

出國報告（出國類別：實習）

## 實習發電鍋爐行為預測之應用技術

服務機關：台灣電力公司

姓名職稱：李亦堅 機械工程師

派赴國家：英國

出國期間：97年10月12日至10月25日

報告日期：97年12月15日

## 出國報告審核表

出國報告名稱：實習發電鍋爐行為預測之應用技術		
出國人姓名(2人以上,以1人為代表)	職稱	服務單位
李亦堅	機械研究專員	台灣電力公司
出國類別	<input type="checkbox"/> 考察 <input type="checkbox"/> 進修 <input type="checkbox"/> 研究 <input checked="" type="checkbox"/> 實習 <input type="checkbox"/> 其他_____ (例如國際會議、國際比賽、業務接洽等)	
出國期間：97年10月12日至97年10月25日		報告繳交日期：97年12月15日
出國計畫主辦機關審核意見	<input type="checkbox"/> 1.依限繳交出國報告 <input type="checkbox"/> 2.格式完整(本文必須具備「目地」、「過程」、「心得」、「建議事項」) <input type="checkbox"/> 3.無抄襲相關出國報告 <input type="checkbox"/> 4.內容充實完備. <input type="checkbox"/> 5.建議具參考價值 <input type="checkbox"/> 6.送本機關參考或研辦 <input type="checkbox"/> 7.送上級機關參考 <input type="checkbox"/> 8.退回補正,原因: <input type="checkbox"/> 不符原核定出國計畫 <input type="checkbox"/> 以外文撰寫或僅以所蒐集外文資料為內容 <input type="checkbox"/> 內容空洞簡略未涵蓋規定要項 <input type="checkbox"/> 抄襲相關出國報告之全部或部分內容 <input type="checkbox"/> 電子檔案未依格式辦理 <input type="checkbox"/> 未於資訊網登錄提要資料及傳送出國報告電子檔 <input type="checkbox"/> 9..本報告除上傳至出國報告資訊網外,將採行之公開發表: <input type="checkbox"/> 辦理本機關出國報告座談會(說明會),與同仁進行知識分享。 <input type="checkbox"/> 於本機關業務會報提出報告 <input type="checkbox"/> 其他_____ <input type="checkbox"/> 10.其他處理意見及方式:	

說明：

- 一、各機關可依需要自行增列審核項目內容，出國報告審核完畢本表請自行保存。
- 二、審核作業應儘速完成，以不影響出國人員上傳出國報告至「政府出版資料回應網公務出國報告專區」為原則。

報 告 人		審 核 人	單 位 主 管	主 管 處 主 管	總 經 理 副 總 經 理
-------------	--	-------------	------------------	-----------------------	---------------------------------

## 行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：實習發電鍋爐行為預測之應用技術

頁數 53 含附件：是否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話：

台灣電力公司/陳德隆/2366-7685

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話：

李亦堅/台灣電力公司/綜合研究所/機械研究專員/8078-2293

出國類別：1 考察2 進修3 研究4 實習5 其他(開會)

出國期間：97.10.12~97.10.25

出國地區：英國

報告日期：97.12

分類/號目：

關鍵詞：鍋爐 (Boiler)、行為預測 (Behavior Prediction)、紅外線熱影像 (Infrared Thermography)、雷射影像 (Laser Image)

內容摘要：(二百至三百字)

報告本次赴英國之中 9, 中 10 機鍋爐製造商(Doosan Backcock Energy LTD)及雷射影像量測公司(Dantec Dynamics GmbH)，實習鍋爐行為模擬技術，實習主要內容為：

- 燃煤對發電鍋爐行為之影響與行為預測
  - 單一煤對機組影響評估程序與內容
  - 混拌煤對機組影響評估程序與內容
  - 160KW 小型燃煤試驗爐之功能與用途介紹
- 紅外線熱影像技術應用在鍋爐
  - 鍋爐 air/gas 洩漏偵測—熱效率問題
  - Hot spot 檢測 - 機組機構材料熱效應、保溫層檢測、管內流狀態等
  - 鍋爐內爐管測溫、結渣分析
- 雷射影像應用於量測技術
  - 流場二維速度場量測
  - 固體表面變形、strain、及 stress 之分析

實習心得總結報告為：

藉由原廠之中 9、中 10 機評估報告之程序與內容，可為發展本所評估技術之參考依據。在預測軟體上，以 vesta 軟體取代原廠使用設計軟體。在 Blended coals 測試除建構在”煤對機組性能評估預測技術”上，煤本身特性之改變亦需進行評估。對於紅外線熱影像技術之應用上，利用本所現有設備校正後可進行量

測鍋爐 air/gas 洩漏偵測、Hot spot 檢測、鍋爐內爐管測溫、結渣分析。最後在 Laser image 技術應用，可為未來量測與檢測之參考。

本文電子檔已傳至出國報告資訊網 (<http://open.nat.gov.tw/reportwork>)

# 實習發電鍋爐行為預測之應用技術

## 目 錄

出國報告審核表	II
出國報告提要	III
目錄	V
圖表目錄	VI
壹、實習目的與行程	1
1.1 緣起與目的	1
1.2 行程與內容	2
1.2.1 行程	
1.2.2 行前規劃及實習內容	
貳、實習項目與心得	5
2.1 燃煤對發電鍋爐行為之影響與行為預測	5
2.1.1 單一煤對機組影響評估程序與內容	
2.1.2 混拌煤對機組影響評估程序與內容	
2.1.3 160KW 小型燃煤試驗爐之功能與用途介紹	
2.2 紅外線熱影像技術應用在鍋爐	21
2.2.1 熱效率問題	
2.2.2 鍋爐內爐管測溫、結渣分析	
2.3 雷射影像應用於量測技術	38
2.3.1 流場二維速度場量測	
2.3.2 固體表面變形、strain、及stress之分析	
參、綜合結論與建議	42
3.1 綜合結論	42
3.2 建議	44
肆、參考文獻	45

# 圖表目錄

## 圖目錄

圖 2.1.2-1	混拌煤於粉煤機之性能測試機構示意圖.....	11
圖 2.1.2-2	Hardgrove Index vs. 混拌比例.....	11
圖 2.1.2-3	Abrasion Index vs. 混拌比例.....	12
圖 2.1.2-4	Mill Energy Consumption vs. 混拌比例.....	12
圖 2.1.2-5	Mill Wear Rate vs. 混拌比例.....	13
圖 2.1.2-6	Ash Fusion at Reducing Conditions vs. 混拌比例.....	13
圖 2.1.2-7	Ash Fusion at Oxidising Conditions vs. 混拌比例....	14
圖 2.1.3-1	160KW 小型燃煤試驗爐全貌 .....	17
圖 2.1.3-2	燃燒爐頂 Burner 系統.....	17
圖 2.1.3-3	火上風空氣進入孔及具 14 分階段燃燒空氣進入孔. ....	18
圖 2.1.3-4	飼煤系統.....	18
圖 2.1.3-5	垂直取樣點(Vertical sampling ports).....	19
圖 2.1.3-6	水平取樣點(Horizontal sampling ports).....	19
圖 2.1.3-7	排放測試段(Emission testing section).....	20
圖 2.1.3-8	控制系統.....	20
圖 2.2-1	紅外線熱影像設備：ThermaCAM PM 695, FLIR systems .....	24
圖 2.2.1-1	案例 1 Air ingress possible .....	27
圖 2.2.1-2	案例 2 Insulation inconsistencies and possible areas of air ingress. ....	28
圖 2.2.1-3	案例 3 Burner section - no defects .....	29
圖 2.2.1-4	案例 4 Hot area indicating probable furnace gas egress .....	30

圖 2.2.1-5	案例 5 Gas leaking out of casing above .....	31
圖 2.2.1-6	案例 6 Hot air leak from the viewing port .....	32
圖 2.2.1-7	案例 7 Evidence of heat loss from downcomer insulation defects .....	33
圖 2.2.1-8	案例 8 Evidence of heat loss from ductwork insulation defects .....	34
圖 2.2.1-9	案例 9 Check material spec of bolting is suitable for high temperatures (>400C).....	35
圖 2.2.1-10	案例 10 Casing leakage : Internal inspection found corresponding cracking of ductwork .....	36
圖 2.2.1-11	案例 11 Blowdown vessel showing water level .....	37
圖 2.3.1-1	PIV 量測工作原理 .....	39
圖 2.3.1-2	3D PIV 量測 .....	39
圖 2.3.1-3	噴流流場量測.....	40
圖 2.3.1-4	風扇下游渦漩流場 .....	40
圖 2.3.2-1	Photogrametric principle 量測原理.....	41
圖 2.3.2-2	Laser Speckle Interferometry (ESPI)量測結果 .....	41

## 表目錄

表 1： Berau coal 煤質成份表.....	8
表 2： Doosan Babcock 公司與本所進行之燃煤對發電鍋爐行為預測 比較表 .....	42



# 壹、實習目的與行程

## 1.1 緣起與目的

目前公司大部份燃煤電廠商轉超過10年以上，機組老化造成之效率降低及維護成本之增加為目前必需面臨之問題。本所目前進行之燃煤鍋爐模擬分析之研究，其目的在協助電廠如何提昇鍋爐效率、降低熱耗率及維護成本。本次實習將赴國外具經驗廠家，學習如何應用模擬預測鍋爐行為模式以達到改善之目的。以目前研究之經驗得知，如何將正確模擬預測結果應用在實際鍋爐運轉上，為主要關鍵點，若能藉助學習具成熟技術之國外案例，將有助進行鍋爐效率之改善研究工作。

本計畫主要在驗證及增進目前進行之鍋爐行為模擬理論與經驗，學習模擬預測與鍋爐調整之操作技術，以及架設量測設備之經驗，計畫將有助於執行鍋爐效率、熱耗率改善，並可提昇整體發展及應用技術。

本次計畫前往國家為英國，主要拜訪本公司中9、中10機製造廠DOOSAN BABCOCK公司及量測儀器Dantec公司，廠家具有發電鍋爐行為預測及量測技術之技術與經驗，值得前往學習。

## 1.2 行程與內容

### 1.2.1 行程

日期	地點	拜訪公司討論內容
10/12	去程	
10/13-10/20 (含 2 日例假、1 日路程)	Doosan Backcock HQ, Crawley, 3 天 Doosan Backcock R&D, Renfrew, 2 天	發電鍋爐之設計, 超臨界鍋爐介紹, 純氧燃燒, 鍋爐測試程序, Blended coal 對鍋爐之影響, 實驗爐之介紹與應用, 紅外線熱影像技術...etc.
10/21-10/23	Dantec Dynamics Gmbh, Bristol, 3 天	digital Image Applications (PIV, Stress/strain & Vibration Analysis)
10/24-10/25	返程	

## 1.2.2 行前規劃及實習內容

### 1.2.2.1 行前規劃實習主題

此次依出國任務之主題關係中 9, 中 10 機鍋爐製造商- Doosan Backcock Energy LTD, 及 3D 影像技術產品公司—Dantec Dynamics GmbH, 規劃相關內容[附錄 1, 2], 內容摘要如下:

- 燃煤對發電鍋爐行為之影響與行為預測(\*)
  - 單一煤對機組影響評估
  - 混拌煤對機組影響評估
- 紅外線熱影像技術應用在鍋爐燃燒行為診斷(\*)
- 雷射影像應用於量測技術(\*\*)

---

\*: 中 9, 中 10 機鍋爐製造商- Doosan Backcock Energy LTD.

\*\* : 3D 影像技術產品公司—Dantec Dynamics GmbH

### 1.2.2.2 實際實習討論主題

實際赴後除預先安排之主題外，該公司額外相關主題，其總括內容有：

#### 一、Doosan Babcock 公司實習主要討論內容

- 煤質改變對鍋爐之影響評估(Gareth Jones, Mark Upton)
- 機組測試(Gareth Jones, Ragi Panesar)
- Blended coal 對鍋爐之影響(Gerry Hesselmann)
- 160kw 實驗爐之介紹與應用(Gerry Hesselmann, …etc.)
- 材料與煤質分析實驗室 (Dr. LW Buchanan, Jim Thomson, …etc.)
- 紅外線熱影像技術(John McMillan, Fraser Hardie)

#### 二、Dantec Dynamics 公司實習主要討論內容

雷射影像應用於量測技術(Mr. Rob Wood )

- 2D velocity vectors of a flow field
- Solid deformation, strains and stress

## 貳、實習項目與心得

### 2.1 燃煤對發電鍋爐行為之影響與行為預測

#### 2.1.1 單一煤對機組影響評估程序與內容

以一鍋爐製造商言，其對鍋爐性能測試具有一定的標準程序，Doosan Babcock 曾對中 9、中 10 機進行低熱值煤對機組影響評估亦使用相同之標準程序，其評估主要程序為：

#### 1. 現行機組運轉狀況評估，並與原始設計條件相比對

計算現行鍋爐性能 boiler performance

- Fuels Fired: 燃料分析
- Combustion Performance: 兩主要指標
  1. In Furnace NO<sub>x</sub> Reduction
  2. Carbon in Ash
- Heating surface performance: 飼水、蒸汽主要熱源是  
否符合原設計，其中包含：Furnace, Platen SH, Final  
SH, RH, Primary SH, Economizer banks
- 蒸汽-飼水循環系統之 Steam flows 及 temperatures
- 燃料 Fuel, 空氣 air 及煙氣 gas flows 部份，需檢測項  
包括：
  1. Fuel Flows

2. FD Inlet Airflows

3. ID Fan flows

4. PA Flow to Mills

- Flue gas velocities
- Regenerative AH Performance
- Air & gas pressure loss, and electric power use

計算現行機組性能 plant performance

- 主要風機系統，包括:FD fans、ID fans、PA fans
- Coal feeders
- Coal Mills

2. 預測使用新煤種所需評估之項目：

- 燃料特性分析 Fuel Characteristics
  - 結渣傾向分析：Slagging indices( CaO, Na<sub>2</sub>O, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, and Ash temperature)
  - 積灰傾向分析：Fouling indices( CaO, and Na<sub>2</sub>O)
- 預期之 Boiler Performance
  - 項目與評估計算現行鍋爐性能相同。

- 預期之 Equipment Performance

- Coal Mills
- Coal Feeders
- Main Fans (FD, ID and PA)
- Regenerative AH
- SCR plant
- Electrostatic Precipitators
- FGD Plant

### 3. 可能對機組之影響與改善對策

此次正好 Doosan Babcock 對中 9、中 10 機進行低熱值煤 Berau coal 對機組影響評估, 其評評估結論摘要如下:

- In the Berau coal properties, no severe slagging and fouling problems to their use.
- The lower heating values of the Berau coal and associated higher fuel flowrates increase the demands on the coal feeders and primary air fans in particular.
- The Berau coal could be utilized up to around 85% of boiler MCR load without making any equipment modifications.

■ 附記：Berau coal 特性

1. Tanito、KPC、Kideco、Berau 及 Adaro 均為與印尼中央政府簽訂之第一代煤炭採礦合約的開採合約商。
2. BERAU 礦區位於印尼東加里曼丹省的 Berau 縣。
3. Berau 所產煤炭因屬低熱值煤，且易受氣候影響，雨季時煤炭熱值容易降低；95 年公司曾與 Berau 訂定一個定期契約，其餘 Berau 則是以參與現貨投標方式得標供煤。

表 1 Berau coal 煤質成份表

Ultimate Analysis		Air Dried Basis	Dry, Ash Free Basis	As Received Basis
Carbon	% weight		74.18	52.41
Hydrogen	% weight		4.58	3.24
Nitrogen	% weight		1.5	1.06
Oxygen	% weight		18.59	13.13
Sulphur	% weight		1.15	0.81
Moisture	% weight	18		25
Ash	% weight	4.76		4.35
TOTAL			100.00	100.00
Proximate Analysis				
Moisture	% weight	18		25
Volatiles	% weight	38.24		34.98
Fixed Carbon	% weight	39		35.67
Ash	% weight	4.76		4.35
TOTAL	% weight	100.00		100.00
HHV	kcal/kg	5600		5122
	kJ/kg	23446		21445

RED - Inputs



## 2.1.2 混拌煤對機組影響評估程序與內容

使用混拌煤於在燃煤電廠中具有節省燃料成本、增加煤之燃燒行為、及降低污染排放。混拌煤最早使用在煤供應商為提供符合煤品質要求、提高經濟價值，於煤礦廠進行煤之預拌。而後各國依其地緣、經濟性、及排放要求，而有不同使用情形。綜合目前各國在使用混拌煤之理由有：降低成本、降低 SO<sub>2</sub> 排放、擴大對低硫煤使用限制、增大燃料使用率 (Fuel Flexibility) 及擴大可用煤之範圍、增大購煤之彈性、在煤之成份變動特性下，可調配出較均勻 (符合要求、變動小) 之燃料煤、提供較佳之燃燒特性、可控制煤中礦物質成份、對使用非設計用煤 (Off-design coal)，可增加鍋爐效率，減少對鍋爐之修改。

然而對更改原機組設計所使用之規範煤造成對鍋爐之影響，為研究及預測之目標。燃燒較不熟悉的煤，尤其是混拌來自不同煤源的煤，對鍋爐效率、可用率及維護成本影響甚大。因此，預測分析混拌煤在鍋爐中之行為模式甚為重要，預測結果可提供鍋爐操作條件之調整。煤對鍋爐之影響，受限於：

1. 煤或混拌後之特性與成份。
2. 鍋爐設計條件、燃燒器位置及構造，各熱換器之熱交換面積。
3. 操作條件之設定。

鍋爐的設計受煤種變動、燃燒特性等因素，在科學上至今並無一正確設計理論。設計上，以需求規格設定出輸入條件，使用規範煤 (Specification Coal) 測試鍋爐可達之最大效率及可用率。而採用混拌煤則需能符合設計煤之範圍，可期達到負載輸出要求，及最小之負面影響。對鍋爐之影響評估預測為使用前必要之工作，評估之程序

主要為：

階段 1：Blended coals 本身特性改變之評估。

混拌煤之煤質特性改變將會影響鍋爐效率，可用率及機組維修，煤之混拌採用重量比例方式進行，而混拌後煤之各種特性是否依照相同線性比例加成（Additive property 或 Non-additive property），將為評估煤質對鍋爐影響之主要指標。

以下為 Doosan Babcock 曾經對混拌後煤之各種特性是否依照相同線性比例之分析例（設備圖如圖）：

Additive property：

Hardgrove Index（結果分析圖如圖）

Abrasion Index（結果分析圖如圖）

Mill Energy Consumption（結果分析圖如圖）

Mill Wear Rate（結果分析圖如圖）

Non-additive property

Ash Fusion at Reducing Conditions（結果分析圖如圖）

Ash Fusion at Oxidising Conditions（結果分析圖如圖）

階段 2：進行”煤對機組性能影響評估”。

評估程序與方法完全與前章節之『單一煤對機組影響評估程序』。

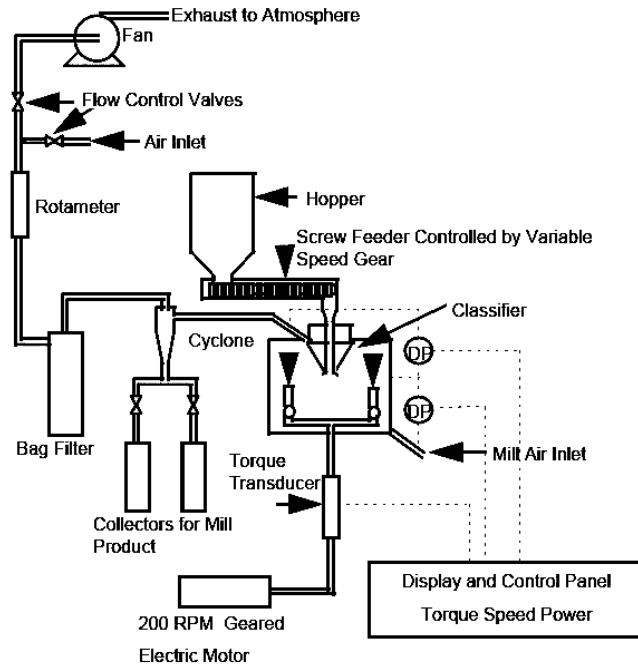


Figure 1 : Schematic Diagram of Mitsui Babcock Mini-Mill Test Facility

圖 2.1.2-1 混拌煤於粉煤機之性能測試機構示意圖

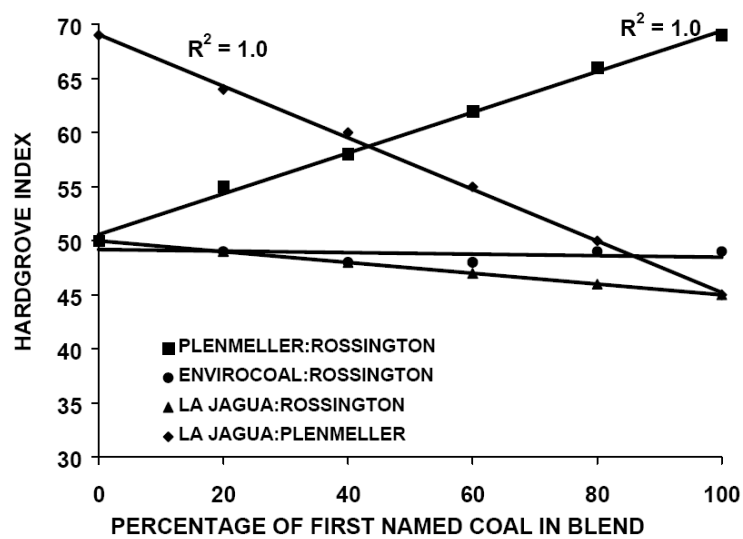


圖 2.1.2-2 Hardgrove Index vs. 混拌比例

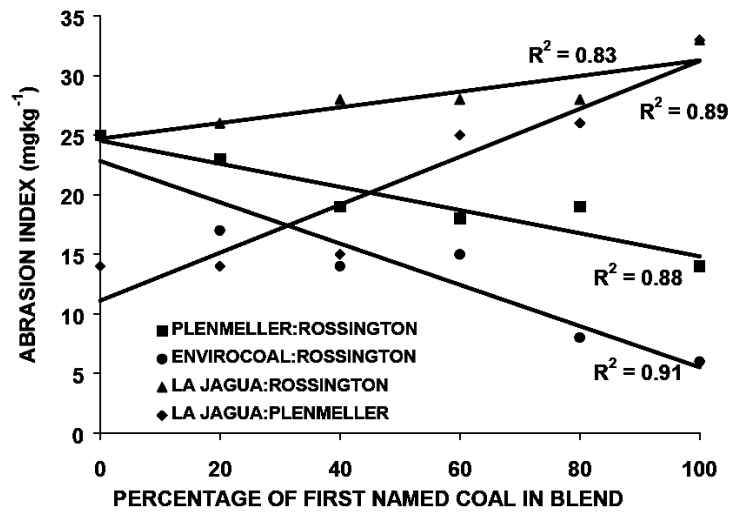


圖 2.1.2-3 Abrasion Index vs. 混拌比例

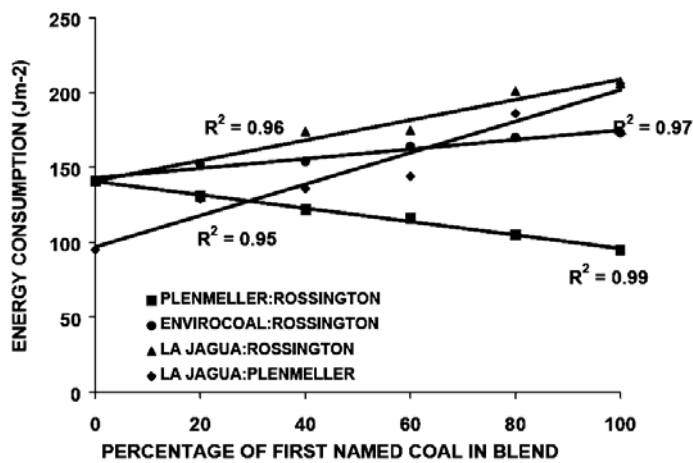


圖 2.1.2-4 Mill Energy Consumption vs. 混拌比例

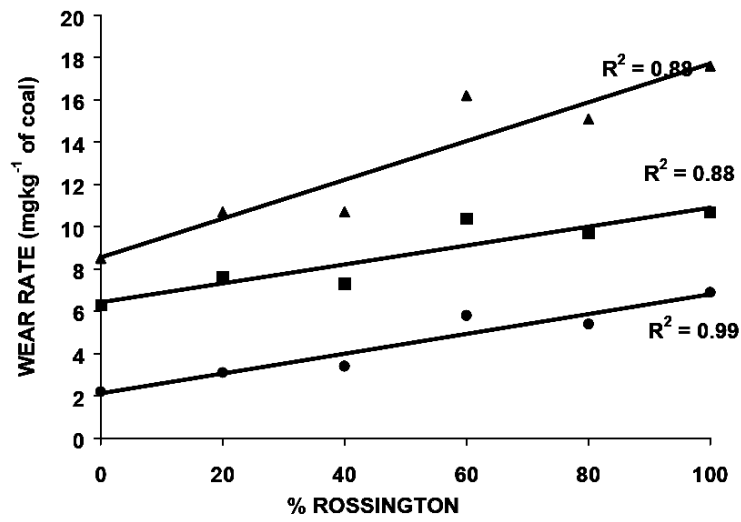


圖 2.1.2-5 Mill Wear Rate vs. 混拌比例

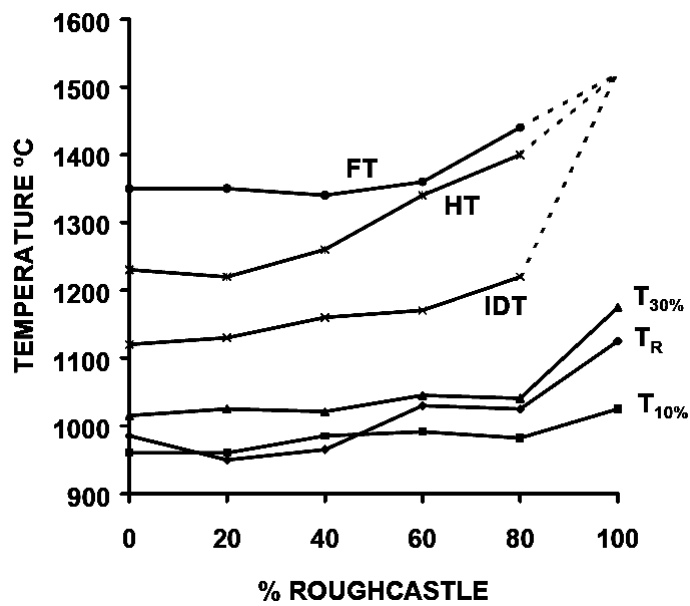


圖 2.1.2-6 Ash Fusion at Reducing Conditions vs. 混拌比例

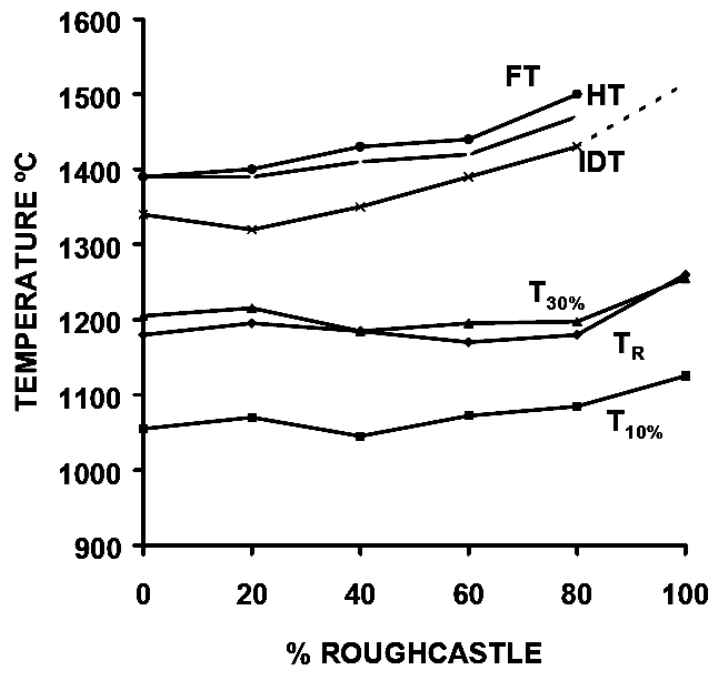


圖 2.1.2-7 Ash Fusion at Oxidising Conditions vs. 混拌比例

### 2.1.3 160KW 小型燃煤試驗爐之功能與用途介紹

位於 Doosan Babcock 研究所之 160KW 小型燃煤試驗爐 (如圖 2.1.3-1 所示), 建造於 1994 年 1 月, 完成於 1996 年 12 月, 歷程 3 年。建造計畫共花費 £358,000 (費用分攤為: European Coal & Steel Community £146,000., 41%、Babcock Energy £143,250., 40%、The Department of Trade and Industry £68,760., 19%), 計畫之目的為:

- Experimental data to validate the mathematical modelling techniques.
- To validate the techniques used to model the air-staged combustion in a commercially available CFD code.

目前進行純氧燃燒之測試工作。

其主要功能與結構如下說明:

- 燃燒爐頂 Burner 系統: 爐膛尺寸為直徑 0.5 公尺、長度 5 公尺, 燃燒採用下燒式 (Burner on the top with a downward fire)。(如圖 2.1.3-2 所示)
- 火上風與分階段燃燒系統: 火上風空氣進入孔及具 14 分階

段燃燒空氣進入孔。(如圖 2.1.3-3 所示)

- 飼煤系統：粉煤採用預先磨製成需求細度，再藉由飼煤機控制進煤量，出口處導以一次空氣進行粉煤預熱、輸送。(如圖 2.1.3-4 所示)
- 測試取樣點：測試用之取樣點共計有 28 處，位於爐膛處用以取固態粒子及烟氣成份進行分析。  
(垂直取樣點如圖 2.1.3-5 所示、  
水平取樣點如圖 2.1.3-6 所示)
- 排放測試段(Emission testing section)。(如圖 2.1.3-7 所示)
- 控制系統。(如圖 2.1.3-8 所示)





圖 2.1.3-1 160KW 小型燃煤試驗爐全貌



圖 2.1.3-2 燃燒爐頂 Burner 系統



圖2.1.3-3 火上風空氣進入孔及具14分階段燃燒空氣進入孔.



圖2.1.3-4 飼煤系統



圖2.1.3-5 垂直取樣點(Vertical sampling ports)



圖 2.1.3-6 水平取樣點(Horizontal sampling ports)



圖2.1.3-7 排放測試段(Emission testing section)



圖2.1.3-8 控制系統

## 2.2 紅外線熱影像技術應用(Infrared Thermography Technology)

國外廠家DOOSAN BABCOCK公司已有多年使用紅外線熱影像技術於鍋爐系統，其主要應用之領域為有Detection of air and flue gas ingress /egress from boiler、Detection of flow restrictions/blockages in a variety of systems from boiler tube to pipework conveying water, steam pulverised fuel …etc., 由與其研究人員討論之未來考慮發展之方向為 the slagged detection in the furnace。目前使用之系統為ThermaCAM PM 695, FLIR systems, 如圖 2.2-1 所示。

目前發展之紅外線熱影像應用於鍋爐方面技術為：

- 鍋爐 air/gas 洩漏偵測—熱效率問題
- Hot spot 檢測—機組機構、保溫層、管內流等
- 鍋爐內爐管測溫、結渣分析

自然界中的一切物體，只要它的溫度高於絕對溫度(-273°C)就存在分子和原子無規則的運動，其表面就不斷地輻射電磁波。紅外線測溫設備就是探測這種物體表面輻射產生的紅外線（波長範圍為0.75 ~ 1000um）的設備。它反映物體表面的Infrared ray radiation。

Planck's law of Blackbody radiation law

$$I(\lambda, T) = \frac{2hc^2}{\lambda^5} \frac{1}{e^{\frac{hc}{\lambda kT}} - 1}$$

對全幅波長進行積分，產生波強度與溫度4次方成正比，即

Stefan-Boltzmann law

$$I(T) = \sigma T^4$$

實際物體的輻射度除了依賴於溫度和波長外，還與構成該物體的材料性質及表面狀態等因素有關。對輻射的吸收或反射並非如理想物體（黑體）之完全吸收，因此真實物體存在小於完全吸收之熱吸收。即以發射率加以定義：

發射率（ $\varepsilon$ ）：定義為實際物體與同溫度黑體輻射性能之比。

$$j^* = \varepsilon \sigma T^4$$

不同材料性質的影響：不同性質的材料對輻射的吸收或反射性能各異，因此它們的發射性能也不同。

表面狀態的影響，以Cast Iron為例：

Cast iron at  $T=300K$

with a rough surface, then  $\varepsilon=0.94$ ；

With a polished surface, then  $\varepsilon=0.28$

粗糙度影響發射率甚大。

因比在研究發展使用紅外線熱影像技術於量測爐管溫度中，將面臨問題：

- 材料性質的影響：結渣物
  - 建立相關材料與結渣物之放射率資料庫
- 表面狀態的影響：粗糙度
  - 建立相關材料與結渣物粗糙度對放射率影響
- 量測條件：量測角度、路徑（固體粒子）
  - 量測角度因子修正
  - 量測路徑煙氣粒子影響修正(特別是 Coal-fired boiler)



圖 2.2-1 紅外線熱影像設備：ThermaCAM PM 695, FLIR systems



### 2.2.1 熱效率問題

鍋爐洩漏為降低熱效率因素，對運轉多年的機組而言，空氣經由人孔、探視孔、或不正常之裂縫被吸入爐膛內，情況嚴重者將影響燃燒及排放系統，而吸入量不在可視控制範圍下，所隱藏之增加烟氣量（尤其考慮空氣之熱膨脹）將會增加風扇及爐壓負荷。以下為案例：

### 2.2.2 鍋爐內爐管測溫、結渣分析

使用紅外線熱影像技術應用鍋爐內爐管測溫、結渣分析，仍具有多項問題尚待克服，以具有多年量測分析技術之 Doosan Babcock 技術研究人員指出，所面臨之問題與解決方案如下所示：

#### 1. 材料性質的影響：結渣物對放射率數值之影響

- 分析、收集爐內結渣物，建立相關材料與結渣物之放射率資料庫

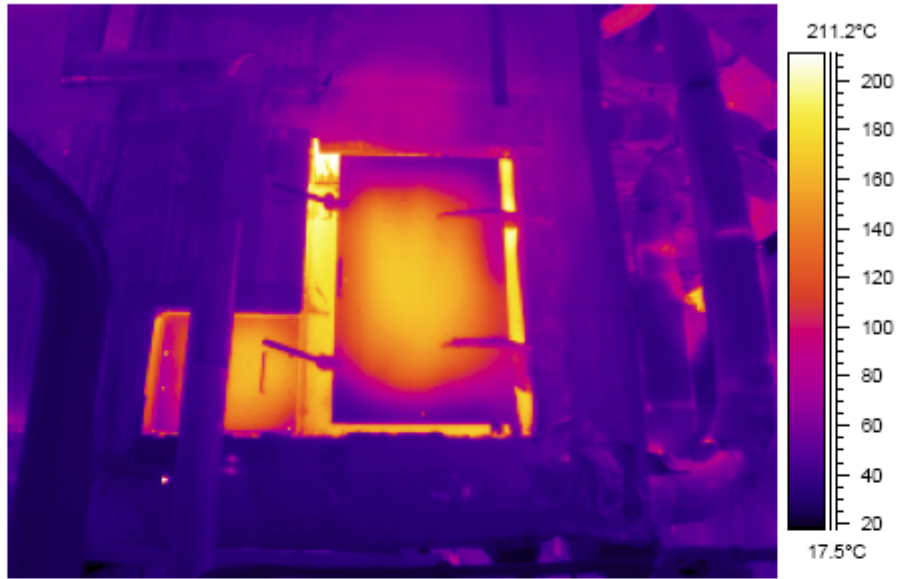
#### 2. 表面狀態的影響：結構表面粗糙度

- 建立相關材料與結渣物粗糙度對放射率影響

#### 3. 量測條件：量測角度、路徑（固體粒子）

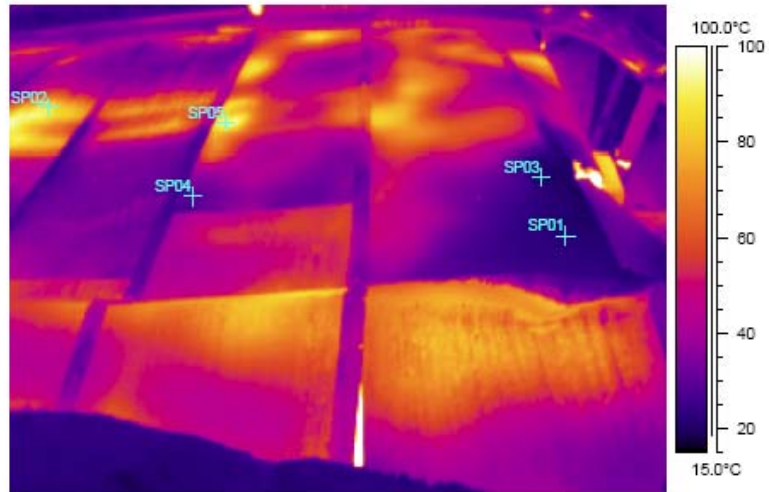
- 量測角度因子修正，藉由探視孔量測非垂直面被測物體，物體輻射強度將與入射角度有關。

- 量測路徑煙氣粒子所散發之輻射強度將影響被測物體輻射強度，路徑之影響需加以修正，特別是 Coal-fired boiler。



**Furnace hopper front deadspace A side doors.**

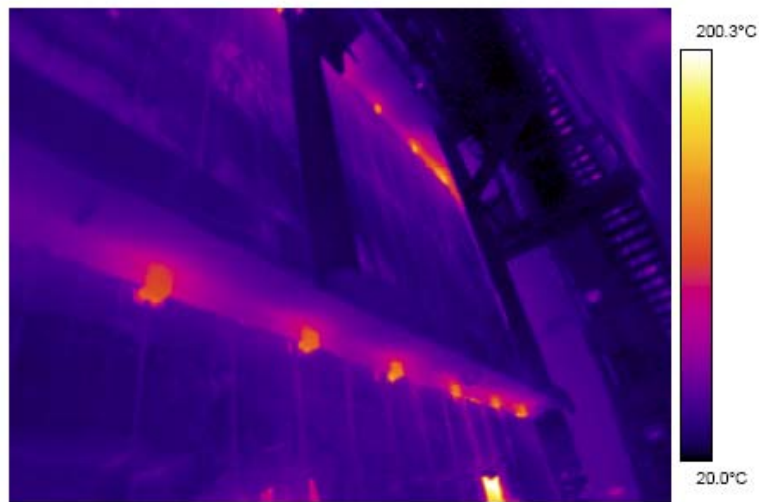
圖 2.2.1-1 : 案例 1 Air ingress possible



Label	Value
SP01	21.9°C
SP02	87.6°C
SP03	20.7°C
SP04	29.8°C
SP05	92.7°C

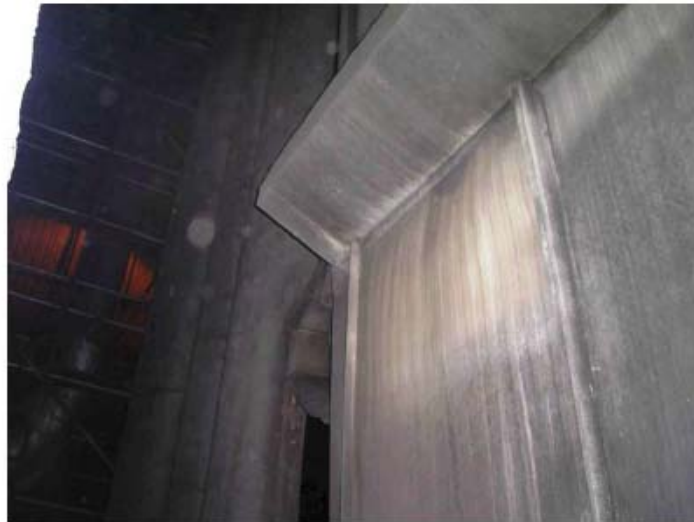
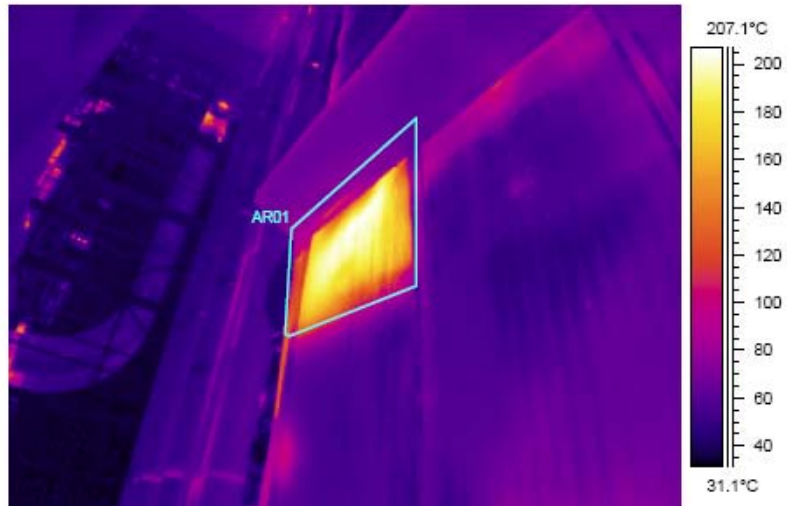
**Furnace rear hopper deadspace casing towards A side.**

圖 2.2.1-2：案例 2 Insulation inconsistencies and possible areas of air ingress.



**Furnace A side wall above Level 1. Normal hot spots at buckstay clips - no defects.**

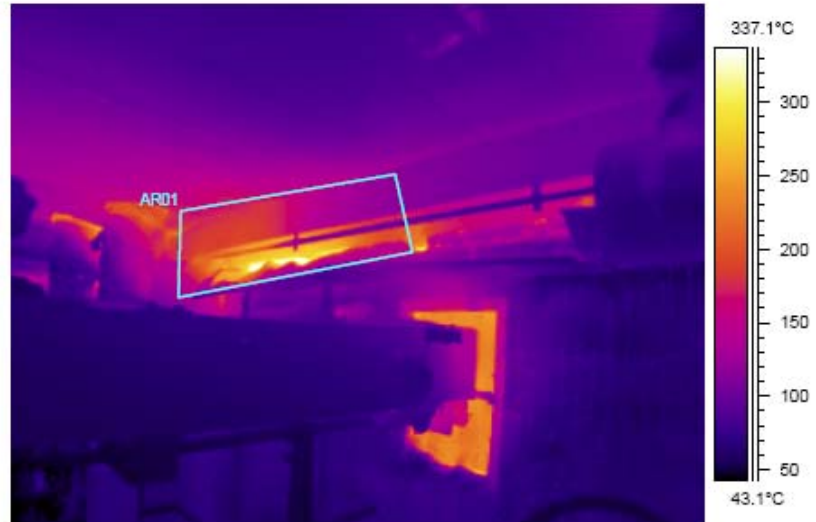
圖 2.2.1-3：案例 3 Burner section - no defects



Label	Value
AR01 : max	208.7°C

**Buckstay above Level 4 furnace front wall, looking from B side towards centre.**

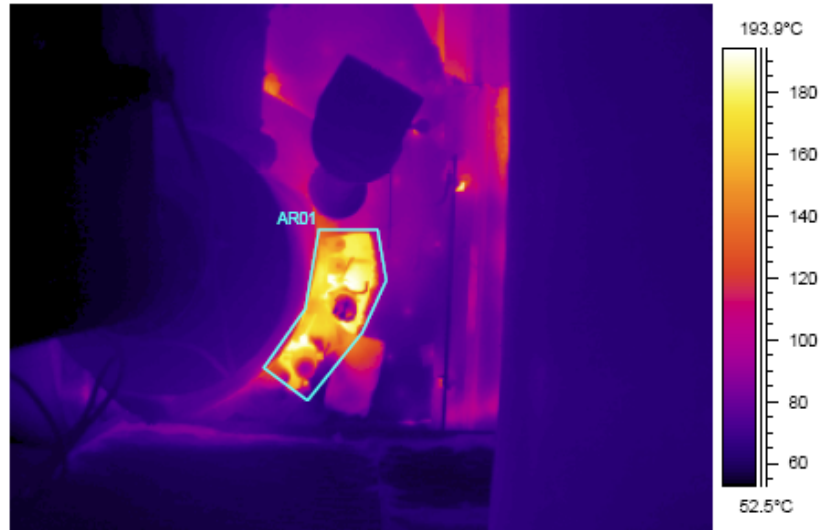
圖 2.2.1-4：案例 4 Hot area indicating probable furnace gas egress



Label	Value
AR01 : max	341.6°C

**Top front long lance sootlower No 66A.**

圖 2.2.1-5：案例 5 Gas leaking out of casing above

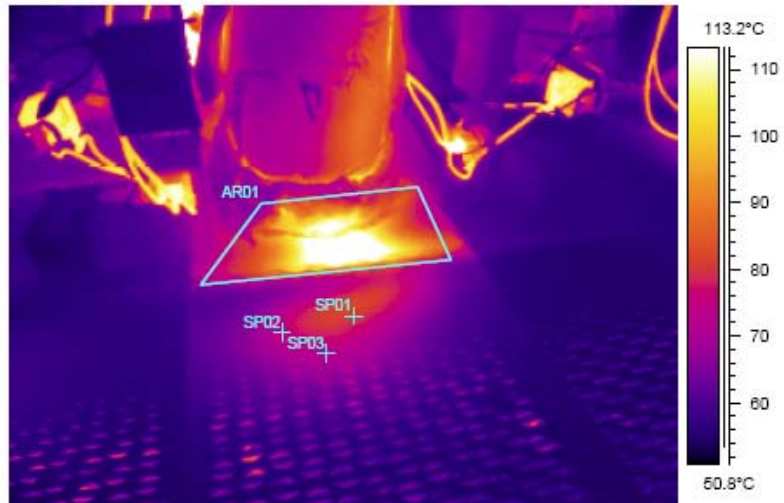


Label	Value
AR01 : max	199.6°C

**Burner No 6.**

圖 2.2.1-6：案例 6 Hot air leak from the viewing port

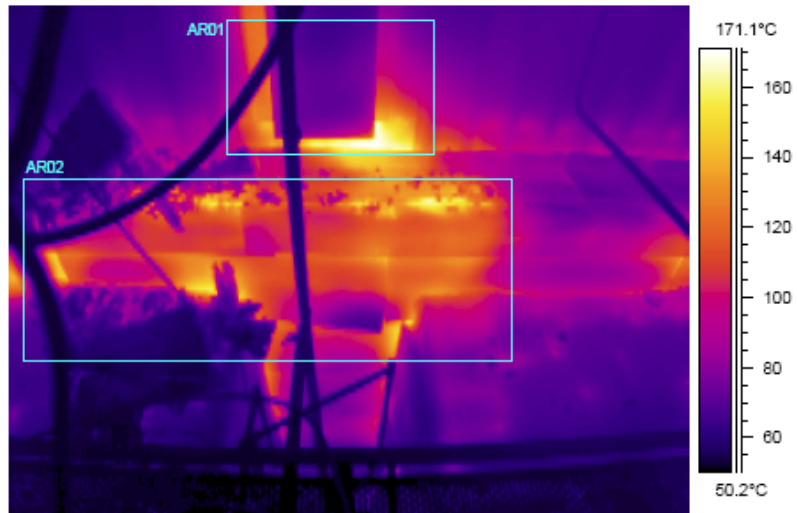




Label	Value
SP01	81.2°C
SP02	74.4°C
SP03	73.1°C
AR01 : max	125.9°C

**Downcomer No 4 on 2nd from top burner level.**

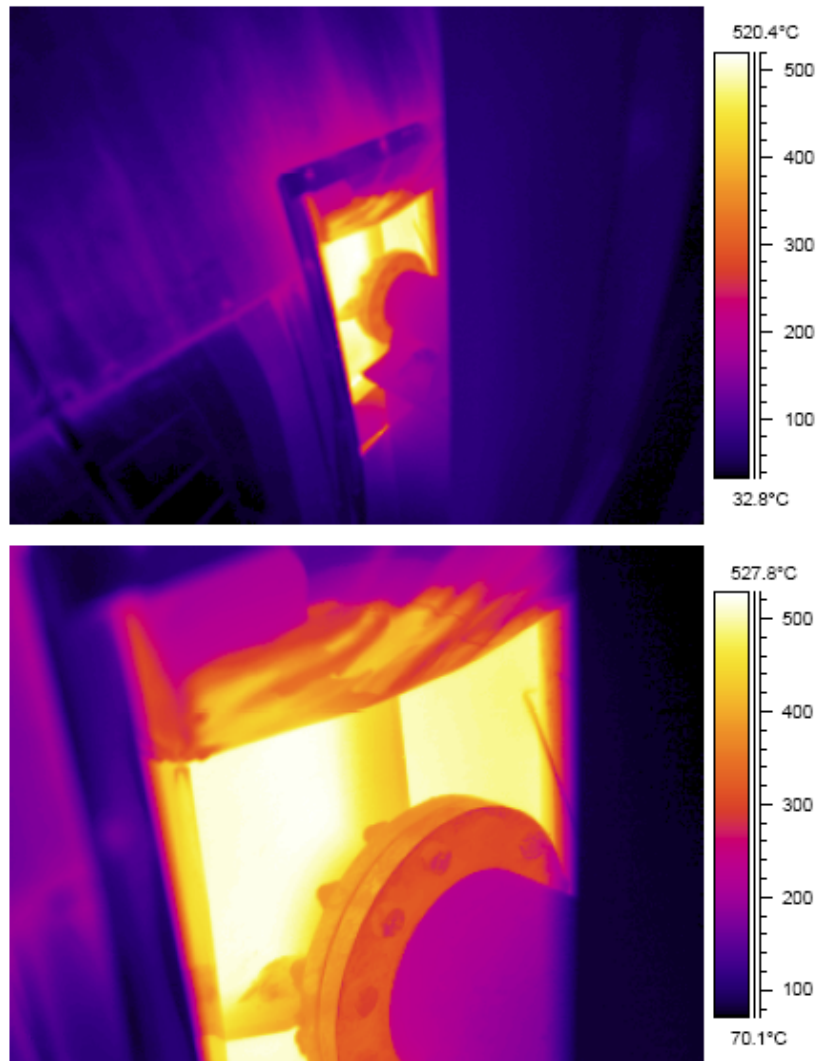
圖 2.2.1-7：案例 7 Evidence of heat loss from downcomer insulation defects



Label	Value
AR01 : max	174.1°C
AR02 : max	164.8°C

**Secondary air ducts at rear and below 2nd from top burner level.**

圖 2.2.1-8 : 案例 8 Evidence of heat loss from ductwork insulation defects



GT Exhaust Duct at South end. Hotspot at East trunnion support.

圖 2.2.1-9：案例 9 Check material spec of bolting is suitable for high temperatures (>400C)

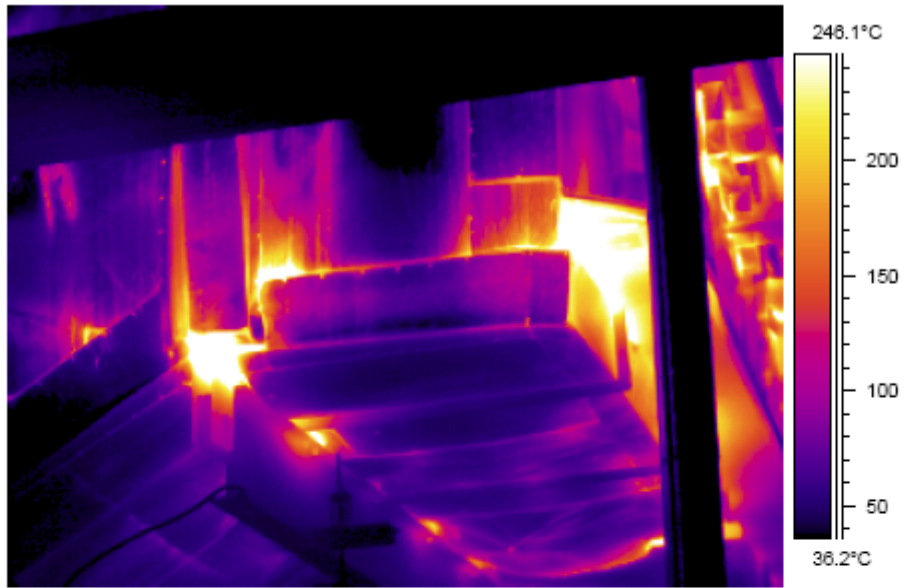


圖 2.2.1-10：案例 10 Casing leakage：Internal inspection found corresponding cracking of ductwork

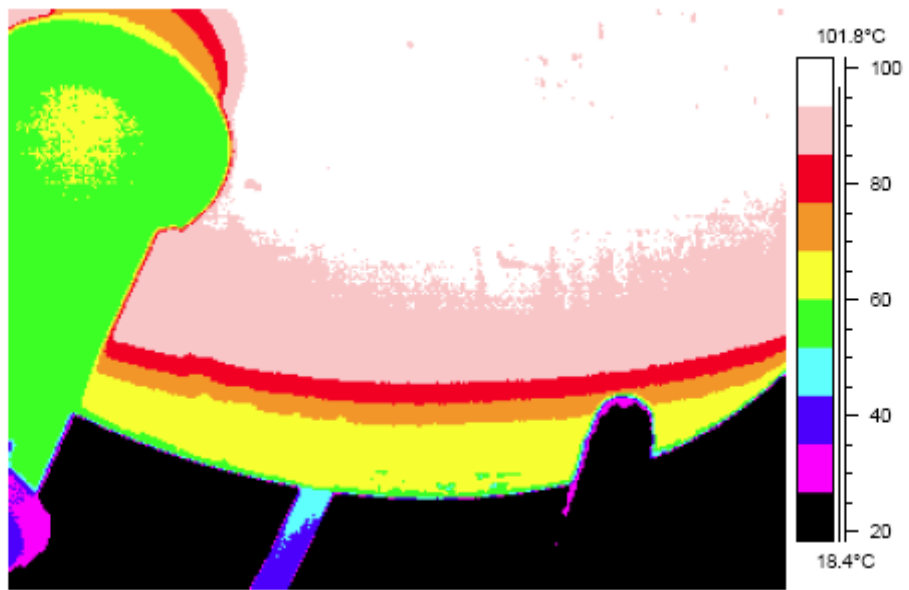


圖 2.2.1-11：案例 11 Blowdown vessel showing water level

## 2.3 雷射影像應用於量測技術

Dantec 公司為一量測儀器製造商，近年來致力發展光學雷射量測系統，量測範圍包含流場截面瞬時速度向量、物體表面變形、strain、stress 等分析。其原理為利用雷射光產生之光葉投射到量測區域或被測物體，並配合高解析 CCD 影像截取系統後，以軟體辨識系統進行影像分析、計算，以獲得欲分析之物理量。由於雷射光可產生單一波長且具有 Coherent 特性，配合具波長濾波功能之 CCD 載取系統，可獲得精確之影像。

### 2.3.1 流場二維速度場量測

粒子影像測速系統(Particle Image Velocimetry) 為一非接觸性全場速度量測。利用觀測在連續兩次曝光中，顆粒(Tracer particles) 的移動量，以換算其速度(示意圖如圖 2.3.1-1)。以一 3D PIV 量測可獲得流場下游不同位置之某一截面速度，如圖 2.3.1-2 所示。目前應用在噴流流場量測分析，或風扇下游渦漩流場均有成熟技術。

### 2.3.2 固體表面變形、strain、及stress之分析

原理 1：為一 3 維立體表面變形量量測，利用類似人類兩眼視差 (Photogrametric principle) 效果，分析被測物體表面之變形量。

原理 2：Laser Speckle Interferometry (ESPI)：CCD Camera 以不同角度量測物體反射之雷射光所產生之 speckle images，分析比對彼此之間相差以計算出物體表面之變形量。

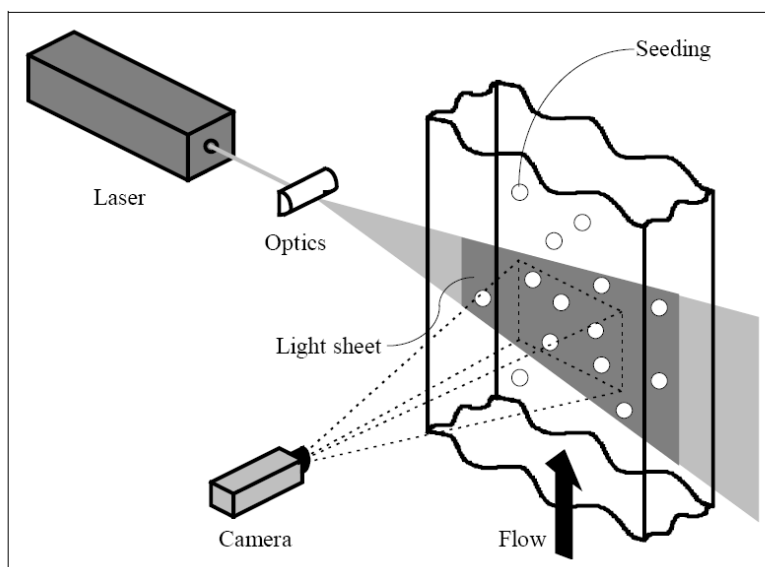


圖 2.3.1-1 PIV 量測工作原理

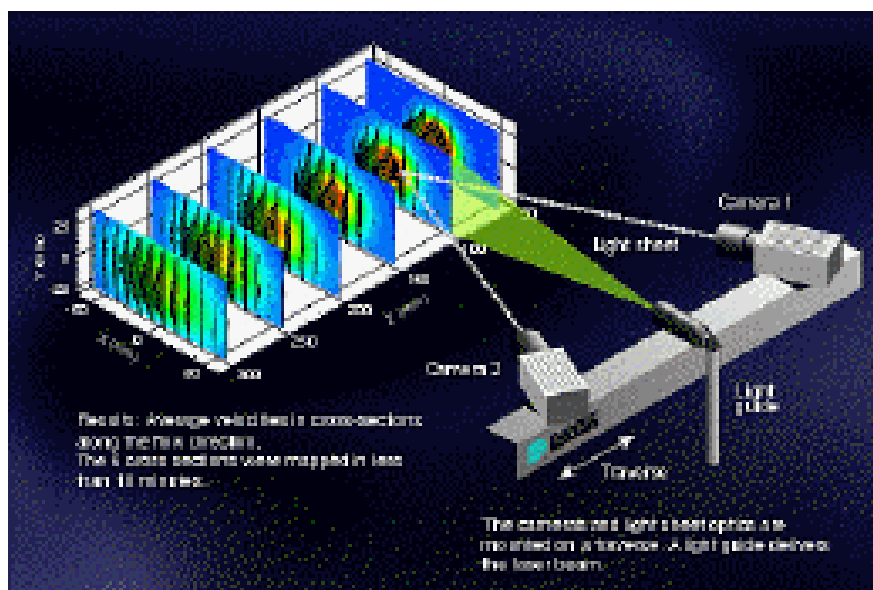


圖 2.3.1-2 3D PIV 量測

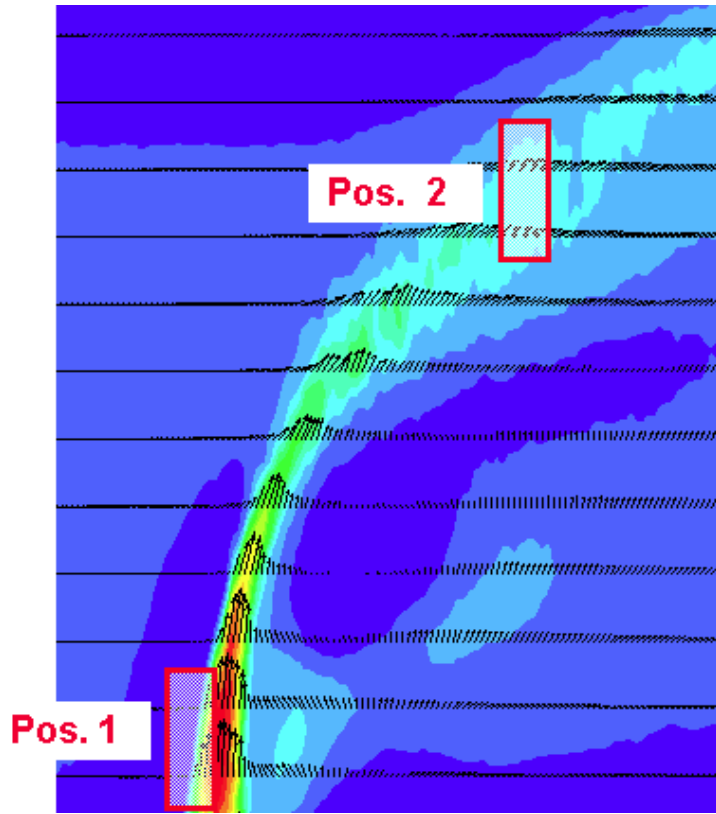


圖2.3.1-3 噴流流場量測

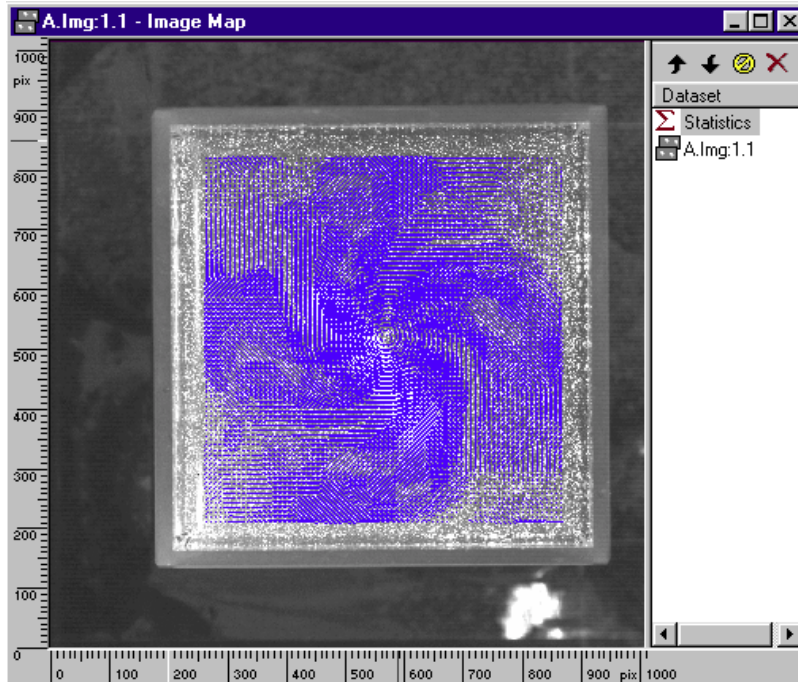


圖 2.3.1-4 風扇下游渦旋流場



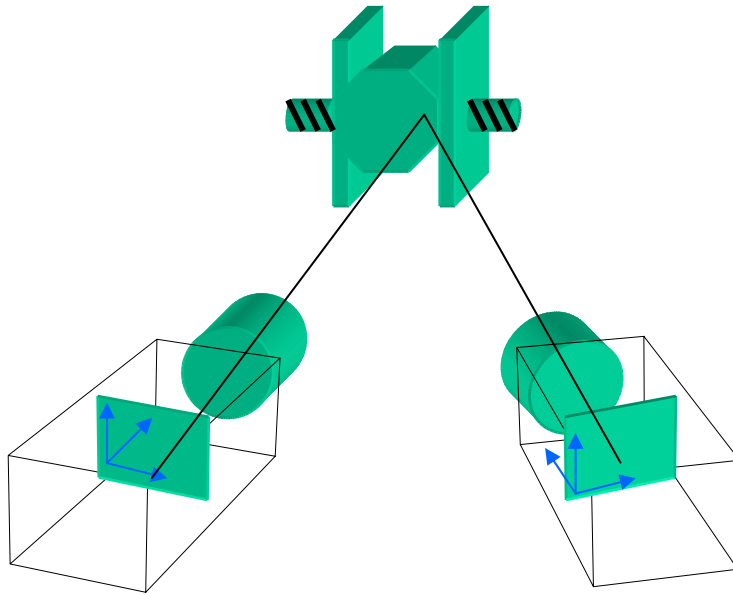


圖 2.3.2-1 Photogrammetric principle 量測原理

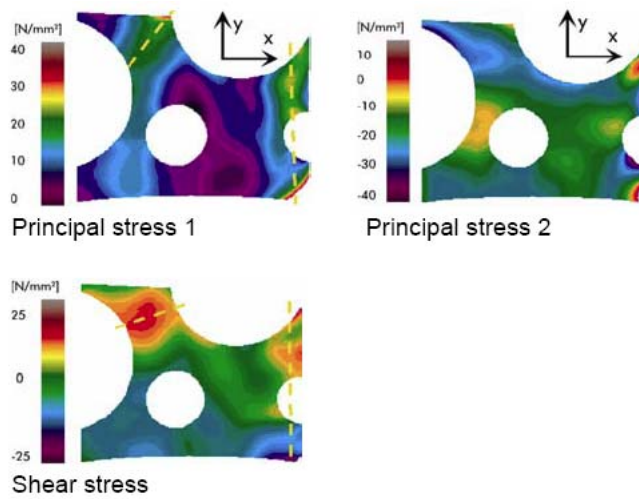


圖 2.3.2-2 Laser Speckle Interferometry (ESPI)量測結果

## 參、綜合結論與建議

### 3.1 綜合結論

1. 比較此次拜訪實習之 Doosan Babcock 公司所進行之燃煤對發電鍋爐行為預測與本所進行之比較如下表所示。基本上，均具有相似之流程與方法，但原廠投入之人力、時間與規模遠較目前本所進行為大，學習對方相關技術，對未來之研究助益頗大。

表 2：Doosan Babcock 公司與本所進行之燃煤對發電鍋爐行為預測方法比較表

	使用 方法
Doosan Babcock	Direct measurement. The design performance figure. Doosan Babcock boiler design computer program.
本所	Direct measurement. The design performance figure. VESTA Software.

2. Doosan babcock 原廠之”中 9、中 10 機使用低熱值煤的評估報告”中所包含之程序與內容，包含了各項檢測項目與分析重點，可為評估技術之參考依據。
3. 在預測軟體上，可以 VESTA 預測軟體取代原廠使用設計軟體功

能。

4. Blended coals 測試除建構在”煤對機組性能評估預測技術”上，煤本身特性之改變亦必需進行評估。Blended coal 對鍋爐之影響評估程序可分成二階段：
  - 階段 1：Blended coals 本身煤質特性改變之評估。
  - 階段 2：依循”煤對機組性能影響評估”方法進行評估。
5. Doosan babcock 原廠建議，初期若欲自行發展”煤對機組性能評估預測技術”，最好由原製造廠進行(具有較多完整原始設計資訊)，人員可參與委託計畫，以獲得更多設計與計算知識，並可給予 VESTA 軟體更正確之修正參數。
6. 紅外線熱影像技術之應用：鍋爐 air/gas 洩漏偵測、Hot spot 檢測、鍋爐內爐管測溫、結渣分析。
7. 使用 Laser image 技術，在量測與檢測上將可提供快速與正確之數據。

## 3.2 建議

- 一、 若以此次任務所獲得之資訊，原廠之”中 9、中 10 機使用低熱值煤的評估報告”中所包含之程序與內容,可為發展本所評估技術之參考依據。其中可使用本所目前使用之 VESTA 預測軟體取代原廠使用設計軟體功能。
- 二、 在公司之發電機組鍋爐效率提昇研究中，如何提昇熱效率一直為重要工作項目，運轉多年之鍋爐往往因空氣/烟氣之洩漏或流入爐體，造成熱效率降低，在龐大的爐體及附屬設備中，利用傳統量測設備檢測此問題發生處，往往是費時且無效率。國外之中 9、10 號機製造商 DOOSAN BABCOCK ENERGY 公司已採用遠距離量測之紅外線熱影像設備，可快速達到鍋爐 air/gas 洩漏偵測、機組機構、保温層、管內流等 Hot spot 檢測，並加以改善，以提昇運轉之鍋爐熱效率。

建議建立此設備在有形效益上，由建立紅外線熱影像量測設備，可直接應用於目前機組，提昇鍋爐熱效率。在無形效益上，成熟之熱影像量測與分析技術，除提昇鍋爐熱效率外，進一步可發展成鍋爐燃燒分析、結渣影響分析之輔助工具。

## 肆、參考文獻

Website:” <http://www.doosanbabcock.com/live/cme0.htm> ”

Website:“ <http://www.dantecdynamics.com/Default.aspx?ID=24> ”