

國際加氫站發展現況與安全法規分析探討

洪劍長^{1*} 黃蓓芸²

摘要

加氫站是實現氫燃料電池車商業化的重要基礎設施。本文說明各國加氫站的發展現況和目前加氫站的各種設計組成方案，並對於北美、日本等地區加氫站與供氫設備之防火與安全相關法規標準進行瞭解。此外，本文亦探討國內現行相關安全法規標準，對於法規要求之加氫站空間安全距離進行比較分析，期望找出國內未來建置加氫站與制訂法規之可行作法。目前國際上加氫站相關法規與標準大致已建立完整，並持續增修與整合。日本過去法規較保守，為了發展與推廣燃料電池車產業，日本政府正著手研擬放寬法令限制以促進加氫站的建設。北美法規較寬但詳細完整。國內現有加氣站法規簡略但易於遵循使用。建議國內可由既有加氣站法規架構進一步增修至適用加氫站。

關鍵詞：燃料電池車、加氫站、安全、標準

1. 前言

1.1 加氫站發展近況

全世界車廠自2015年起，開始將燃料電池車Fuel cell vehicle (FCV)推進市場。車廠與燃料供應業者雙方合作，設法創建一個可見的產業生態系統，以促成燃料電池車發展。

自2009年9月開始，由當時全世界最大7家車廠--Daimler, Ford, General Motors, Honda, Hyundai-Kia, Renault-Nissan與Toyota共同簽署一份聯合意向書，致石油/能源產業與政府，表示其商業化量產燃料電池車之意願，希望促成氢能基礎設施發展，以利市場導入。主要國家在歐洲，特別是德國(FuelCellToday, 2013a)。

2016年1月的統計，全球運轉中的加氫站數量有214座。計有歐洲95座、美洲51座、亞洲67座、澳洲1座，如圖1所示(H2stations.org,

2016)。其中在2015年新增54座。各主要國家也訂定加氫站發展的長期目標(詳如表1)。德國目標成為第一個有加氫路網的國家，每隔90公里的高速公路網絡中至少建置一座加氫站，在2017年達100站，2023年達到400座加氫站。日

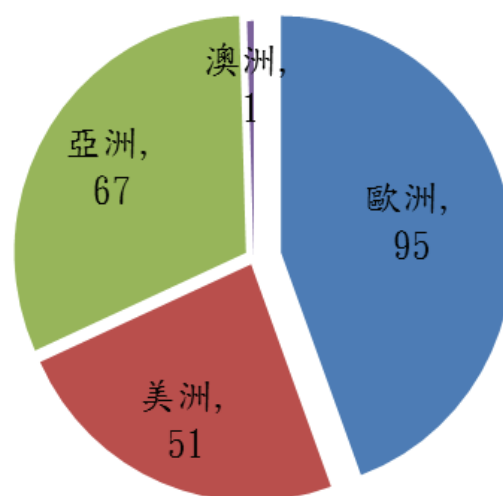


圖1 全球加氫站數量-2016年1月達214座
資料來源：網站H2stations.org, 2016

¹工業技術研究院綠能與環境研究所 研究員

²工業技術研究院綠能與環境研究所 正研究員

*通訊作者, 電話: 06-6939268, E-mail: jz@itri.org.tw

收到日期: 2016年09月13日

修正日期: 2016年10月24日

接受日期: 2016年11月09日

表1 各國加氫站推動對策及目標

國家	推動策略及目標
日本	<ul style="list-style-type: none"> 2013年3家主要日本車廠與10家日本石油與能源公司簽署共識備忘錄，在2015年之前建構約100座加氫站網路。群聚於日本4個主要都會地區—東京、名古屋、大阪與福岡。
德國	<ul style="list-style-type: none"> 「氫能車倡議夥伴聯盟H2 Mobility initiative partners」2013年宣布，2023年之前擴展德國公共氫能基礎建設至400站。此項倡議預計總投資金額3億5千萬歐元。 於2015年之前擴增德國加氫站數量至50座做為支持FCV推行全國之骨幹。由H2FC國家技術創新計畫(NIP)支援2千萬歐元。
美國	<ul style="list-style-type: none"> 美國加州率先發展FCV。2013年加州簽署Assembly Bill 8 (AB8)法案，提供2,000萬美元/年至2024年，資助建置至少100座加氫站。
英國	<ul style="list-style-type: none"> 以倫敦做為氫能運輸的領導城市，由氫能網路擴展計畫(London Hydrogen Network Expansion (LHNE) project)推展。 H2Mobility計畫評估英國2030年之前，FCV數量≤160萬輛，年銷售量超過30萬輛，需要65座加氫站。2030年增至1,150座，屆時51%燃料來自電解水，減少車輛每年CO₂排放量300萬噸，預估2050年FCV在英國市佔率約30~50%。
南韓	<ul style="list-style-type: none"> 南韓2014年4月累計啟用了11座加氫站。2014年將再建兩座氫氣壓力700 bar (巴)之加氫站。環境部規劃2020年之前增建10座加氫站，2025年之前完成200座加氫站。

資料來源：DOE Fuel Cell Technologies Office, 2014

本設定在2025年達1,000座，東京都政府在2020年奧運前至少建置35座。英國評估在2030年需求1,150座；南韓則是設定於2025年達200座加氫站。

加氫站發展現況顯現產業界正實質進行燃料電池車市場準備工作。為支持燃料電池汽車、巴士與堆高車商業化，各國產官正在共同推動氫能基礎設施建設。總體而言，氫能基礎設施發展具體化速度在燃料電池車上市前發展

越發快速。若能延續此發展趨勢，燃料電池車上市量產指日可待。

1.2 氫燃料來源或生產方式

加氫站的氫燃料供應可由燃料廠商運送供應或現場產氫。由卡車載送壓縮氫氣、低溫液氫或經由管線輸送氫氣。現場產氫可用電解水或碳氫化合物(如天然氣)重組產氫。圖2是基本氫燃料輸送或產出模式與加氫站組成方案。約略區分為七種供氫基礎設施方案(California Energy Commission, 2004)。

1.2.1 機動式加氫站

係由具備壓縮氫氣儲槽的拖車或卡車配置加氫設備，達到機動式供氫能力。並可設計在拖車上整合安裝小型電解產氫機、壓縮機與加氫機。

氫燃料供應業者也開發小型整合式加氫站，以天然氣現場產氫系統，同時整合升壓機與加氫機，可提供壓力350 bar (巴)之純氫對車輛加氫。可由卡車運送定期補充氫氣或現場連接其它氫氣源(壓力4~14 bar)。貨櫃型加氫站可連接驅動車頭，機動拖運至現場。這些產品與服務，可因地制宜，彈性應用，大幅降低加氫站應用門檻。可延伸氫能之應用，例如園區、工廠等短期使用，也許提供租用，不需業主自行投入資金建置加氫站。

機動式加氫站是行動方式支援氫能車展示的唯一選項，它也適合低容量臨時定置應用。但使用許可方面，特別是停駐與定置模式使用時，不同地區主管單位對其適法認定上可能會有些爭議。

1.2.2 拖車載運壓縮氫氣鋼管儲槽

載運至加氫站之壓縮氫氣，儲存容器包括小容量可攜式壓力容器(氣瓶，K bottles)或大容量鋼管。若是採用排序儲氫串列連接(sequenced-cascade)，可提高供氫效率而提供更多氫氣至車上儲槽。若是結合壓縮機與儲氫容

A.

MOBILE STATION WITH HP GAS STORAGE, OPTIONAL COMPRESSOR, AND DISPENSING EQUIPMENT

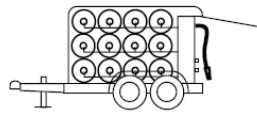
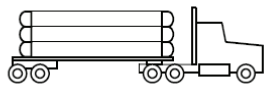
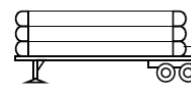


圖2-A 整機替換式機動型加氫站-具備高壓儲氫、壓縮機與加氫機

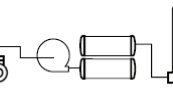
B.



TRUCK DELIVERY (E.G., FROM NG REFORMER AND COMPRESSION PLANT)



COMPRESSED HYDROGEN TUBE TRAILER



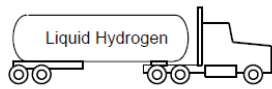
OPTIONAL COMPRESSOR & HP GAS STORAGE



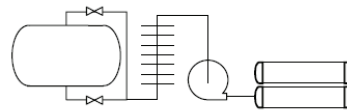
DISPENSER

圖2-B 卡車載送氫氣鋼管拖車替換式→現場壓縮/加氫機

C.



TRUCK DELIVERY (E.G., FROM NG REFORMER AND LIQUEFACTION PLANT)



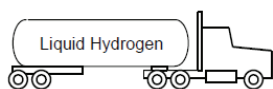
LIQUID HYDROGEN STORAGE, VAPORIZATION, COMPRESSION, HP GAS STORAGE



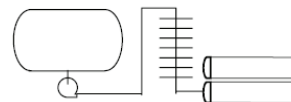
DISPENSER

圖2-C 卡車載送液氫儲槽補充燃料→現場液氫儲存/蒸發/氣體壓縮→高壓儲氫/加氫機

D.



TRUCK DELIVERY (E.G., FROM NG REFORMER AND LIQUEFACTION PLANT)



LIQUID HYDROGEN STORAGE, PUMPING, VAPORIZATION, HP GAS STORAGE

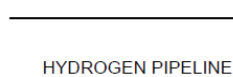


DISPENSER

圖2-D 卡車載送液氫儲槽補充燃料→現場液氫儲存/液體加壓/蒸發→高壓儲氫/加氫機

E.

NEARBY HYDROGEN PLANT (E.G. NG REFORMER)



HYDROGEN PIPELINE



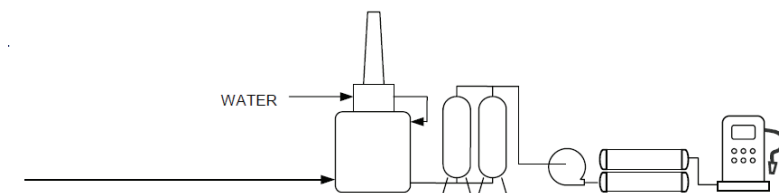
HYDROGEN COMPRESSION AND HP GAS STORAGE



DISPENSER

圖2-E 鄰近大型集中產氫工廠→管線輸送氫氣→現場壓縮/高壓儲氫/加氫機

F.



NATURAL GAS PIPELINE

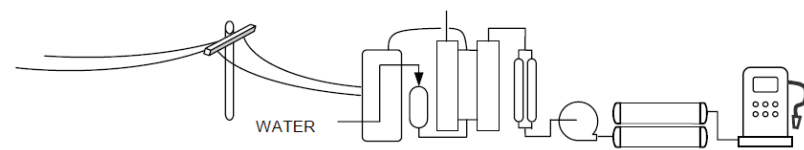
ONSITE REFORMER

HYDROGEN COMPRESSION AND HP GAS STORAGE

DISPENSER

圖2-F 管線輸送天然氣→現場重組產氫/壓縮/高壓儲氫/加氫機

G.



ELECTRICITY FROM POWER PLANT (E.G., NG-FUELED, SOLAR, HYDRO, NUCLEAR)

ON-SITE ELECTROLYZER

HYDROGEN COMPRESSION AND HP GAS STORAGE

DISPENSER

圖2-G 電廠(天然氣、太陽能、核能)發電→現場電解水產氫/壓縮/高壓儲氫/加氫機

圖2 基本氫燃料輸送或產出模式與加氫站組成方案

資料來源：California Energy Commission, 2004

器，則拖車鋼管儲存之氫氣幾乎全部可以被配送至車上使用。氫氣鋼管儲槽拖車若是連接至定置設備，其使用許可之適法性亦受到主管機關不同解釋認定。

1.2.3 液氫運送

液氫可由低溫槽車載送至加氫站，再將液氫輸送至站內儲槽。因為液氫密度高很多，液氫槽車運送的氫燃料量遠大於壓縮氫氣鋼管拖車。液氫儲放於真空夾層容器內，維持-400°F 溫度。液氫以熱交換器汽化升溫(蒸發氣boil-off gas受熱)，再壓縮至高壓儲氫容器而提供加氫。高容量加氫站可能採行另一種加壓方式是使用液氫泵加壓至高壓再氣化。因為免除多段氫氣壓縮機與其電力需求，故可節省成本。載送液氫之供氫方式最適用於配送液氫之加氫站。液泵式輸送或非液泵式壓力輸送都有其應用，依加氫站與車上儲槽之飽和壓力等因素而定。

1.2.4 管線輸送氫氣

管線供氫是經由管線輸送氫氣至加氫站加壓儲存與加氫。但氫氣輸送網路不常見，僅在某些煉油廠與工業製程廠等有限地區有輸氫管線。

1.2.5 碳氫化合物現場重組產氫

利用碳氫化合物與水蒸氣重組反應，可於現場產出氫氣。初步產物主要是氫與一氧化碳，有些製程再經過水轉換反應產生氫與二氧化碳。常用進料為天然氣，但重組器可設計利用任一種碳氫化合物產氫。對單一加氫站而言，化工廠重組產氫規模都過於龐大。故業者發展出較符合成本效益的小型重組系統，已應用在現有加氫站。重組技術包括水蒸氣重組(steam reforming)、自熱重組(auto-thermal reforming)與部分氧化(partial oxidation)。設備包括重組器本體、純水器、燃燒器、水轉換反應器、氫氣純化器等。重組產氫可利用低價的

天然氣產出大量氫氣，對高壓氫氣加氫站而言，是很有吸引力的方案。

1.2.6 現場電解產氫

就原理而言，電解產氫基本上是燃料電池的反向操作—消耗電力而由水產出氫和氧。電解法於各種工業應用產氫已行之多年，但其總產量遠少於天然氣重組產氫。關鍵變數是電解機的產氫-電力比。電解機佔加氫站空間尺寸相對較小。使用技術有質子交換膜與鹼性電解。除了電解模組之外，尚還需要電力調節、供水純化、氫氣清理等設備。某些製造廠將全部設備整合為套裝機組。電解產氫有其實際利益，它的氫能應用情境有潛力做到完全可再生與零污染(亦即，使用電力是由太陽能、風力能或相關再生能源產生)。目前已有一些現場電解產氫之加氫站，其中有些是以太陽能進行部分發電。

1.2.7 加氫機

加氫站主要服務設施為加氫機，是由流量計、加氫噴嘴、溫度壓力監控系統與安全保護裝置等組成。流量規格與應用車輛數目與大小有關。緊致型氫能車的儲氫槽容積若為50公升/壓力700 bar，估計其儲氫量約為3 kg (公斤)左右。加氫流量若為1 kg/min (公斤/分鐘)，則約在數分鐘之內可加氫完成。應用於大型巴士加氫，流量規格須數倍放大。使用科氏力流量計較能符合加氫機高壓力與大範圍流量之需求。

2. 氫能基礎設施之法規與標準

2.1 美歐各國

目前北美與國際標準組織International Organization for Standardization (ISO)之加氫站相關法規與標準大部分已建立完整，表2是加氫站引用法規與標準清單(www.fuelcellstandards.com, 2015)。其中有關防火法規/標準主要為：

表2 加氫站與加氫之引用法規與標準

機構名稱/編號	法規/標準全名
加氫站設計	
US Department of Energy	「加氫站設計法規與標準」(美國)
International Code Council	「國際防火規則」(美國與其它地區)
International Code Council	「國際燃料氣體法規」(美國與其它地區)
NFPA 55	「移動式與定置式壓縮氣體與冷凍流體容器、鋼瓶與槽體之存放、使用與操作--第10章 氫氣系統」(美國)
CAN/BNQ 1784	「加拿大氫能安裝規則」(加拿大)
ISO/PAS 15594	「機場加氫設施之操作」
ISO TC197 Working Group #11 / ISO TS 20100	「氫氣-服務站」(國際)
GB 50177-2005	「氫能站設計規則」(中國)
加氫設備	
CSA America HGV4	「氫氣動力車輛之燃料配送」(美國)
HGV 4.1	加氫機
HGV 4.2	氫能車與加氫系統之軟管與管件
HGV 4.3	加氫系統之燃料供給參數
HGV 4.4	氫能車燃料供應站使用軟管之分離裝置
HGV 4.5	加氫系統之順序與排序設備
HGV 4.6	氫氣車燃料供應站之手動閥
HGV 4.7	氫氣車燃料供應站之壓力自動操作閥
HGV 4.8	氫氣車燃料供應站之壓縮機
HGV 4.10	壓縮氫氣與含氫混和氣體之配管性能
SAE J2600	壓縮氫氣車輛燃料供應連接裝置(美國與其它地區)
NFPA 52	車輛燃料系統規則(美國)
ISO 17268	陸地氫氣車之加氫連接裝置(國際)
SAE J2799	「70 MPa壓縮氫氣陸地車輛之加氫連接裝置與車對站通訊」
OIML R 81	「低溫液體之動態測量裝置與系統」(國際)
OIML R 139	「車輛之壓縮氣體燃料測量系統」(國際)
安裝	
US Department of Energy	「氫與燃料電池許可指引」(美國)
HyApproval Project	加氫站認證手冊(美國與其它地區)
State of South Carolina	氫(與燃料電池)許可行動(美國-南卡羅萊那)
氫氣偵測器	
ANSI/UL 2075	「氣體與蒸氣偵測器與感應器」(美國)
ISA 12.13.01	「可燃性氣體偵測器性能要求」(美國)
BS EN 50073	「可燃性氣體或氧氣偵測與測量之選擇、安裝、使用與維護」(國際)
IEC 60079-29-1	「爆炸環境-- Part 29-1：氣體偵測器-可燃性氣體偵測器性能要求」(國際)
IEC 60079-29-2	「爆炸環境-- Part 29-2：氣體偵測器-可燃性氣體與氧氣偵測器之選擇、安裝、使用與維護」(國際)
ISO 26142	「氫氣偵測器裝置-定置用途」(國際)

資料來源：www.fuelcellstandards.com, 2015

1. 國際建築規則International Building Code (IBC)，2012年版
2. 國際防火規則International Fire Code (IFC)，2009年與2012年版
3. 美國防火協會National Fire Protection Association (NFPA)-NFPA 1防火規則，2009年版
4. 氫技術規則，2011年版
5. 車輛氣體燃料系統規則，2010年版
6. 高壓氣體與低溫流體規則，2013年版

2009年國際防火法規加入「氫氣配送」相關內容，NFPA 52增訂「加氫」規範。CSA America於2010年完成氫組件標準。ISO與車輛工程協會Society of Automotive Engineers (SAE)於2010年公布氫品質標準。2009年國家防火協會之氫文件(NFPA hydrogen documents)增訂風險資料法規要求。2010年美國國家防火協會公布「氫技術法規(NFPA 2 Hydrogen Technologies Code)」。

法規之適用方面，加州採用(並修改)國際建築法規(IBC)與國際防火法規(IFC)。IFC之氫氣儲存是引用NFPA 55，加氫是引用NFPA 52並於IFC第22章納入特定加氫要求。NFPA 52與NFPA 55則都引用CSA與UL之氫系統組件標準。

引用最多之法規為國際防火法規IFC與氫技術法規NFPA 2。IFC規定大部分防火安全規則；NFPA 2則整合了大部分氫能相關安全規範，特別是氫氣儲存、壓縮與產出系統方面規定。

美國再生能源實驗室National Renewable Energy Laboratory (NREL)列出美國氫能車與基礎設施常用法規與標準之引用章節。包括定期檢查與認證檢查要求、加氫站一般要求、氫氣儲存/壓縮與產出系統、液態氫儲存系統、配送系統、系統之配管與管線、系統之閥與轉接、排放與其它設備、以及消防等(NREL, 2013)。

歐洲國家，如德、英、法、瑞典、義大利等國，各有當地現行的法規與標準。為利於

推動氫能產業發展，ISO已經建立完成國際共同標準。德國推展氫能基礎設施建設，有關高壓氫氣加氫站之官方最新採用標準是ISO TS 19880-1：2016 --「氣態氫之加氫站」。該標準取代前版ISO TS 20100：2008，由ISO TC197委會所負責制訂。

目前氫能車是以氫氣壓力700 bar之高壓儲氫為主流標準。加氫機之噴嘴與接受口有統一標準(如SAE2600、HGV4)，以使得不同加氫機與氫能車可以通用。但通訊界面必須配合氫能車設計使用，SAE J2601則是加氫程序之共同協定。

加氫機涉及防火、防爆與高壓氣體設備等安規。北美防爆等級規格多採國家電氣規則National Electrical Code (NEC)之標準。防火法規NFPA 52是國家防火協會制定之「車用氣體燃料系統」規則。加氫機高壓氣體配管適用ASME B31.3與ASME B31.12，其為美國機械工程師協會American Society of Mechanical Engineers (ASME)制定之「氫氣配管與管線」與「製程配管」安全標準。

SAE J2600--「高壓氫氣陸地車輛氫氣連接裝置規範」為SAE制訂之加氫連接器標準，廣被業界引用作為加氫機之設計驗證標準。本標準適用加氫連接裝置之設計安全與運轉驗證。連接裝置主要為噴嘴與插座(nozzle and receptacle)，並包含插座保護蓋。

SAE J2600適用於裝置工作壓力為25 MPa (million Pascal, 百萬帕)，35 MPa，50 MPa或70 MPa。稱之為H25-25 MPa at 15°C；H35-35 MPa at 15°C；H50-50 MPa at 15°C；以及H70-70 MPa at 15°C。此標準之目的為：

- (1) 預防加氫車輛被加氫站以高於車輛工作壓力加氫。
- (2) 容許氫能車以相等或低於車上燃料系統之工作壓力在加氫站被加氫。
- (3) 預防加氫車輛被其它高壓氣體加氣站加氣。
- (4) 預防其它瓦斯車被加氫站加氫。

2.2 日本

日本加氫站相關法規主要依據「高壓氣體保安法一般規則第七條之三」(日本經濟產業省，平成26年)、「建築基準法」(國土交通省)、以及「消防法」(總務省消防廳)。2014年日本加氫站建置相關法規之增修規定整理如表3。

日本氫能業者認為既有加油站已建置全

國各個策略性地點，若能夠在既有加油站安裝氫氣升壓泵，可提供一種優勢之氫能設施建造模式。但日本不夠明確與過度限制的加氫站安全退縮距離規定，以往一直是加氫站發展之障礙。尤其日本國內標準常傾向過度謹慎。對此，官方已進行放寬加氫站商業標準制訂，使新建加氫站可於現有站內安裝氫氣升壓機，有助降低資金成本(FuelCellToday, 2013b)。

日本先前法規要求所有加氫站應設在工業

表3 2014年日本加氫站建置相關法規增修規定

材料規定	已實施項目:	(1) 簡化設計係數放寬手續(管線等從4倍放寬為2.4倍，高壓瓦斯保安法，2014/10) (2) 管線可使用材料擴大至鋼材(高壓瓦斯保安法，2014/11) (3) 整備蓄壓器(Accumulator)可採用複合材料的法規(高壓瓦斯保安法，2014/11)
	確定修法但未完成程序項目:	(1) 制定安全檢查規定(氫氣壓力40 MPa，高壓瓦斯保安法，2015/3/31之前) (2) 制定可使用鋼材的性能規定，高壓瓦斯保安法，2016/3/31之前分階段通過後生效)
	研議中項目:	設計係數的放寬(特定設備從4倍放寬為2.4倍，高壓瓦斯保安法，計畫於2016/3/31之前分階段通過後生效)
距離規定	已實施項目:	(1) 與壓縮天然氣(CNG)加氣站併設時，設備間距離可縮短(高壓瓦斯保安法，2014/4) (2) 和加油站設備可併設(高壓瓦斯保安法，2012/4) (3) 制定加油站設備周邊的防爆標準(高壓瓦斯保安法，2013/3) (4) 放寬預冷器(Precooler)的安全距離(10公尺放寬為0公尺，高壓瓦斯保安法，2014/11)
建置地點規定	已實施項目:	(1) 制定壓力82 MPa加氫站建置標準(高壓瓦斯保安法，2012/12) (2) 增加街道內氫氣含有量(建築基準法，2014/12) (3) 制定液態氫加氫站建置標準(高壓瓦斯保安法，2014/11，建築基準法，2014/12，消防法，目前正在擬定中) (4) 廢除街道內氫氣含有量上限(建築基準法，2014/12) (5) 制定於都會區建置加氫站相關規定(都市計畫法，2013/6)
	研議中項目:	制定小型加氫站建置規定(高壓瓦斯保安法，建築基準法，計畫於2015/3/31之前通過後生效)
營運相關規定	確定修法但未完成程序項目:	變更填充壓力70 MPa變成82 MPa，高壓瓦斯保安法，計畫於2015/3/31之前通過後生效)
運輸相關規定	已實施項目:	(1) 放寬運輸容器壓力上限(30 MPa放寬至45 MPa，高壓瓦斯保安法，2014/3) (2) 運輸容器等相關刻印方式的特別規定(高壓瓦斯保安法，2012/3)
	研議中項目:	(1) 追加安全開關種類(玻璃球式，高壓瓦斯保安法，2015年度) (2) 放寬溫度上限(40°C變成85°C，高壓瓦斯保安法，計畫於2015/3/31之前通過後立即生效)
其他規定	已實施項目:	定義擁有水電解功能的加壓設備(booster)(高壓瓦斯保安法，2014/3)
	研議中項目:	制定在公道進行填充氫氣的相關規定(高壓瓦斯保安法，2015年度)

資料來源：日本經濟產業省，平成26年

區，且要求加氫站自道路邊緣起須保持8公尺之安全退縮距離，否則要設防護圍籬。2012年日本政府修改該法規，容許加氫站設在住宅區且靠近加氣站。

日本首座非工業區公共加氫站2013年4月在神奈川縣-海老名市啟用。該站是雙功能加氫/加油站，是由JX日本石油&能源公司與「新能源與工業技術發展組織(NEDO)」合夥發展，示範標準商業化加氫站(DOE, 2014)。

2.3 我國

我國尚未建立加氫站專用相關設置管理法規，但直接相關之國內法規包括建築法規、消防法規與勞工安全法規等，以及其它衍伸法規與標準等，簡列如下：

1. 建築法規	「建築法」 「都市計畫法」 「各地方政府加氣站用地審查辦法」
2. 消防法規	「公共危險物品及可燃性高壓氣體設置標準暨安全管理辦法」 「各類場所消防安全設備設置標準」
3. 工業安全法規	「高壓氣體勞工安全規則」 「危險性機械及設備安全檢查規則」
4. 經濟部法規	「加氣站設置管理規則」經濟部，2015)

國內加油站/加氣站設置管理規則(經濟部，2015)有關設置地點/面積之規定摘錄如表4。主要而言，除了必須符合都市計畫法規，選擇地點臨接道路之基地面寬應在二十公尺以上，可供使用之整塊土地總面積三百平方公尺~三千平方公尺。與所面臨道路上之鐵路平交道、隧道口、同側高速公路交流道匝道漸變端點、公私立高級中等學校、國民中學、國民小學及當地直轄市、縣(市)政府認定須保持交通安全之公共設施等應有一百公尺以上之距離。另外，加氣站儲氣槽之安全距離，應符合至第一類保護物及第二類保護物之安全距離。

再者，加氫站內部設施空間安全距離亦須

符合相關法規。國內法規現況容許加油站併設加氣站，亦制定了安全要求。以日本經驗，長期而言，國內亦須制訂法規容許未來加油站併設加氫站。

2.4 加氫站許可

加氫站若為短期供應車輛示範運行所需的燃料，其建置以配合特定車輛以及計畫為主。然而配合氫能公路(hydrogen highway)發展，則須要策略性的建構氫氣燃料供應網路，設置地點考量的因素也有別於目前一般的加油站(gasoline station)。加氫站選址的考慮因素包括車輛運作地點、車輛運輸模式、燃料的需求、氫氣運輸法規、產氫設備的安裝、液態或是氣態氫氣儲存模式。一般來說，使用現場製氫模式的加氫站會比使用儲存大量氫氣的加氫站問題來的少(例如，避免大量氫氣運輸之特定法規要求)(行政院國科會，2010)。

加氫站規劃包括都市區域劃分、地點選擇、與尋求社區民眾支持等方面著手，結合環境、交通、安全等影響評估，做相關的教育宣導與鄉里回饋機制。這樣可為昂貴的加氫站投資，做好最佳的風險規劃。加氫站的實際硬體規劃，包括整合系統與次系統，以及設備的安裝與操作，應按照相關的安全法規建置。

加氫站相關法規還包含定期設施檢查與營運管理等。例如，有關加入臭劑之要求，國內要求加氣站業者應販售添有臭劑之車用液化石油氣。日本修法容許氫氣以洩漏檢知方式替代加臭。人員訓練方面，國內加氣站設置管理規則要求經營加氣站業務者，對從事加氣站操作人員應施以勞工安全衛生法令規定必要之安全衛生教育、訓練。

3. 結果與討論

3.1 加氫站週邊安全距離比較分析

為提供國內加氫站法規制訂參考，以下比

表4 國內加油站/加氣站設置管理規則--設置地點/面積之有關規定

加油站	第二章 用地 / 第 6 條 加油站之設置用地應符合都市計畫法、區域計畫法及其他有關法令規定。 都市計畫主管機關及有關特定區主管機關為配合地區發展需要，得訂定加油站用地審查規定。
加氣站	第二章 用地 / 第 5 條 加氣站之設置用地應符合都市計畫法、區域計畫法及其他有關法令規定。 前項設置用地之審查，都市計畫主管機關及有關特定區主管機關為配合地區發展需要，得訂定加氣站設置用地審查規定。
加油站	第 8 條之一 臨接道路之基地面寬應在二十公尺以上，其規劃之出、入口臨接二條以上不同道路者，面寬均應在二十公尺以上。但於高架道路下之地下層及其他特定區經其主管機關同意作加油站使用者，不在此限。
加氣站	第 7 條 一、主要出入口面臨之道路寬度應在十二公尺以上。 二、臨接道路之基地面寬應在二十公尺以上，其規劃之出入口臨接二條以上不同道路者，面寬均應在二十公尺以上
加油站	第 8 條之二、可供使用之整塊土地總面積三百平方公尺以上。 第 9 條 使用前條規定以外非都市土地類別之使用地申請設置加油站者，其申請基地除應符合前條規定外，可供使用之整塊土地總面積不得大於一千五百平方公尺，為避免造成土地畸零，得為百分之十以內之增加。 第五章 加油站與加氣站合併設置 / 第 18 條 可供使用之整塊土地總面積之限制規定，於申請兼營加氣站業務時，不得逾三千平方公尺。
加氣站	第 7 條 三、可供使用之整塊土地總面積應在三百平方公尺以上。 六、… 使用第一項規定以外非都市土地類別之使用地申請設置加氣站者，其申請基地除應符合第一項規定外，可供使用之整塊土地總面積不得逾三千平方公尺。
加油站	第 8 條之四、與所面臨道路上之鐵路平交道、隧道口、同側高速公路交流道匝道漸變端點、小學、中學及當地直轄市、縣(市)政府認定須保持交通安全之公共設施等應有一百公尺以上之距離。
加氣站	第 7 條之四、與所面臨道路上之鐵路平交道、隧道口、同側高速公路交流道匝道漸變端點、公私立高級中等學校、國民中學、國民小學及當地直轄市、縣(市)政府認定須保持交通安全之公共設施等應有一百公尺以上之距離。 第三章-設備/第十一條之二 加氣站儲氣槽之安全距離，應符合至第一類保護物及第二類保護物之安全距離。(詳消防法規)

資料來源：1. 經濟部2015a
2. 經濟部2015b

較臺、美、日與部分歐洲國家對於氫能設施之週邊安全距離要求。參考法規為：

- A. 美國防火協會 NFPA 55 2005 --Table 10.3.2.2.1--氫氣系統至受曝物體之最低保持距離(如表5)。
- B. 日本「一般高壓燃氣保安規則--第七條之三」(日本經濟產業省，平成26年)。

C. 「經濟部加氣站設置管理規則--第三章-設備/第十一條」(經濟部，2015a)。

D. ISO TS 19880-1 「氣態氫之加氫站 – 第一部：一般要求」 --Table A.1 「各國目前使用的加氫站安全距離列示」(ISO, 2016)。

法規相關條文摘錄對照比較如表6。並簡列如下：

自公共道路退縮距離：	
美國	4.6公尺(自人行道與停車) / 1.5公尺(地界) / 3公尺(加氫機)
日本	8公尺(擬改至4公尺)
英國	8公尺
瑞典	10公尺
法國	8公尺
國內	5公尺(圍牆)/3公尺(出入口地界線)
與外部火源距離	
美國	7.6公尺
日本	8公尺
英國	5公尺
國內	--
至外部可燃性氣體高壓設備距離：	
美國	7.6公尺
日本	6公尺
國內	--
設備至場所邊界距離：	
美國	1.5公尺
日本	8公尺
國內	防護牆應保持五公尺以上之距離 出入口地界線應保持三公尺以上之距離。
防護牆設置：	
美國	未明訂
日本	要求防火牆
國內	要求鋼筋水泥混凝土構築防護牆。
對於天然氣加氣站設備距離：	
美國	7.6公尺
日本	6公尺
英國	5公尺
瑞典	12公尺
義大利	15公尺
國內	5公尺(加油站對加氣站設備)

整體而言，日本法規較保守且繁雜不夠明確。美國法規較寬而較為詳細完整。國內現有加氣站法規簡略，但清楚而易於遵循使用。

各國當地法規要求之加氫站安全距離呈現明顯差異。ISO的做法，除了列示各國安全距離標準提供參考之外，另建議採用量化風險評估方法決定加氫站各自適合之安全距離。這方法可得到較寬鬆之距離要求，並確保安全風險

在合理範圍內。

國內加氣站法規架構與日本較為近似，都是以建築、高壓氣體與消防三部份法規建構。我國若要制定加氣站法規標準，建議以現有加氣站法規，進一步增修與調整至適用加氫站。

3.2 現階段國內建置加氫站之可行作法

至於現階段國內引進氫能車與建置加氫站之可行作法，宜先以試驗性質建置示範站。示範站所有設施至少應符合現有建築、工安與消防法規。待國內加氫站相關法規制定完備，再進行申請許可化程序，轉型為對外營運之商業化正式公共加氫站。若要在短期內於國內建置加氫站，相關流程與引用法規建議如圖3。

加氫站場地選址與興建可配合政府公共政策，並與地方政府與能源業者(如氣體公司、石化業者與中油公司等)合作。氫能車廠亦可於公司自有服務廠內設置加氫站，以便於維護、服務與推廣。長期發展而言，加氫站應與既有加氣站或加油站併設增建，可利用現成交通網路據點，推展效果最佳。

氫能車之引進可依照國內一般新款進口車上市流程，須進行標準測試驗證與核可程序。唯其能源效率可能無法以汽油車方式測試。目前國內已有燃料電池電動機車獲准道路行駛與示範運行，其實施方式可供參考辦理。此外，也可透過研究機構以技術研究試驗目的，申請特准道路行駛。

加氫機須配合燃料電池車由國外進口，檢附安規認證完成證明文件。並評估是否列入勞安管理，送件申請核可。

加氫站基礎設施若利用天然氣現場產氫，其商業化大量供氫成本最低。但對於短期示範系統而言，其設備成本高、操作維護較依賴專業。簡便作法是由大型氫氣鋼管拖車管或氫氣鋼瓶集合裝置定期供應氫氣，現場以氣體升壓機加壓至緩衝儲槽壓力350 bar~800 bar。其仍然需要寬廣駐車場地與出入臨接道路。若為少

表5 戶外氫氣系統至各類受曝物體之最少距離

戶外受曝物體類型	總氫氣 儲存量					
	< 3,500 scf (99 m ³)		≥ 3,500~15,000 scf (≥ 99 m ³ ~425 m ³)		>15,000 scf (425 m ³)	
	ft	m	ft	m	ft	m
(1) 建築物或結構體						
(A) 系統相鄰圍牆由不燃或難燃材質構成						
1.有或無灑水系統之不可燃組成建築物/結構體	0	0	5	1.5	5	1.5
2.無灑水系統之可燃物組成建築物/結構體						
(a)防火等級<2小時之鄰牆	0	0	10	3.1	25	7.6
(b)防火等級≥2小時之鄰牆	0	0	5	1.5	5	1.5
(B) 系統相鄰圍牆，非不燃或難燃材質構成	10	3.1	25	7.6	50	15.2
(2) 牆開孔						
(A) 位置不在系統任何部位之上	10	3.1	10	3.1	10	3.1
(B) 位置在系統任何部位之上	25	7.6	25	7.6	25	7.6
(3) 地面以上任何類型可燃液體						
(A) 0-1,000加侖(3,758 L)	10	3.1	25	7.6	25	7.6
(B) 大於1,000加侖(3,758 L)	25	7.6	50	15.2	50	15.2
(4) 地面以下任何類型可燃液體0-1,000加侖(3,758 L)						
(A) 儲槽	10	3.1	10	3.1	10	3.1
(B) 儲槽排放口或充填口	25	7.6	25	7.6	25	7.6
(5) 地面以下任何類型可燃液體，超過1,000加侖(3,758 L)						
(A) 儲槽	20	6.1	20	6.1	20	6.1
(B) 儲槽排放口或充填口	25	7.6	25	7.6	25	7.6
(6) 可燃氣體儲存裝置(氫以外)，高壓或低壓						
(A) 容量0-15,000 scf (425 m ³)	10	3.1	25	7.6	25	7.6
(B) 容量超過15,000 scf (425 m ³)	25	7.6	50	15.2	50	15.2
(7) 氧氣儲存裝置						
(A) 0-20,000 scf (566 m ³)	參照NFPA51					
(B) 超過20,000 scf (566 m ³)	引用第9章					
(8) 燃燒快速之固體如一般木料, 刨花, 或紙類	50	15.2	50	15.2	50	15.2
(9) 燃燒緩慢之固體如較重木頭或煤	25	7.6	25	7.6	25	7.6
(10) 明火與焊接	25	7.6	25	7.6	25	7.6
(11) 空壓機吸入口或通風/空調設備入口	50	15.2	50	15.2	50	15.2
(12) 公共集會場所	25	7.6	50	15.2	50	15.2
(13) 公共人行道與停泊車輛	15	4.6	15	4.6	15	4.6
(14) 可供建築之相鄰地界線	5	1.5	5	1.5	5	1.5
(15) 高架設施的侵入						
(A) 最近之電力吊運車、列車或巴士路線之高架配線，自其垂直面之水平距離	50	15	50	15	50	15
(B) 以上除外之高架配線，自其垂直面之水平距離	5	1.5	5	1.5	5	1.5
(C) 含有其它危害物質之配管	15	4.6	15	4.6	15	4.6

資料來源：NFPA (美國防火協會) 55 2005- Table 10.3.2.2.1

表6 國內加氣站與美日氫能系統/加氫站之設施空間安全距離要求比較---以氫氣儲存量300 m³~425 m³為例

標的	法規條文節錄		
	美國防火協會--NFPA 55 2005 --Table 10.3.2.2.1	日本--一般高圧燃氣保安規則--第七條之三	中華民國--加氣站設置管理規則--第三章-設備/第十一條
保護物	---	三之三 供製造設備冷卻用之冷凍設備，其外緣至第一種保安物件應保持第一種設備以上安全距離；至第二種保安物件應保持第二種設備以上安全距離。...	二、加氣站儲氣槽之安全距離，應符合至第一類保護物及第二類保護物之安全距離。(詳消防法規)
自道路退縮	(13) 公共人行道與停泊車輛 > 4.6公尺 (14) 可供建築之相鄰地界線距離 > 1.5公尺	1-二&2-三、加氫機-至-公用道路邊界：8公尺(最新法規將修改至4公尺)	五、加氣機與防護牆應保持五公尺以上之距離，與出入口臨接道路側，應保持三公呎以上之距離。
明火	(10) 明火與焊接 > 7.6公尺	1-十&2-二十七、加氫站-至-外部煙火距離 > 8公尺	
可燃氣	(6) 可燃氣體儲存裝置(氫以外) > 7.6公尺	1-十二&2-二十九、加氫站氣體處理與貯藏設備-至-外部可燃性氣體高壓設備距離 > 6公尺	
氧氣	參照NFPA51	1-十二&2-二十九、加氫站氣體處理與貯藏設備-至-外部製氧高壓氣體設備距離 > 10公尺。	
氧氣	參照NFPA51	2-一-二、內部可燃性氣體貯槽到其它可燃性氣體或氧氣貯槽距離 > 1公尺	
場所邊界	(1) 氫系統相鄰圍牆由不燃或難燃材質構成，而建築物或結構體之組成為不可燃物者，則氫系統至建物距離 > 1.5公尺 (14) 可供建築之相鄰地界線距離 > 1.5公尺	2-二、加氫站高壓氣體設備-至-場所邊界距離 > 8公尺 2-三十三、容器存放場-至-場所邊界距離 > 8公尺	四、儲氣槽與防護牆應保持五公尺以上之距離，與出入口地界線應保持三公呎以上之距離。
圍牆	(1) 氫系統相鄰圍牆由不燃或難燃材質構成，而建築物或結構體之組成為不可燃物者→安全距離較短	2-四、加氫站週圍---應於高壓氣體設備與場所邊界之間設置高度2公尺以上防火牆。	三、加氣站應於地界周圍內，以鋼筋水泥混凝土構築防護牆，...。 六、儲氣槽地面四周，除操作門外，應設高度一點八公尺以上之欄杆或網牆。
天然氣站	(6) 可燃氣體儲存裝置(氫以外) > 7.6 m	2-二十九之二、加氫站氣體處理與貯藏設備--外部天然氣加氣站處理與貯藏設備距離 > 6公尺	八、兼營加油站業務之加氣站；其儲氣槽、加氣機、氣槽車卸氣位置與儲油槽、加油機、油罐車卸油位置二者間，應保持五公尺以上之安全距離。
高空電線	(15) 高架設施的侵入 (A) 最近之電力吊運車、列車或巴士路線之高架配線，自其垂直面之水平距離 > 15 m (B) 以上除外之高架配線，自其垂直面之水平距離 > 1.5 m		七、加氣站上空不得有高壓架空電線通過。

資料來源：1. NFPA(美國防火協會) NFPA 55 2005 --Table 10.3.2.2.1
 2. 日本經濟產業省，日本一般高圧燃氣保安規則--第七條之三
 3. 經濟部2015a，中華民國加氣站設置管理規則--第三章-設備/第十一條

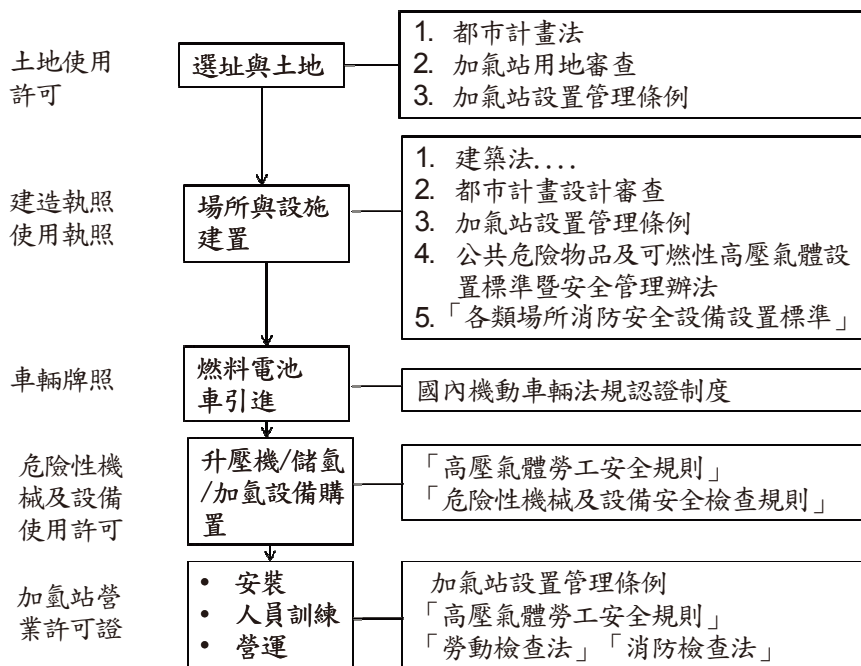


圖3 國內加氫站建置流程與引用法規建議
(資料來源：作者自行繪製)

數氫能車輛加氫展示之應用，可用350 bar以下氫氣儲存壓力，利用國外引進或自行開發之小型移動式/貨櫃式加氫站，此種方式實施門檻較低。

加氫站之升壓機與緩衝儲氫槽等設備，國內尚無商業化產品供應，目前優先進口國外安規認證產品。其屬於危險性機械設備，須檢送主管單位申請核可列管，列入勞安管理檢查。系統安裝可委託國外加氫站廠商來國內整合建置，或由國人自行建立系統整合與監控工程能力。

操作人員方面，須完成勞工安全相關訓練(例如，高壓氣體特定設備操作/管理訓練...等)，並由加氫機、升壓機與儲槽等設備原廠協助訓練操作與維護。

4. 結論與建議

4.1 結論

國際加氫站設施與加氫操作之法規與標準大致已建立完整，包括場所、處理設備、儲

存、加氫裝置、配管與防火安全...等，皆有完整詳細標準，並持續增修與整合。國內尚未建立加氫站設置管理之專用法規，直接相關之國內法規包括建築法、都市計畫法、消防法規與勞工安全法規等，並應參考現有加氣站設置管理規則。

本研究對於加氫站週邊安全距離比較分析結果，日本法規較保守繁瑣，日本政府已著手研擬放寬法令限制以促進加氫站的建設。北美法規較寬且較為詳細完整。國內現有加氣站法規雖然簡略，但清楚而易於遵循使用。建議可參酌國外標準，以既有加氣站法規架構進一步增修至適用加氫站。

4.2 建議

國內目前氫燃料電池載具的發展策略尚未明朗，法規亦未盡完善，國外加氫站技術廠商進入國內市場的意願不高。但氫能基礎建設是影響氫能應用產業的發展關鍵。國內燃料電池、重組器、氫氣壓縮及儲氫系統等相關產業也亟需加氫站建置做為產品技術連結應用的展現平台，例如船舶、巴士及堆高機等氫動力載

具等之發展。建議可結合觀光區的綠能交通載具，試行小規模的氢能路網計畫，以取得經驗並達到教育宣導目的。

國內已有燃料電池堆高機之系統產品廠商，其已打入國外市場穩定供貨。國內物流業者雖有使用意願，但礙於加氫站技術需全盤從國外引進或考慮設置成本太高，使得市場推動受阻。建議可選用移動式或小型加氫站的模式，引進國外既有加氫站設備來進行系統整合，以彌補現行市場規模、環境法規及加氫技術產品不足的現況，並降低市場銷售和加氫站發展遲滯觀望的疑慮。至於加氫站高達數千萬元的建置經費，在產業發展初期仍需仰賴政府補助推動。

技術方面，國內必須建立加氫站系統整合設計技術與營運模式規劃能力。包括自力發展高功能/高安全性的供氫系統以及應用載具介面整合的氫氣充填操控策略，並建立日後長期自力營運維護的能力。

致 謝

本研究由經濟部能源局能源科技專案計畫贊助，特此致謝。

參考文獻

行政院國家科學委員會，「我國氢能科技發展規劃」，補助專題研究計畫成果報告，計畫編號(NSC97-3114-E011-001)，執行期間 2008.7.1~2010.2.2。

日本經濟產業省，日本一般高圧ガス保安規則，最終改正：平成二六年一月二〇日

經濟產業省令第五八号。

經濟部，2015a，加氣站設置管理規則，2015年 10月26 日。

經濟部，2015b，加油站設置管理規則，2015年 10月15 日。

California Energy Commission, "California Hydrogen Fueling Station Guidelines", Consultant Report, 600-04-002V1, Technical Report TR-03-163a, September 2004.

DOE Fuel Cell Technologies Office, "2013 Fuel Cell Technologies Market Report", November 2014.

FuelCellToday, 2013a, "The Propagation of Hydrogen Refueling Stations", Analyst Review, 10 April 2013.

FuelCellToday, 2013b, "The Fuel Cell Industry Review 2013", FuelCellToday Industry Review 2013, September 2013.

H2stations.org, 2016, <http://www.h2stations.org>, 2016.

http://www.fuelcellstandards.com/hydrogen_apps.html, 2015.

ISO, 2016, ISO TS 19880-1 – "Gaseous hydrogen - Fueling stations -- Part 1: General requirements".

NFPA(National Fire Protection Association) 55 2005 – "Standard for the Storage, Use, and Handling of Compressed Gases and Cryogenic Fluids in Portable and Stationary Containers, Cylinders, and Tanks".

NREL, National Renewable Energy Laboratory, "Hydrogen Vehicle and Infrastructure Codes and Standards Citations", NREL/ BR- 5400-57943 • October 2013.

Current Developments of Hydrogen Stations and Comparative Analysis of Relevant Safety Standards

Chien-Chang Hung^{1*} Chien-Yun Huang²

ABSTRACT

Hydrogen refueling stations are essential infrastructure for the commercialization of fuel cell vehicles. In this study, the safety and fire-protection codes/standards about hydrogen refueling stations and hydrogen supply equipment have been reviewed. The safety distances from hydrogen systems have also been found and compared to the local codes/ standards. Results of this study could be referred to determine the workable way for constructing a local hydrogen stations and formulating the local codes/ standards. Most codes of the hydrogen station have been established already, and the necessary amendment of the codes have been reviewed. In Japan, some domestic standards were overcautious. The Japan government has started to revise the related codes to help the development of hydrogen stations. In North America, the standards are more practical and complete. In Taiwan, the codes for gas refueling are relatively simple and clear, that could be cited as a base to formulate the domestic codes for hydrogen stations.

Keywords: Fuel cell vehicle, hydrogen refueling station, safety, standard

¹ Researcher, Green Energy and Environment Research Laboratories, Industrial Technology Research Institute.

² Principal Researcher, GEL, ITRI.

*Corresponding Author, Phone: +886-6-6939268, E-mail: jz@itri.org.tw

Received Date: September 13, 2016

Revised Date: October 24, 2016

Accepted Date: November 9, 2016