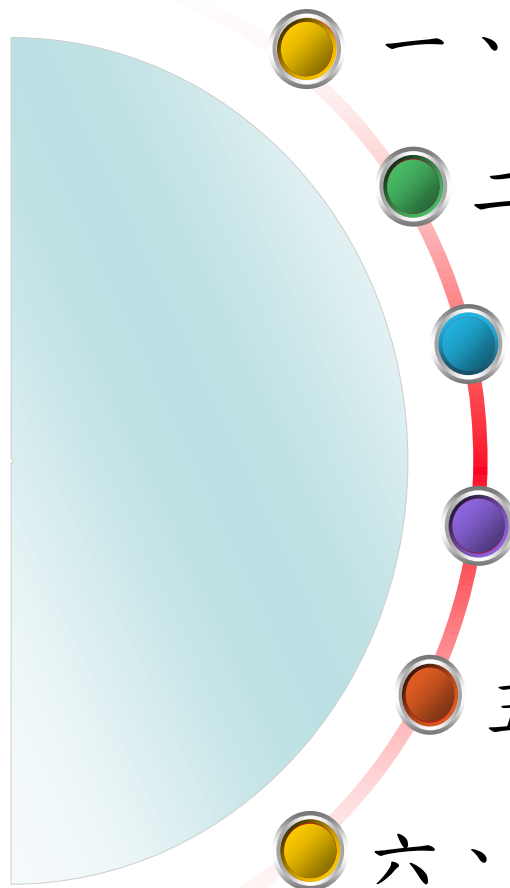
實現冰水系統能源管理優化

(冰機調度智能決策技術開發)

MXIC Fab 5 楊文偉

2019/11/19

AGENDA

- 
- 一、前言
 - 二、目的
 - 三、決策架構
 - 四、決策流程
 - 五、實際驗證及效益
 - 六、Q & A



前言

■ 進入主題之前：

冰水系統為本廠耗電量最大設備，本廠節能改善朝以下三大方向進行

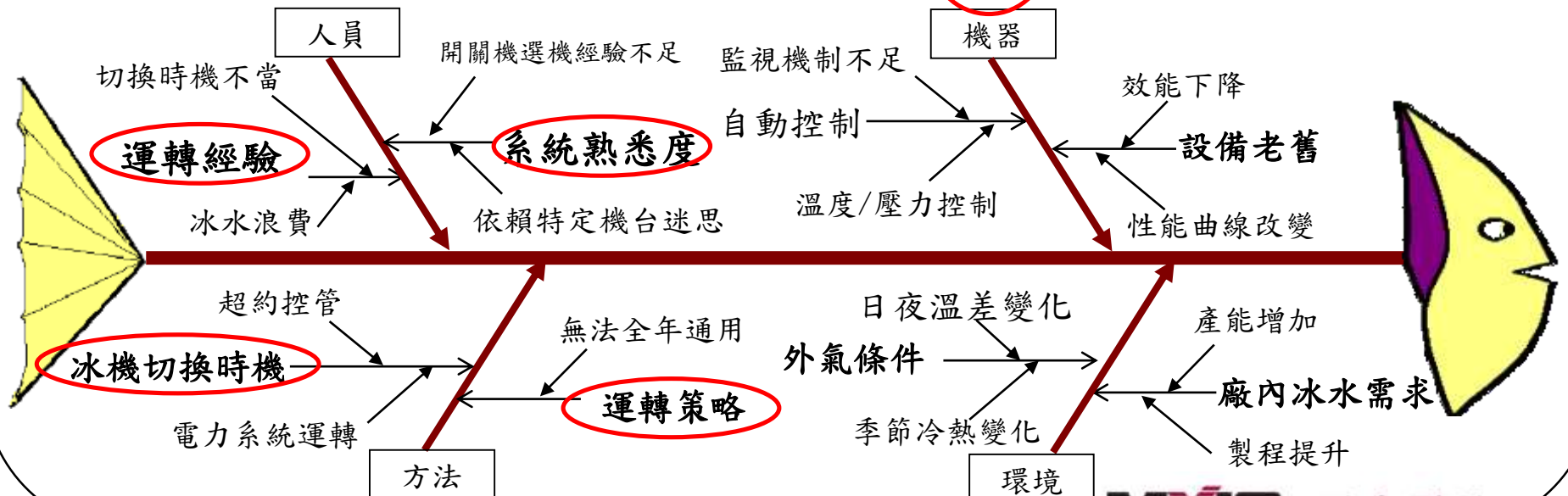
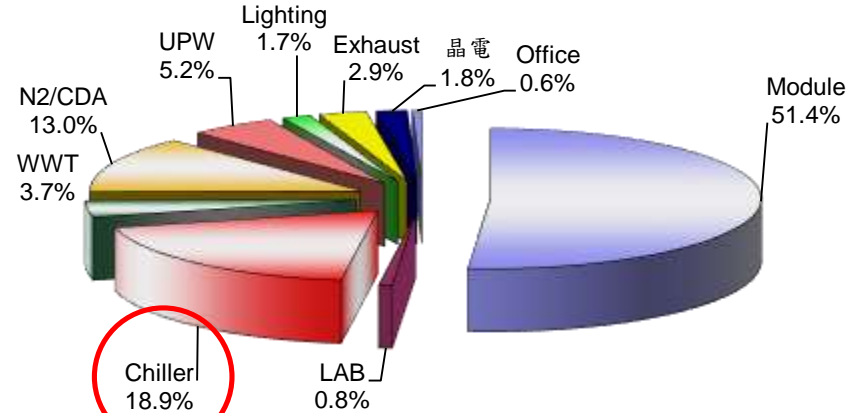
1. 提升冰機效能
2. 系統自動控制能力
3. 建立運轉策略

但是，

設備能力提升有極限，

如何讓冰水系統能源有更佳的使用效率？

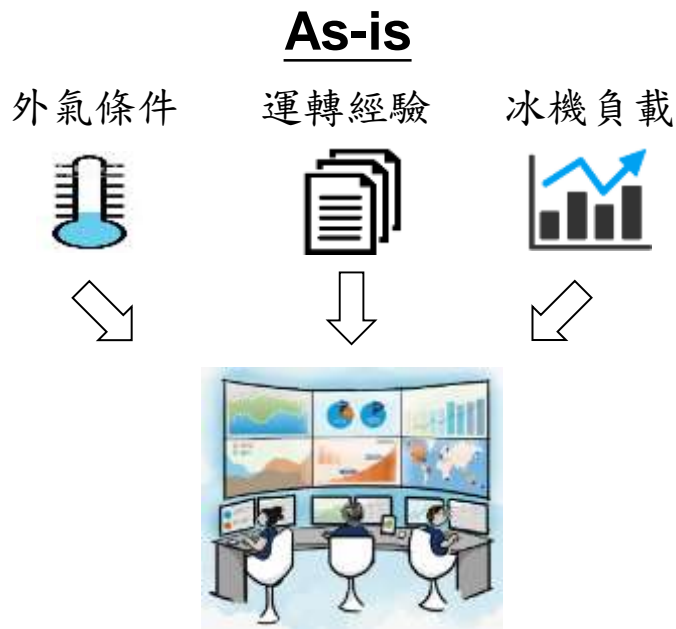
2019 Power Flow (統計至 2019/06月)



目的

■ 冰機調度智能決策技術開發：

1. 持續進行冰機運轉節能，找出影響冰機效能因子，建立個別冰機流量模型，解決單台冰機缺乏流量計困擾
2. 開發以數據為基礎的冰機決策模式以達到最佳化運轉



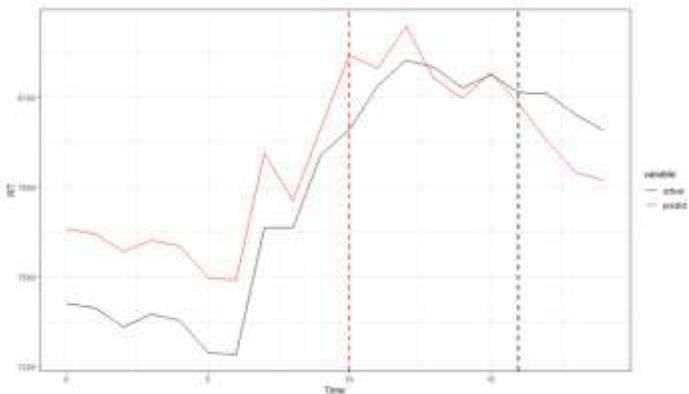
決策架構

Step by Step :

1. 冷凍噸需求預測

(ARIMAX: 時間序列模型)

外生變數: 露點溫度

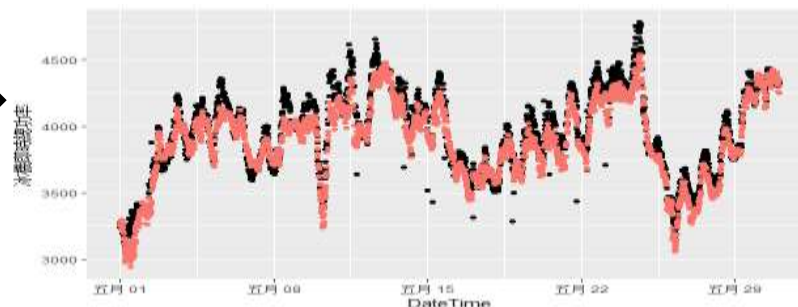


2. 冰水主機負載預測

(MARS: 多元適應性雲形迴歸)

解釋變數: 露點溫度、冷凍噸需求

反應變數: 冰機負載、功率、開關機組合



4. 方案排序與最佳決策建議

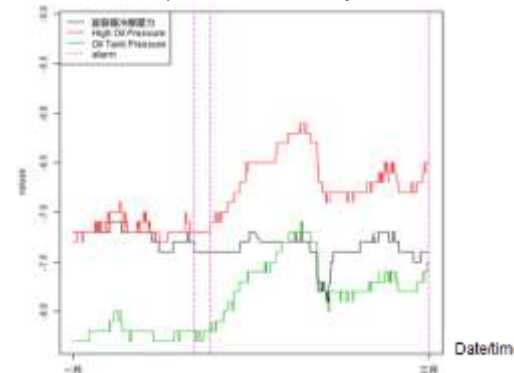
採方案3: 關閉 Ch2、開啟 Ch3

Items	Loop 1			Loop 2			效益預估		
	Ch1	Ch2	Ch3	Ch4	Ch5	Ch6	Load	Kw/RT	Rank
As-is	V	V		V			74.6	0.630	3
方案 1	V	V		X	O		-	-	-
方案 2	V	V		X		O	87.2	0.610	
方案 3	V	X	O	V			76.7	0.618	1
方案 4	X	V	O	V			80.1	0.624	2

以 kW/RT 為指標由小到大作排序，

Load 在 72% ~ 85% 之間為可行解，排除方案 2

3. 冰水主機健康度檢測 (CPD: 變點檢測)



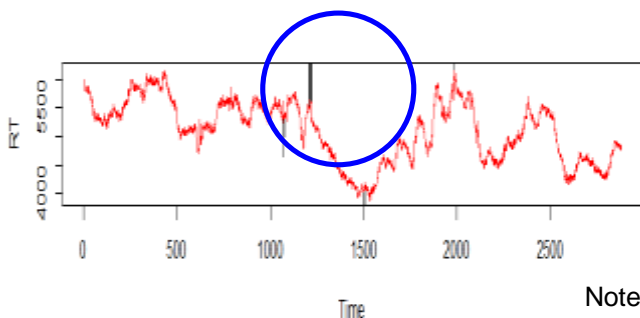
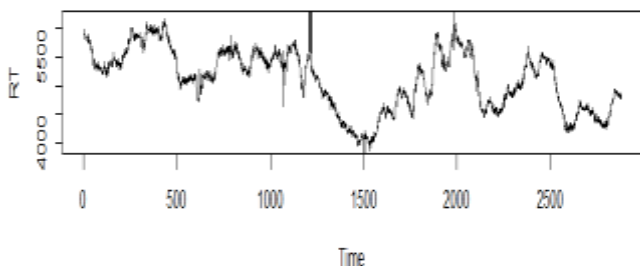
Items	Ch1	Ch2	Ch3	Ch4	Ch5	Ch6
Status	on	on	off	on	off	off
Availability	OK	OK	OK	OK	NG	OK

決策流程 – Step 1

■ 冷凍噸需求預測:

資料處理與模型建立

- 氣象局資料轉換露點溫度
- 平滑冷凍噸歷史資料離群值



ARIMAX Model 建立

Data partition	
Training	28天
Testing	2天



模型評價

- $R^2 > 0.8$
- $MAPE < 2\%$

最終模型

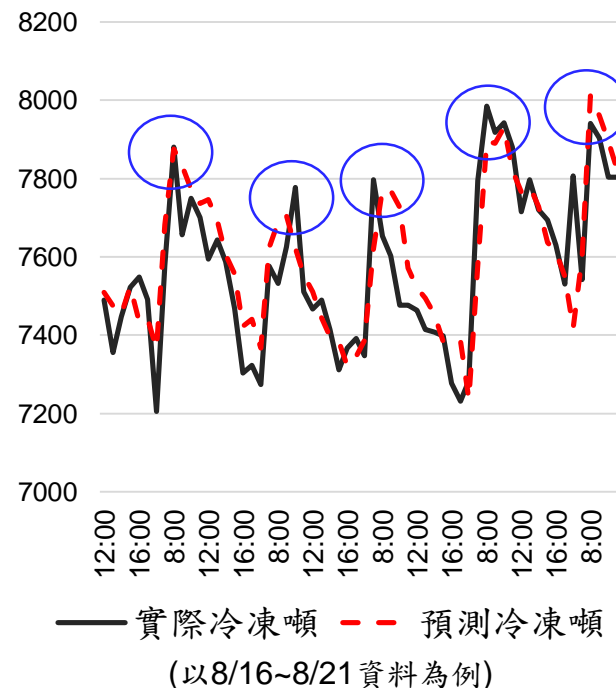
$$\epsilon_t = (RT_t - 76.8568 \times DPT)(1 - 0.7878 \cdot B) - 0.406 \cdot B^{24}(1 - B^{24})$$

1. 冷凍噸需求預測 (ARIMAX: 時間序列模型)
外生變數: 露點溫度



冷凍噸滾動需求預測

- 當天預測露點溫度
- 冷凍噸歷史資料

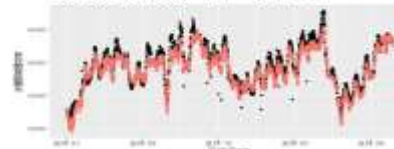


Notes : 1.ARIMAX (Autoregressive integrated-moving average models):考慮外生變數的自我回歸時間序列模型
2.MAPE (Mean Absolute Percent Error) : 平均絕對百分比誤差

決策流程 – Step 2

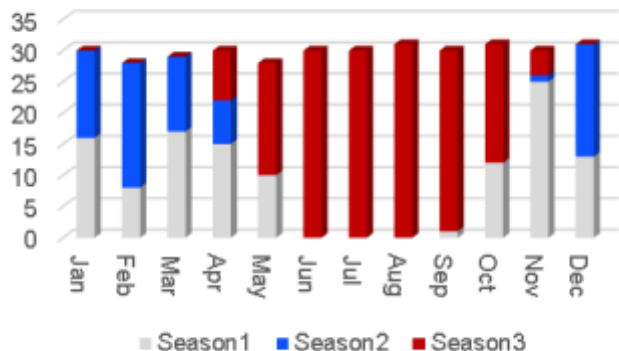
■ 冰水主機負載預測:

2. 冰水主機負載預測
(MARS: 多元適應性雲形迴歸)
解釋變數: 露點溫度、冷源噸需求
反應變數: 冰機負載、功率、開關機組合

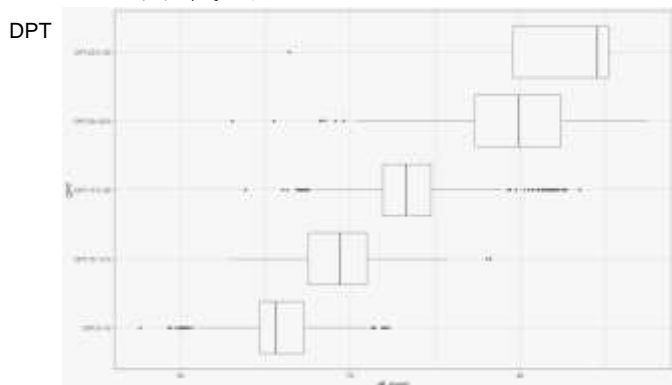


資料分群與最佳效能負載門檻值

- 蒐集近兩年冰機歷史資料，並利用 DTW 將露點溫度分三群



- 依據不同露點溫度區間訂定冰機最佳效能之負載門檻值



Personal Data (D)

負載

最佳開關機時間與組合建議

Time	原始冰機組合													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	13	14	
10:30	V	V	V	V		V					V	V		



冰機負載	kW/RT
86.4	0.643

Time	模擬冰機組合													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	13	14	
10:30	V	V	V	V		V		V			V	V		



考量時間電價

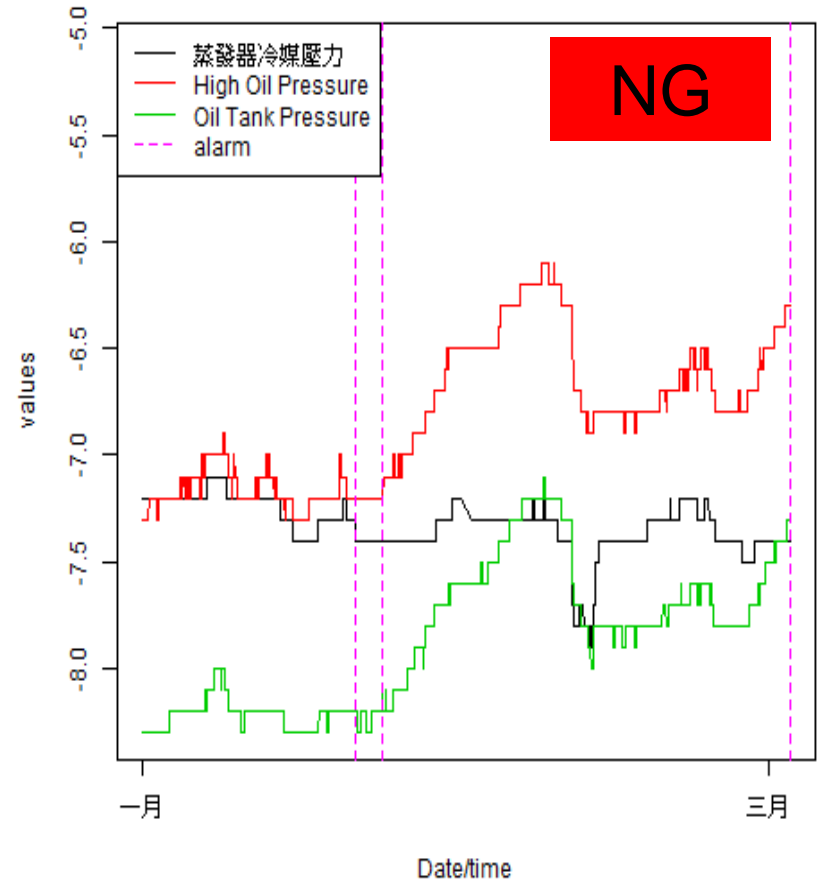
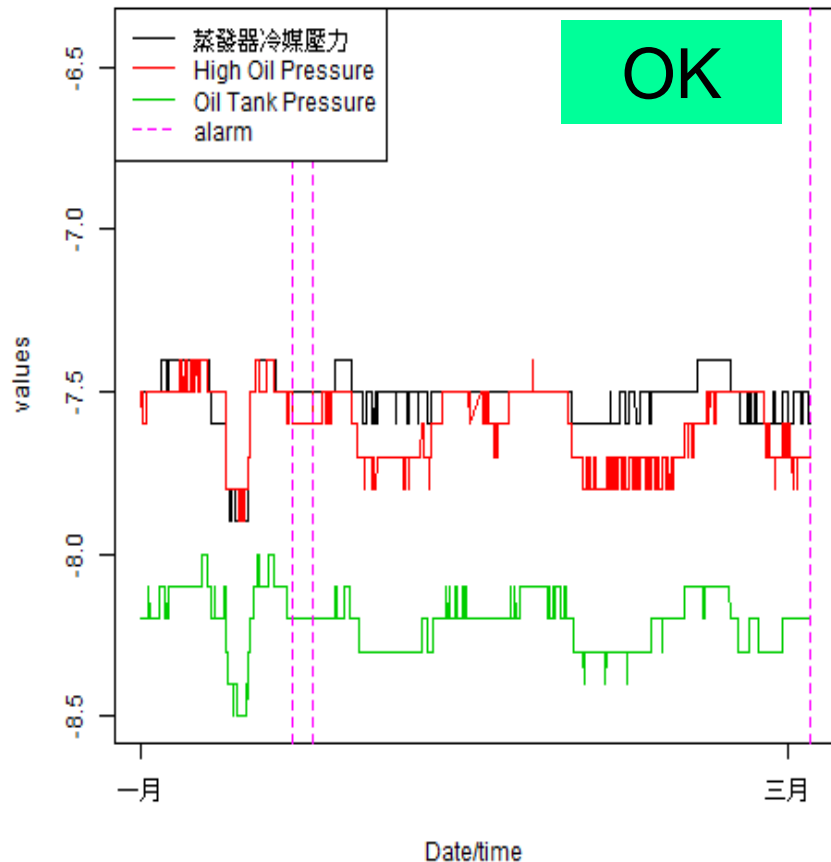
冰機負載	kW/RT	最佳開機時間
82.2	0.633	9~10 am

Notes : DTW , Dynamic Time Warping , 動態時間校正

決策流程 – Step 3

■ 冰水主機健康度檢測：

1. 冰機待機時，高油壓力需略高或趨近於蒸發器冷媒壓力，若有上的趨勢代表可能有洩漏，不納入冰機調度



決策流程 – Step 4



EDM / sNOVA

EDM : Engineering Data Management

- 系統功能：結合統計、Data Mining、資訊技術與半導體專業知識而自行研發的系統
- 目的：協助工程師排除運轉異常，提升良率進而提升產品競爭力

■ 方案排序與最佳決策建議：

- 系統平台：EDM s,NOVA / Dashboard
- 2019/06/14 08:00 ~ 20:00 冰機開關機決策建議報表，**建議決策為：關 5 開 6**
- **原組合運轉效率較建議值高，因此不納入建議順序**
- 溫溼度資料預測來源：<https://weather.com/zh-/weather/hourbyhour/l/TWXX0009:1:TW>

廠務異常事件		用量排放		工程作業		POU W/O/M		FAC 隔離 Report		警報管理													
冰機負載與用電預測				轉動設備																			
冰機負載與用電預測 Report (最高負載) From 2019-06-14 08:00:00 To 2019-06-14 20:00:00																							
負載預測最高時間點	冰機															開機台數	負載 (RT)	運轉百分比(%)	耗電量 (KW)	效率 (KW/RT)	建議順序	組合說明	Comment
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15								
2019-06-14 14:00:00	V	V	V	V	V					V	V					7	7778	83.383	4894	0.629	4	Current	
	V	V	V	V		V				V	V					7	7778	81.668	4838	0.622	1	Turn off 5 & Turn on 6	
	V	V	V	V	V			V			V					7	7778	84.462	4879	0.627	2	Turn off 10 & Turn on 8	
	V	V	V	V	V			V		V						7	7778	84.242	4881	0.628	3	Turn off 12 & Turn on 8	
	V	V	V	V	V						V	V				7	7778	83.257	4894	0.629	5	Turn off 10 & Turn on 13	
	V	V	V	V	V					V			V			7	7778	83.037	4897	0.63	6	Turn off 12 & Turn on 13	
	V	V	V	V	V				V			V				7	7778	83.57	4904	0.631	7	Turn off 10 & Turn on 9	
	V	V	V	V				V		V		V				7	7778	84.894	4905	0.631	8	Turn off 5 & Turn on 8	
	V	V		V	V	V				V	V					7	7778	83.105	4906	0.631	9	Turn off 3 & Turn on 6	
	V	V	V	V	V				V	V						7	7778	83.35	4907	0.631	10	Turn off 12 & Turn on 9	

預測區間內負載預測最高時間點(hr)

冰機組合

最高負載下預測之運轉百分比 & 耗電量 & 效率

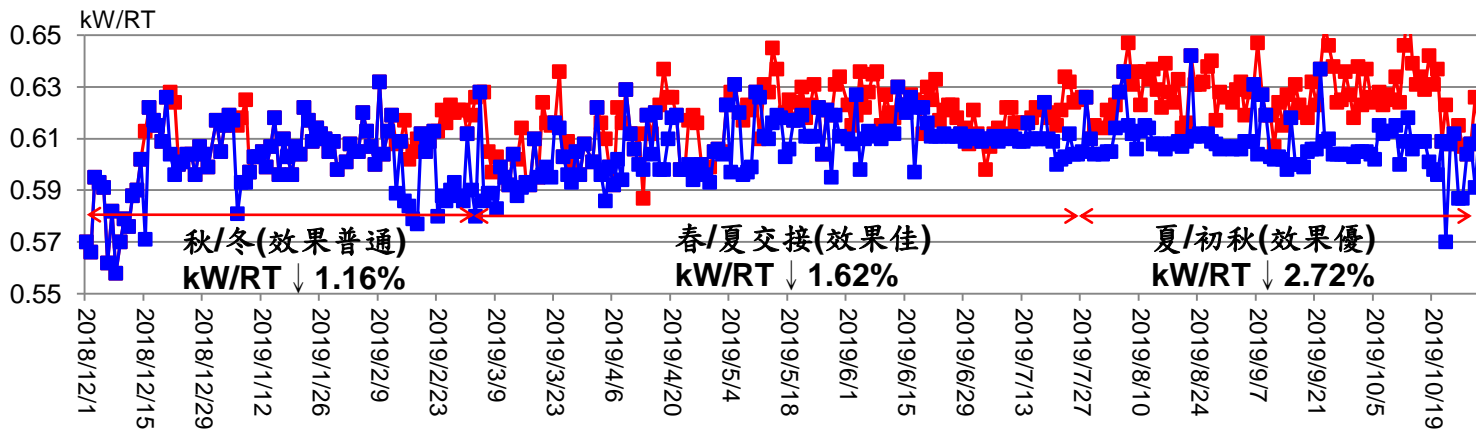
依照運轉百分比 & 耗電量給予建議順序

實際驗證

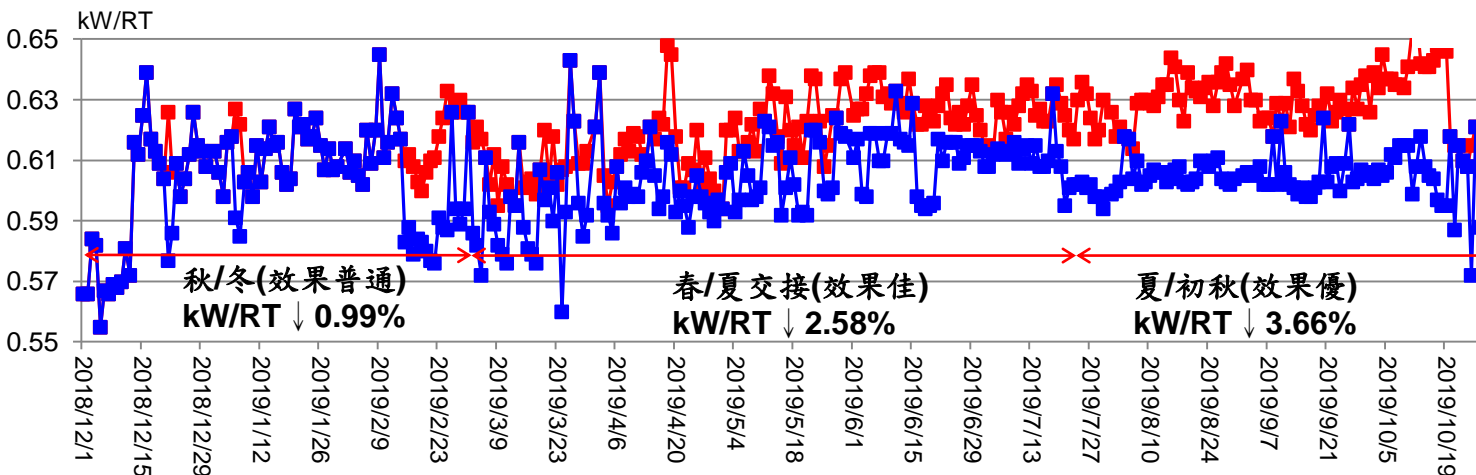
■ 節電效益分 (2018/12~2019/10)

經驗證後，Model 決策的kW/RT比實際決策來的更好

白天



晚上



實際驗證

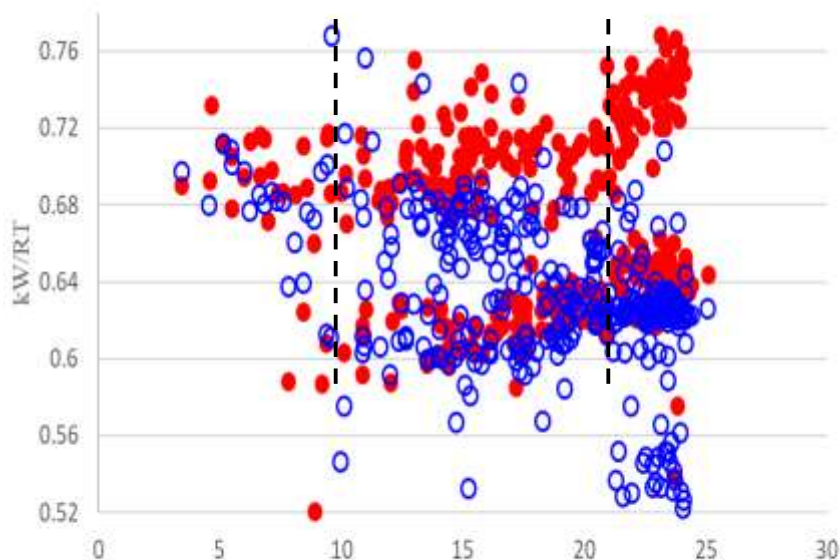
- 同樣溫度下，建議決策的 kW/RT 比實際決策來的更好
- 節省效益=(實際kW/RT-建議kW/RT)*平均冷凍噸*1(小時)*時間電價(元/度)

9.5度以下
人工判斷

早上決策

20度以上
節電效益佔總額87.6%

負載門檻值72~85



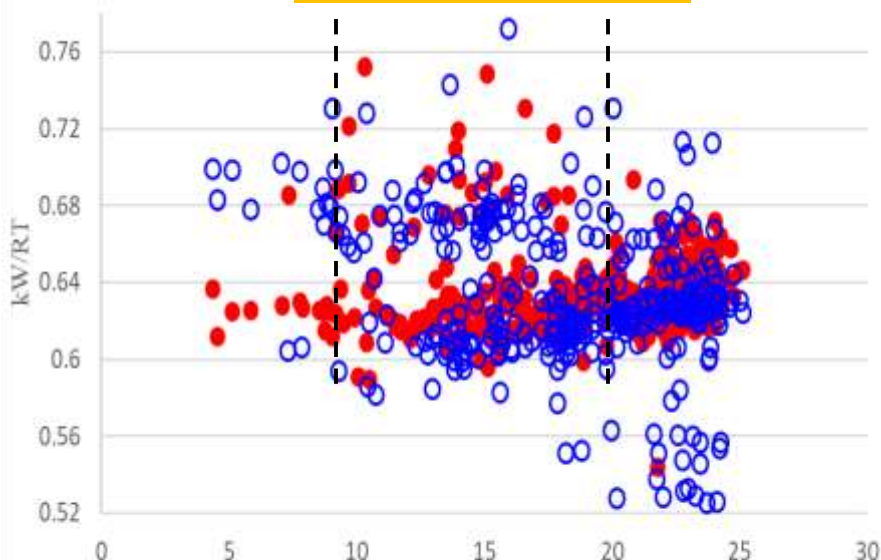
節電845,431度 (NT\$2,343,454)

9.5度以下
人工判斷

晚上決策

20度以上
節電效益佔總額77.1%

負載門檻值為每天依據當日組合重新定義



節電311,577度 (NT\$491,778)

● 原冰機組合 ○ 建議冰機組合

結論

項目	開發前	開發後	效益
是否有開/關/切換冰機需求?	以外氣條件 + 即時平均電流百分比來決策	發展TS+MARS預測模式作為決策基礎	1.模型解釋能力 (R^2) 96.83% 2.預測百分比誤差 (MAPE) 1.93%
開/關/切換哪一台冰機最省電?	廠務人員依經驗法則決定	從資料學習各種開關組合的效益，進行各種開/關機的模擬後給出最佳建議	1.kW/RT平均下降2.17% 2.降低人為變異 3.減少超約風險
冰機健康狀態偵測與維護	1.依廠務人員與設備商現場檢測為主 2.固定頻率保養維護	1.以CPD為基礎監控設備參數是否有趨勢變化 2.主動提醒廠務人員進行狀態確認，有需要即進行保養維護	1.以2018有紀錄的3次冰機洩漏歷史事件進行驗證，準確率為100% 2.其他狀況如訊號回傳異常也能夠及時反映

Notes :

TS:時間序列模型 Time Series Model

MARS: MARS(Multivariate Adaptive Regression Splines)多元適應性雲形回歸

CPD(Change Point Detection)變點檢測

效益



冰機調度智能決策技術開發：



Cost down:

2018/07/01 ~ 2019/06/30

節省電費：NT\$2,835,232

ROI：0.42



推廣：

Fab 1、Fab 2、Back End、HQ、宿舍



分享：2019 科學園區廠務技術研討會

最後



冰機調度智能決策技術開發：

經

驗傳承：值班人員運轉寶貴經驗，納入決策系統

杜

絕 MO：冰機決策一致性，有效避免人員操作錯誤

標

準配備：由方法進行改善，投資報酬率高，值得推廣

下

世代廠務：“玩資料”是廠務人員邁向智能化
運轉的必要條件，要好好想想它可以幫你
解決什麼問題



敬請指教

