

第五章 結論

在依據[15]和 CFDRC 內部建議的設定建立模組下，得到了整個電池的質量、溫度、壓力和電流的完整分析。基本上整個模擬下來可得到很正確的性能參數，但是在內部的各物理現象並不是完全的符合實際的物理狀況。在溫度場、流場、和液態水的分佈都有些令人存疑的地方。

5-1 溫度場

在最基本的模組裡，溫度場整個變化幅度不大。為了讓模擬更接近整個實際的電池，將模擬中設定過大的熱傳導係數調整為接近實際的材料應有的熱傳導係數，溫度場的變化雖然變大了，可是在化學反應為放熱反應和恆溫的邊界條件為基礎下，即出現了溫度低於工作溫度的不合理現象。修正了氣體性質參數的 enthalpy 的錯誤後，溫度場則是維持在工作溫度之上。圖 5.1 是三個模組在電池中 X 軸方向溫度場分佈圖的比較。

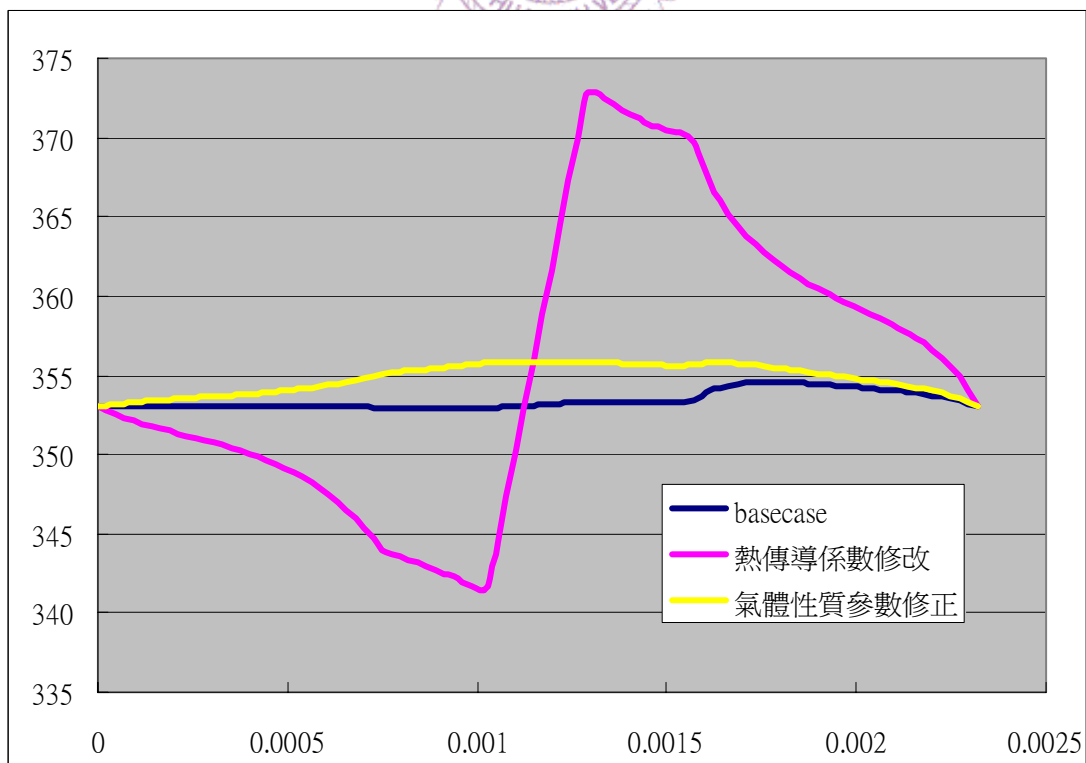


圖 5.1 三個模組的溫度分佈比較

將修正過氣體性質參數的模組當作基準，更改邊界熱傳條件來觀察對於整個電池對於溫度場的影響。將等溫的邊界條件更改為強制對流熱傳的邊界條件 ($h=100 \text{ W/m}^2\text{K}$ 環境溫度 300K)，得到的溫度曲線則是比原本的固定邊界溫度的模組上升了大約 9K，表示在此條件下的強制對流將電池工作溫度大約控制在 362K 左右。但是若降低陰極的壓力使電池中壓力比為 3.3 的條件下，強制對流的邊界條件則無法讓電池維持在進氣溫度 353K 下的工作，主要在於陰極流道中氧氣的分壓下降使得整個電池反應變小，帶走的熱量大於產生的熱量。圖 3.2 為三個模組在電池中 X 軸方向的溫度分佈。

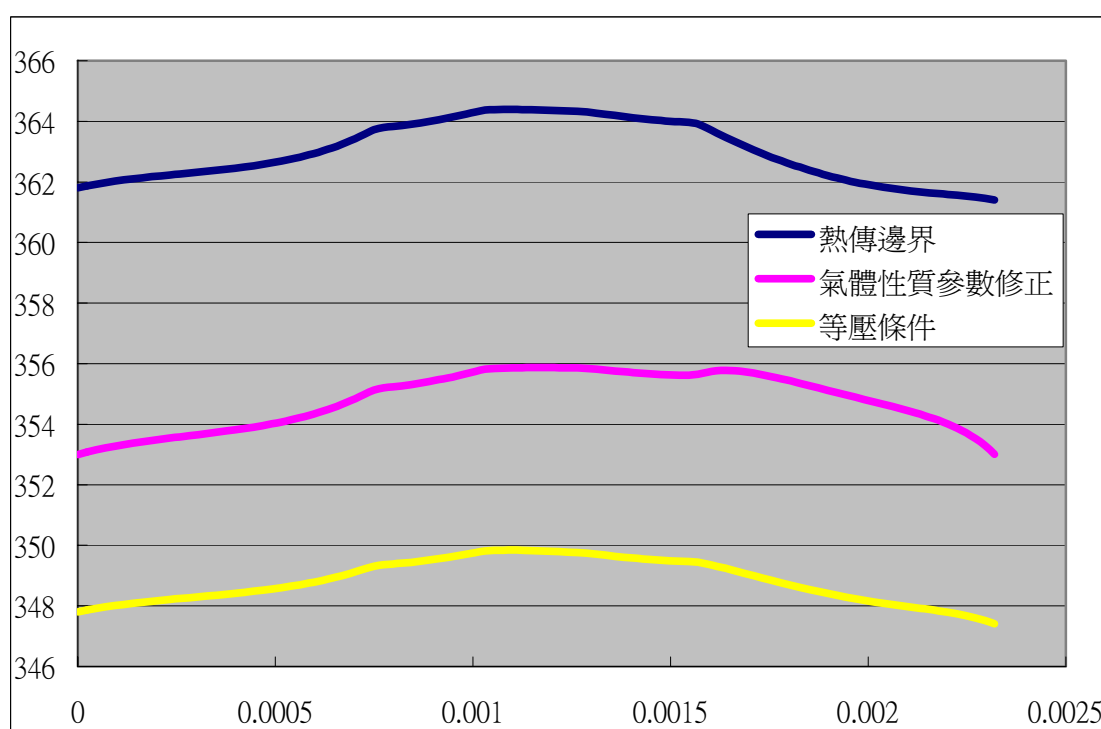


圖 5.2 邊界條件和等壓造成內部溫度分佈的差異

5-2 質量分佈

在流道方向，氫氣和氧氣的質量分率都隨著流道方向因為反應的發生逐步遞減，在模擬反向的進氣中，可以看到電流的產生與氧氣的質量分率有正相關的關係，表示整個電池的反應速率是限制於氧氣的質量分率，這個很符合實際上的理論。

在有壓力差的模擬下，由於 MEA 皆為多孔性材質的關係，使得模擬中兩邊

的氣體會穿透到另一邊去，由於陰極流道中氣體的分子量比較大，在穿透過後影響陽極的質量分率分佈。在模擬有液態水產生的情況中，由於是飽和進氣，在氫氣消耗下，液態水也會凝結的情形下，理論上質量分率應該維持在接近與互補的狀況下，可是因為陰極流道氣體的穿透現象，使得氫氣和水蒸氣的質量分率都出現越往出口遞減的情況，使得在模擬有液態水的模組中，氣體的質量分佈會被隔壁流道的氣體穿透給影響。但是在等壓的情況下，少了壓力差的影響，氣體穿透質子交換膜的情況幾乎不見了。圖 5.3 為氫氣在不同的壓力比的穿透現象。

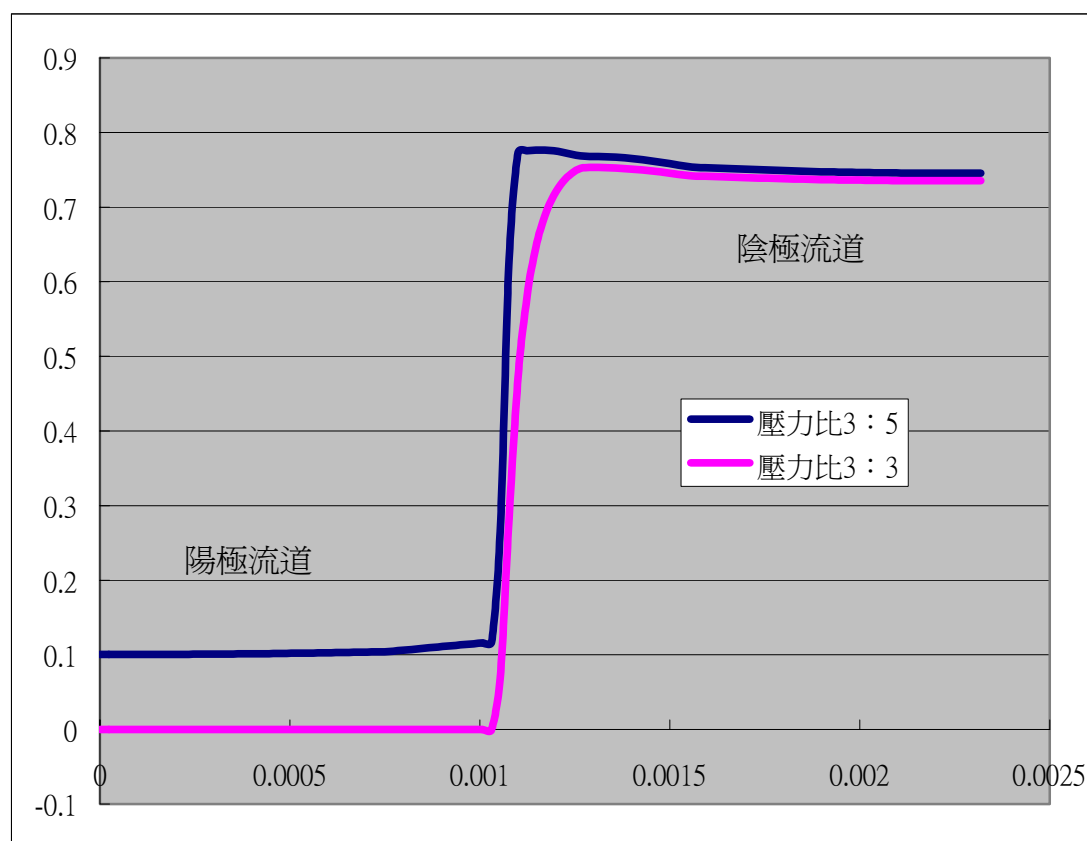


圖 5.3 壓力的改變下氫氣的質量分率分佈

5-3 液態水分佈

CFD-ACE+目前還沒有可以針對液態水的流動作質量分析，只能依靠內部的數據 saturation 的分佈來分析液態水的流動，雖然可以在氫氣和氧氣的總消耗量下求得所有液態水的質量生成，但是無法得知陽極流道和陰極流道各自的液態水流量。至於在電池中液態水的分佈，在陽極流道中凝結的液態水的含量也較陰極來的多，在陰極反應生成水、和沒有液態水流動的方式基礎下，這個問題還是有待解決的。

5-4 電流表現

表 5.1 列出的是在改變各項參數過後，電池模擬出的電流密度，可以看出壓力沒有改變之前，模擬的電流密度都差異不大，其中的微小差異大多在於 MEA 中的 saturation 分佈和溫度的不同，而造成小部分的電流差異。而在等壓的條件下，因為是降壓，氧氣的分壓降低，使得反應和溫度都比較低，所以整體產生電流的能力比較差，所以得到的電流密度比較低。

表 5.1 改變參數對於產生的電流密度影響

	平均電流密度 (A/cm^2)
基本模組	1.2462
改變熱傳導係數	1.2529
改變氣體性質參數	1.2390
熱對流邊界條件	1.2260
等壓下熱對流邊界條件	0.8822

在模擬中，電流的生成可以從交換膜中的參數 water_content 看出，質子交換膜內的導質能力會因為 water_content 的值變小，降低了傳導能力，這是所謂的乾化現象。但是在電池中 MEA 中 saturation 的分佈依然是維持在大約 0.2 左右，表示在孔洞中大約有 0.2 的體積被液態水給阻隔著，理論上靠近陽極的交換膜水分子含量降低時，在陽極氣體擴散層中的液態水應該則可以補充使得交換膜不至於乾化，但是在模擬中 water_content 卻沒有經由陽極氣體擴散層中液態水補充的現象，可能 CFD-ACE+ 在模擬液態水和質子交換膜中 water_content 之間的關連性沒有做到相互的接合。

5-5 總結

1. 針對氣體在多孔材質的擴散和電化學反應的產生上，可以有很合理且真實的模擬

2. 也可以模擬出質子交換膜對於進氣氣體的增濕的敏感度
3. 對於陰極陽極兩端壓力差所造成的氣體穿透現象無法避免
4. 在 MEA 中的溫度場的分佈並沒有符合大部分的熱由陰極半反應產生的現象
5. Saturation 的模擬雖然可代表液態水的產生，可是沒有數據輸出可表示液態水的移動方式和各出口的含量，並且液態水的存在也不能使乾化的交換膜補充水分

