

## 知識物件上傳表

計畫名稱：新及再生能源技術先期研發-燃料電池模組電能調配應用技術創新前瞻計畫

上傳主題：國內燃料電池載具發展可行性分析與建議

提報機構：車輛研究測試中心

提報時間：106 年 09 月 15 日

與計畫相關	<input checked="" type="checkbox"/> 1.是 <input type="checkbox"/> 2. 否
國別	<input checked="" type="checkbox"/> 1.國內 <input type="checkbox"/> 2. 國外：(註明國家名稱)
能源業務	<input type="checkbox"/> 1.能源政策(包含政策工具及碳交易、碳稅等) <input type="checkbox"/> 2.石油及瓦斯 <input type="checkbox"/> 3.電力及煤碳(包含電力供應、輸配、煤炭、核能等) <input checked="" type="checkbox"/> 4.新及再生能源 <input type="checkbox"/> 5.節約能源(包含工業、住商、運輸等部門) <input type="checkbox"/> 6.其他
能源領域	<input type="checkbox"/> 1.能源總體政策與法規 <input type="checkbox"/> 2.能源安全 <input type="checkbox"/> 3.能源供需 <input type="checkbox"/> 4.能源環境 <input type="checkbox"/> 5.能源價格 <input type="checkbox"/> 6.能源經濟 <input type="checkbox"/> 7.能源科技 <input type="checkbox"/> 8.能源產業 <input type="checkbox"/> 9.能源措施 <input checked="" type="checkbox"/> 10.能源推廣 <input type="checkbox"/> 11.能源統計 <input type="checkbox"/> 12.國際合作
決策知識類別	<input type="checkbox"/> 1.建言(策略、政策、措施、法規) <input type="checkbox"/> 2.評析(先進技術或方法、策略、政策、措施、法規) <input checked="" type="checkbox"/> 3.標竿及統計數據：技術或方法、產業、市場等趨勢分析 <input type="checkbox"/> 4.其他：
重點摘述	<p>因應世界各國紛紛訂立禁止燃油車輛的時間表，反觀燃料電池車輛具有零排放、高續航里程、快速補充燃料之優點，因此被各大車廠視為重要發展目標。而國內具有燃料電池研發、生產與製造之深厚實力，透過探討與分析規格需求、氫氣儲存與輸送及成本等方面後，短期內可以燃料電池輕型車輛(機車、自行車)為發展重點，並以發展高功率密度之系統及技術為中長期目標，為高功率需求之燃料電池客車發展奠立基礎。</p>
詳細說明	<p>2015 年於法國巴黎舉行氣候高峰會議，決議在 2100 年前各國須積極減少碳排放量，以達到抑制全球溫升於 2°C 以內。而近期法國、德國、英國、荷蘭、挪威與印度等國紛紛宣布，為達到前述協議目標，陸續將在 2025 年至 2040 年間禁售燃油車輛，亦即電動車輛成為未來市場主力車種。然而雖然鋰電池售價隨著材料、製程等技術突破開始下降，但是其能量密度與充電時間仍然與現有車輛有所差距，因此零排放之氫燃料電池車輛成為各車廠發展矚目重點。而國內具有深厚燃料電池之研發與製造能量，因此本文即針對數項因素討論該如何協助國內產業切入此一未來市場。</p> <p>1.規格需求</p> <p>多數國際車廠均有投入燃料電池車輛(Fuel Cell Vehicle, FCV)概念車發展或是已有少量量產之實績，然而由於燃料電池體積、功率密度等技術規格尚未成熟緣故，因而並不普及。由 2014 年起，日本豐田、本田與韓國現代陸續推出新一代 FCV，高功率密度及高壓儲氫罐搭載設計使得整體性能得</p>

以貼近現有燃油車輛。由圖 1 可見目前 FCV 所搭載之燃料電池功率均高於 110kW，作為主要動力需求電力供應，並搭載相對小蓄電量之電池模組作為輔助與回收能量使用。

	Toyota Mirai	Honda Clarity	Hyundai Tucson Fuel Cell
發售年份	2014(日本)	2016(日本)	2015(美國)
規格	<ul style="list-style-type: none"> <li>電動動力系統：113kW / 335 N-m馬達、前輪驅動</li> <li>電源系統： <b>245V, 1.6 kWh 鎳氫電池</b>，650V(升壓)，<b>114kW 燃料電池組</b></li> <li>儲氫筒：70 Mpa 高壓碳纖維儲氫筒 2 具、122.4 升、87.5 公斤、充填時間 3~5 分鐘</li> <li>續行里程：500 公里</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>電動動力系統：130kW / 299N-m馬達、前輪驅動</li> <li>電源系統： <b>288V 鎳氫電池</b> <b>100kW 燃料電池組</b></li> <li>儲氫筒：70Mpa 高壓碳纖維儲氫筒 2 具、141 升、充填時間 3 分鐘</li> <li>續行里程：<b>750 公里</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>電動動力系統：98.6kW / 221 N-m馬達、前輪驅動</li> <li>電源系統： <b>188V 14.4kWh 鋰電池</b>，<b>100kW 燃料電池組</b></li> <li>儲氫筒：70 Mpa 高壓碳纖維儲氫筒、140 升</li> <li>續行里程：424 公里</li> </ul>

圖 1 Toyota Mirai 燃料電池車體展示

另不同級距 FCV 所需之燃料電池規格比較可見圖 2，依據車輛大小不同，其所搭載之燃料電池系統規格有相當大之差異：轎車型約為 110kW、巴士型則為 220kW 而電動機車則僅需搭載 2kW 之系統。另一方面，電動巴士由於空間較為充裕，因此在燃料電池之功率密度、儲氫罐大小限制較為寬鬆，但在轎車與機車之空間限制則相當嚴格，因此高能量密度與高壓儲氫容器為燃料電池系統必須具備之特性。而目前國內具有自主燃料電池生產能力之廠商，其成熟產品功率多落於 1~10kW 之間，100kW 以上之電池堆仍有待金屬雙極板與製程等方面的技術突破。

	Toyota Mirai	Toyota FC Bus	AEPFC Scooter
發售年份	2014(日本)	2017(日本)	--
規格	<ul style="list-style-type: none"> <li>電動動力系統：113kW / 335 N-m馬達、前輪驅動</li> <li>電源系統： <b>245V, 1.6 kWh 鎳氫電池</b>，650V(升壓)，<b>114kW 燃料電池組</b></li> <li>儲氫筒：70 Mpa 高壓碳纖維儲氫筒 2 具、122.4 升、87.5 公斤、充填時間 3~5 分鐘</li> <li>續行里程：500 公里</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>電動動力系統：226kW / 670N-m馬達、前輪驅動</li> <li>電源系統： <b>288V 鎳氫電池</b> <b>228kW 燃料電池組</b></li> <li>儲氫筒：70Mpa 高壓碳纖維儲氫筒 10 具、600 升、充填時間 3 分鐘</li> <li>續行里程：<b>200 公里</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>電動動力系統：DC 48V 無刷馬達</li> <li>電源系統： <b>24V, 1.8kW 水冷式燃料電池組</b></li> <li>儲氫筒：低壓儲氫罐 2 具、9 公斤、換裝時間 3 分鐘</li> <li>續行里程：50 公里</li> </ul>



圖 2 不同級距之燃料電池車輛比較

## 2. 燃料儲存與充填

燃料電池系統採用氫氣為燃料，現行 FCV 多採用高壓儲氫罐，以 350 至 700 大氣壓之壓力攜帶足量氫氣以達到設定續航距離，在氫氣充填時亦需要高壓充填設備以及存有大量氫氣之容器。圖 3 為不同形式之加氫站與氫氣運送方式，除了目前類似之加油加氣一體形式外，目前國際上的示範加氫站多以獨立加氫型為主，但因應氫氣不穩定性與危險性，其設置標準相對比較嚴格。日本最初對加氫站與周邊建築之設置規格訂有嚴格限制，但發現在都會區域中無法找到足夠大的空間設置站點，因此於 2014~2015 年間修正《高壓燃氣保安法》和《建築基準法》等 12 個相關法令，以利加氫站的設置。另外移動式加氫站則是以類似槽車方式進行，以此可避免站體設置空間需求以及建築成本，為未來氫氣充填可行方式之一。

### 加氫站型式與氫氣運送方式



圖 3 加氫站與氫氣運送方式(來源：中油綠能所)

相對於高壓儲氫罐可提供現行 FCV 充足續航里程，目前國內亦有業者採用低壓儲氫罐作為燃料電池機車氫氣來源。低壓儲氫罐採用金屬儲氫技術，以約 10 大氣壓壓力儲存氫氣，但由於金屬儲氫方式於氫氣充填速度較慢，因此適合以工廠集中充填與交換形式進行氫氣的補充(如圖 4)。

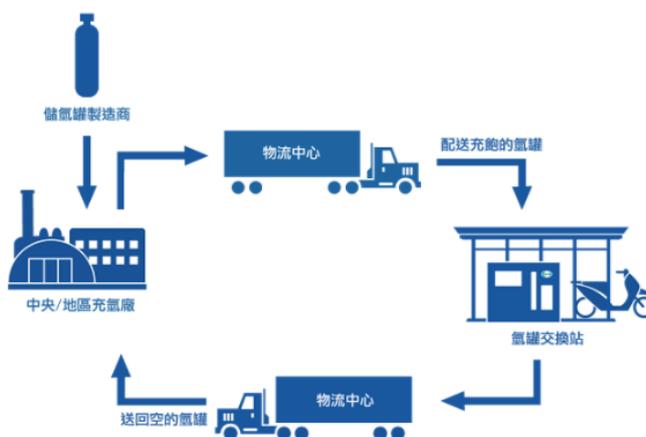


圖 4 低壓儲氫罐使用流程(來源：亞太燃料電池)

目前國內產業對於前述高壓與低壓儲氫罐均已有相關產品問世，因此對 FCV 最重要之氫氣載體已形成成熟供應鏈，然而對於氫氣充填方式乃至於加氫站的設置，為未來須考量之重要因素。

### 3. 成本

燃料電池系統成本包含電池堆及周邊系統(BOP)，由美國 DOE 所委託之研究計畫成果[1]指出，以 5kW 與 10kW 之備用型燃料電池系統為例，在銷售量 100 與 50,000 套下的成本差異：電池堆成本約分別下降 92.4%及 90.5%不等(圖 5)，而 BOP 成本則分別下降約 35.1%及 32.4%(圖 6)。即使在銷售套數 100 與 1,000 套之差異，電池堆與 BOP 成本亦可分別下降 74.3%、71.7%以及 19.4%、15.3%。

依據 2016 年能源產業技術白皮書[2]所統計資訊顯示，於 2014 年為止定置型燃料電池系統共安裝 72 台、約 423kW，載具型燃料電池系統約有 152 量、約 265kW，移動型電源有 4 部、約 21kW，如圖 7 所示。

由前述資訊可知，目前國內燃料電池系統由於需求數量偏低緣故，致使售價受到成本影響而居高不下，因此國內現有 5kW 定置型備用系統(不含重組系統)售價約 100 萬，而燃料電池機車則約為 30 至 40 萬，此一高昂價格再再影響民眾選用該類型產品之意願。因此，未來產品必須選擇具有大數量需求之目標，藉以降低成本與售價。

Table 5-12. PEM Stack Component Cost Summary—5- and 10-kW Systems

Category	6-kW Stack (5-kW System)				12-kW Stack (10-kW System)			
	100	1,000	10,000	50,000	100	1,000	10,000	50,000
MEA	\$4,767.90	\$1,473.27	\$521.31	\$280.83	\$6,098.41	\$1,942.58	\$728.30	\$474.17
Anode / Cooling Gasket	\$146.55	\$37.86	\$29.72	\$24.01	\$204.67	\$47.85	\$36.43	\$30.38
Cathode Gasket	\$114.06	\$22.72	\$14.17	\$11.58	\$151.94	\$28.61	\$17.18	\$14.57
Anode Bipolar Plate	\$416.42	\$129.35	\$75.57	\$66.16	\$506.18	\$217.27	\$144.81	\$125.96
Cathode Bipolar Plate	\$239.98	\$105.86	\$63.73	\$54.27	\$298.65	\$186.65	\$121.93	\$103.06
End plates	\$103.66	\$39.20	\$32.81	\$17.50	\$132.55	\$47.93	\$39.54	\$21.60
Assembly hardware	\$48.15	\$45.03	\$42.11	\$40.18	\$48.15	\$45.03	\$42.11	\$40.18
Assembly labor	\$35.31	\$28.20	\$27.49	\$27.43	\$35.60	\$28.43	\$27.71	\$27.65
Test and conditioning	\$2,649.76	\$316.48	\$128.75	\$126.09	\$2,666.71	\$324.32	\$132.47	\$128.43
Total	\$8,522	\$2,198	\$936	\$648	\$10,143	\$2,869	\$1,290	\$966

圖 5 燃料電池堆成本分析

Table 5-14. PEM BOP Cost Summary—5- and 10-kW Systems

System	Component Description	Annual Production of 5kW PEM Systems				Annual Production of 10 kW PEM Systems			
		(100)	(1,000)	(10,000)	(50,000)	(100)	(1,000)	(10,000)	(50,000)
Hydrogen Supply	High pressure regulator	\$ 1,295	\$ 1,101	\$ 881	\$ 837	\$ 1,295	\$ 1,101	\$ 881	\$ 837
	Mid-pressure PRD	\$ 155	\$ 150	\$ 150	\$ 150	\$ 155	\$ 150	\$ 150	\$ 150
	Low Pressure regulator	\$ 113	\$ 102	\$ 90	\$ 86	\$ 113	\$ 102	\$ 90	\$ 86
	Lower Pressure PRD	\$ 155	\$ 150	\$ 150	\$ 150	\$ 155	\$ 150	\$ 150	\$ 150
	Anode shutoff valve	\$ 71	\$ 65	\$ 63	\$ 60	\$ 71	\$ 65	\$ 63	\$ 60
	Anode purge valve	\$ 92	\$ 78	\$ 72	\$ 68	\$ 92	\$ 78	\$ 72	\$ 68
Air Supply	Chemical/particulate filter	\$ 347	\$ 333	\$ 320	\$ 307	\$ 347	\$ 333	\$ 320	\$ 307
	Cathode Blower	\$ 360	\$ 324	\$ 291	\$ 282	\$ 360	\$ 324	\$ 291	\$ 282
	Recuperative humidifier	\$ 420	\$ 290	\$ 200	\$ 165	\$ 840	\$ 580	\$ 400	\$ 330
	Cathode isolation valve	\$ 466	\$ 440	\$ 414	\$ 414	\$ 466	\$ 440	\$ 414	\$ 414
Cooling	Radiator	\$ 683	\$ 614	\$ 546	\$ 519	\$ 625	\$ 500	\$ 425	\$ 404
	Coolant Pump	\$ 303	\$ 242	\$ 206	\$ 196	\$ 240	\$ 195	\$ 190	\$ 181
	Deionization polisher	\$ 43	\$ 39	\$ 35	\$ 31	\$ 43	\$ 39	\$ 35	\$ 31
Controls and Instrumentation	Control Module	\$ 500	\$ 300	\$ 175	\$ 166	\$ 500	\$ 300	\$ 175	\$ 166
	Temperature sensors	\$ 95	\$ 55	\$ 40	\$ 38	\$ 95	\$ 55	\$ 40	\$ 38
	Pressure Sensor	\$ 710	\$ 638	\$ 574	\$ 556	\$ 710	\$ 638	\$ 574	\$ 556
	Flow Meter (cathode)	\$ 128	\$ 115	\$ 103	\$ 97	\$ 128	\$ 115	\$ 103	\$ 97
	Voltage sensor (DC/DC input)	\$ 50	\$ 43	\$ 39	\$ 37	\$ 50	\$ 43	\$ 39	\$ 37
	Voltage sensor (DC/DC output)	\$ 50	\$ 43	\$ 39	\$ 37	\$ 50	\$ 43	\$ 39	\$ 37
	Hydrogen Sensor (leak sensor)	\$ 132	\$ 106	\$ 97	\$ 92	\$ 132	\$ 106	\$ 97	\$ 92
Electrical	DC/DC Converter	\$ 3,735	\$ 2,538	\$ 2,209	\$ 1,780	\$ 5,070	\$ 4,100	\$ 3,350	\$ 3,016
	Contactors	\$ 72	\$ 64	\$ 60	\$ 54	\$ 72	\$ 64	\$ 60	\$ 54
	Batteries	\$ 669	\$ 643	\$ 620	\$ 595	\$ 1,384	\$ 1,329	\$ 1,282	\$ 1,231
Assembly Comp	Assorted Plumbing/Fittings	\$ 580	\$ 525	\$ 475	\$ 430	\$ 590	\$ 535	\$ 480	\$ 430
	Assembly Hardware	\$ 60	\$ 55	\$ 50	\$ 45	\$ 60	\$ 55	\$ 50	\$ 45
	Frame and Housing	\$ 180	\$ 165	\$ 150	\$ 135	\$ 180	\$ 165	\$ 150	\$ 135
+	Additional Work Estimate	\$ 1,285	\$ 1,170	\$ 1,055	\$ 950	\$ 1,800	\$ 1,635	\$ 1,470	\$ 1,325
	<b>TOTAL BOP COST</b>	\$ 12,748	\$ 10,388	\$ 9,105	\$ 8,278	\$ 15,623	\$ 13,240	\$ 11,391	\$ 10,560

圖 6 燃料電池系統 BOP 成本分析

應用種類	台數/kW數	應用方式/台數	
定置發電	72/423	備用電源	34
		通訊機房備用發電	38
運輸動力	152/265	機車	118
		四輪車	13
		堆高車/拖板車	11
		船舶	10
移動式設備	4/21	輔助電源	
總計		228台(0.709 MW)	

圖 7 國內燃料電池示範系統建置狀況

#### 4. 結論

依據各方面因素分析，由於國內目前自主生產之燃料電池規格偏小功率系統，可將僅需小功率之燃料電池機車、自行車列為重點發展方向，藉以拓展與提高民眾接受度，發展客車型所需燃料電池系統建議可列為中長期發展目標。另一方面，國內機車領牌與保有數均遠高於自小客車，故以此數量優勢可有效協助降低廠商生產成本，進而降低產品售價，另考量由於電動機車續航需求較低，因此選用低壓儲氫罐方式可降低加氫站設置需求，且給予民眾較為安全之印象。於政策方面，搭配 2016 年修正之「經濟部發展電動機車產業補助實施要點」更可提高民眾選用意願，進一步促成國內燃料電池與相關載具之技術與產品發展，儘早切入未來 10~15 年內龐大需求之燃料電池車輛市場。

#### 參考文獻

- [1] Battelle Memorial Institute, "Manufacturing Cost Analysis of PEM Fuel Cell Systems for 5-kW and 10-kW Backup Power Applications", Oct. 2016.
- [2] 國家發展委員會，「2016 年能源產業技術白皮書」，2016。

- 註：1.請計畫執行單位上傳提供較具策略性的知識物件，不限計畫執行有關內容。
- 2.請計畫執行單位每季更新與上傳一次，另有新增政策建議可隨時上傳。
- 3.文字精要具體，量化數據盡量輔以圖表說明。