

수소에너지에 대한 ISO 표준화 동향과 시사점

김종원^{1†} · 이택홍² · 최재우³

¹한국에너지기술연구원 수소연구실, ²호서대학교 화학공학과, ³포항공과대학교 화학공학과

Current Status of Standardization of ISO TC197

JONG-WON KIM^{1†}, TAECKHONG LEE², JAE-WOO CHOI³

¹Hydrogen Laboratory, Korea Institute of Energy Research, 152 Gajeong-ro, Yuseong-gu, Daejeon, 34129, Republic of Korea.

²Department of Chemical Engineering, Hoseo University, 79-gil 20, Hoseo-ro, Baebang-up, Asan-si, Chungcheongnam-do, 31499, Republic of Korea.

³Institute for New and Renewable Energy, Pohang University of Science and Technology, 77 Cheongam-ro, Nam-gu, Pohang, 37673, Republic of Korea

Abstract >> Commercial production line of FCEV was built in 2013 by Hyundai and followed by Toyota in 2014, with additional manufacturers planning to enter the market around 2017. Now there is limited hydrogen infrastructure over the world, but more hydrogen stations are planned, particularly in Japan, Korea, Germany, UK and USA. ISO TC 197 which was created in 1990 focused standardization in the field of systems and devices for the production, storage, transport, measurement and use of hydrogen. Total number of published ISO standards related to the TC and its SCs (number includes updates) is 17. Now there are 20 participating countries and 13 observing countries. The current status of activity of ISO TC197 was reviewed and particularly issues on hydrogen quality and hydrogen refueling station were discussed.

Key words : ISO TC197, Hydrogen production(수소생산), Hydrogen storage(수소저장), Hydrogen quality(수소품질), Standardization(표준화)

Nomenclature

AWI : Approved new Work Item

CD : Committee draft

CDV : Committee draft for vote

DIS : Draft International Standard

FCD : Final Committee Draft

FDIS : Final Draft International Standard

IS : International Standard

ISO : International Standard Organization

NP : New Proposal

NWIP : New Work Item Proposal

PRF : Proposal of new International Standard

PWI : Preliminary Work Item,

SC : Sub-committee

TC : Technical committee

WD : Working draft

WG : Working group

[†]Corresponding author : jwkim@kier.re.kr

Received: 2016.6.9 in revised form: 2016.6.29 Accepted: 2016.6.30

1. 서론

1970년대 이후 이차에 걸친 에너지 위기를 거치면서 화석연료 고갈에 대한 우려와, 이산화탄소 배출에 의한 지구온난화 문제로 에너지 분야에서의 재생가능한 청정에너지에 대한 연구가 가속화되었다. 특히 세계적으로 보면 수송분야의 원유 소비량은 적지 않아, 이를 대체하기 위하여, 1970년대 이후 석탄이나 오일셰일을 이용한 합성연료, 메탄올, 전기(배터리), 수소연료전지, 에탄올/바이오디젤 등의 바이오연료 등 다양한 연료가 상황에 따라 관심 대상이 되어 왔다. 향후, 환경과 자원고갈의 우려로 정책 방향은, 지속 가능한 태양에너지, 풍력 등 재생에너지를 활용하는 기술이 화두가 될 것이며, 재생에너지의 저장과 활용 확대라는 측면에서 수소도 중요한 역할을 할 수 있을 것으로 예상된다.

수소는 이미 오랫동안 산업용 시장과 관련 산업이 있어 왔다. 그동안 에너지 용도로서의 수소 수요는 거의 없었지만, 2013년 투싼 연료전지자동차 양산화 라인을 구축한 현대에 이어 2014년 도요타도 미라이를 시판하기 시작했고, 세계의 주요 자동차 업체들 대부분 2020년 이전에 연료전지 자동차를 시장에 선보일 계획을 발표함에 따라 수요증대가 예측된다.

국제기구를 통한 기술 표준화는 상용화를 앞둔 시점에서 이루어지며, 기술선진국은 이러한 표준화를 적극적으로 주도하여 상업화 보급에 기선을 잡기 위해 노력하는 것이 일반적이다. 현재 수소에너지 분야의 기술표준은 1990년에 설치된 ISO/ TC197에서 이루어지고 있는데, 주목적은 수소의 생산, 저장, 수송, 측정 및 수소 사용을 위한 시스템과 부품에 대한 국제표준을 만드는 것이다. 2016년 5월 현재 한국을 비롯하여 20개의 회원국과 13개의 참관국으로 구성되어 있다¹⁾. 일본, 독일 뿐만 아니라, 우리나라에서도 2015년 12월 8일, 연료전지자동차와 수소충전소 보급계획을 확정하바 있어, 본 고에서는 현재까지 제정

된 수소에너지 분야 국제표준화 동향을 살펴보고 현재 논의진행되고 있는 중요 이슈에 대하여 정리하여 보고자 한다.

2. 표준화 현황

2014년말 현재 TC197에 구성되어 있는 작업반중 가장 활발한 활동을 보이고 있는 것이, 수소충전소와 그에 부속된 설비를 다루고 있는, 소위 “TC 197 Fueling Family”인 WG 19, 20, 21, 22, 23, 24이다. 2016년 5월 기준으로 Table 1과 같이, 전체 17종의 표준문서가 제정되어 있고, 2005년부터 기술위원회가 활성화

Table 1 Number of published ISO standards under the direct responsibility of ISO/TC 197 (number includes updates)¹⁾

ISO 13984:1999, Liquid hydrogen - Land vehicle fuelling system interface
ISO 13985:2006, Liquid hydrogen -- Land vehicle fuel tanks
ISO 14687-1:1999/Cor 1:2001
ISO 14687-1:1999/Cor 2:2008
ISO 14687-1:1999, Hydrogen fuel - Product specification - Part 1: All applications except proton exchange membrane (PEM) fuel cell for road vehicles
ISO 14687-2:2012, Hydrogen fuel - Product specification - Part 2: Proton exchange membrane (PEM) fuel cell applications for road vehicles
ISO 14687-3:2014, Hydrogen fuel - Product specification - Part 3: Proton exchange membrane (PEM) fuel cell applications for stationary appliances
ISO/PAS 15594:2004, Airport hydrogen fuelling facility operations
ISO/TS 15869:2009, Gaseous hydrogen and hydrogen blends - Land vehicle fuel tanks
ISO/TR 15916:2015, Basic considerations for the safety of hydrogen systems
ISO 16110-1:2007, Hydrogen generators using fuel processing technologies - Part 1: Safety
ISO 16110-2:2010, Hydrogen generators using fuel processing technologies - Part 2: Test methods for performance
ISO 16111:2008, Transportable gas storage devices -- Hydrogen absorbed in reversible metal hydride
ISO 17268:2012, Gaseous hydrogen land vehicle refueling connection devices
ISO 22734-1:2008, Hydrogen generators using water electrolysis process - Part 1: Industrial and commercial applications
ISO 22734-2:2011, Hydrogen generators using water electrolysis process - Part 2: Residential applications
ISO 26142:2010, Hydrogen detection apparatus - Stationary applications

Table 2 ISO standards under development or updates (2015.4)²⁾

ISO/DTR15916 TC197, Basic considerations for the safety of hydrogen systems (CD)
ISO/NP 16111, Transportable gas storage devices-hydrogen absorbed in reversible metal hydride (NWI)
ISO/AWI 17268 (WG5), Gaseous hydrogen land vehicle refueling connection devices (WD)
ISO/AWI 19880-1 (WG24), Hydrogen fueling stations-Part 1. General requirements(WDTR)
ISO/AWI 19880-2 (WG19), Hydrogen fueling stations-Part 2. Dispensers (WD)
ISO/AWI 19880-3 (WG20), Hydrogen fueling stations-Part 3. Valves (WD)
ISO/AWI 19880-4 (WG21), Hydrogen fueling stations-Part 4. Compressors (WD)
ISO/AWI 19880-5 (WG22), Hydrogen fueling stations-Part 5. Hoses (WD)
ISO/AWI 19880-6 (WG23), Hydrogen fueling stations-Part 6. Fittings (WD)
ISO/AWI 19881 (WG18), Hydrogen fueling stations-Land Vehicle Fuel Tanks (WD)
ISO/AWI 19882 (WG18), Hydrogen fueling stations-Land Vehicle Fuel Tanks- Thermally activated pressure relief devices(TPRDs) (WD)
ISO/NP 19883, Safety of pressure swing adsorption systems for hydrogen separation and purification (NWI)
ISO/CD 19884, Gaseous hydrogen-Cylinders and tubes for stationary storage (CD)

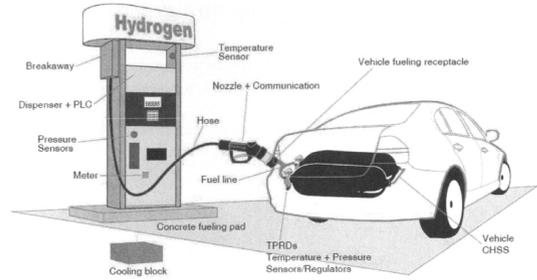


Fig. 1 Hydrogen fueling station (Source: ISO TC 197, Progress report, 2014)

되어 매년 2건 이상의 규격이 개발되고 있다²⁾.

이러한 문서는 매 5년마다 리뷰되고 있는데, 현재 제정 또는 개정중인 문서는 Table 2에 정리하였다. 2015년 초 현재 신규프로젝트로 제안된 것은 다음과 같으며, 2018년도에 새로운 표준을 발간하는 것을 목표로 추진하고 있다.

- NWIP: ISO 16111:2008의 개정(프랑스 제안)
- ISO 22734-1:2008, ISO 22734-2:2001의 개정(미국 제안)
- ISO 14687-1, 14687-2, 14687-3 문서의 통합 및 개정 (일본 제안)

본 고에서는, 수소연료전지자동차 및 수소충전소 보급과 밀접한 ISO TC 197 WG24의 활동을 위주로 하여 언급해 보았다.

WG24가 다루는 ISO/AWI 19880-1은 Fig. 1에 보인바와 같은 전체 충전설비의 단위설비인 디스펜서, 밸브, 압축기 등을 다루는 문서들을 총괄하는 중심문

서이며, WG 19~23까지 5개 워킹그룹이 제정하는 표준문서와 관련이 있어서, 이들 워킹그룹과 공조하면서 활동하고 있다.

WG24에서 다루는 ISO 19880-1은 2013년도에 신규과제(NWIP)로 제안되어 19개 정회원국이 투표에 참여하고, 그중 11개 회원이 찬성하여 채택되었으며, 2013년 12월 4일 파리회의에서 키오프 미팅을 가져 다음과 같은 사항이 합의 되었다.

- 1) 개정 발간될 ISO 19880-1은 개정대상문서(ISO/DIS 20100:2011)의 구성과 목차를 재구성한다.
- 2) 문서는 수소충전소의 일반적 표준을 만든다.
- 3) ISO 19880-1은 EU의 CEN (European Committee for Standardization)에서 2015년 중순에 발간하는 EU 문서(Directive, Alternative Fuels Infrastructure Directive, AFI)를 참고하기 이전에 기술보고서 (TR, Technical Report)로 제정하기로 한다.
- 4) 다루는 기술범위는 연료전지승용차를 최우선으로 한 충전소의 최소안전요구사항(버스와 지게차는 별도기준 제정).
- 5) 참고가 되는 문서들은 ISO TS 197의 모든 TS, DIS 포함 관련문서.
- 6) 참조표준문서: ISO/DIS 20100:2011, ISO IS 16380, SAE J2601/J2799 등

기술보고서에 포함될 중요한 항목은 다음과 같다.

- 1) 기술문서 제정 방법의 정리, 최소안전거리에 대

한 합의, 위험성 평가에 대한 기술정보 이용(각국의 현재 규정 입력)

- 2) 충전 프로토콜 (Fueling protocol) 제안
- 3) 각 국가 혹은 지역의 경험 입력

또한 문서에 참고하는 다른 외부 자료는 다음과 같다.

SAE

- J2601 Fueling protocols for light duty gaseous hydrogen surface vehicles
- SAE J2799 Hydrogen surface vehicle to station, communications hardware and software

ASTM

- D7606-11 Sampling of high pressure hydrogen and related fuel cell feed gases
- D7650-13 Standard test method for sampling of particulate matter in high pressure hydrogen.

ISO 19880-1은 그 취급 범위가 넓고 문서의 항목이 방대해서 수소품질, 충전소 승인을 위한 시험법, 안전거리 및 위험도 평가 등 3개의 하부 그룹으로 나누어 활동하고 있다. 충전소 승인을 위한 시험법의 경우 국내의 경우 가스안전공사에서 만든 다음 두 가지 기준이 본 표준의 내용과 유사하다²⁾.

- KGS FP216 제조식 수소자동차 충전의 시설기술검사 기준 제정(안)
- KGS FP217 저장식 수소자동차 충전의 시설기술검사 기준 제정(안)

수소충전소에 공급되는 수소의 품질과 품질관리에 관한 기준에 대해서는 한국은 SAE J 2719를 따르고 있다. 현재까지 가정용 연료전지 혹은 자동차용 연료전지에 기술적인 문제가 발생하지 않았으며, 수소원료 종류별(예:부생수소, 천연가스 개질 수소)로 실제로 분석해본 경험을 가지고 있다.

3. 연료용 수소품질 기준에 대한 동향과 이슈

3.1 현황

연료전지자동차용 수소연료의 품질에 대해서는 기존의 표준으로 ISO/DIS 14687-2 (2012)와 ISO/WD 14687-3가 있지만 PEMFC (Proton Exchange Membrane Fuel Cell)의 품질규격으로 충분하다는 것을 입증하기 어려웠다. 이미 연료전지 자동차가 운행되고 있는 시점에서 ISO/TC197에서는 현재 새로운 수소연료 표준화가 진행중이며 2년정도의 기간이 소요될 것으로 예정하고 있다.

수소연료 표준화는 일본과 미국이 주도하고 있으며, 유럽도 이에 대응하기 위하여 HyQ라는 프로젝트로 2011~2013까지 36개월간 365만 유로를 들여 수소품질에 대한 연구를 실시하였다³⁾.

JRC (Joint Research Center), ZSW (Centre for Solar Energy and Hydrogen Research Baden-Württemberg) 등 4개 연료전지 연구기관과 린데 등 4개 수소생산 업체, NPL (National Physical Laboratory, 영국의 국립 측정기관) 등 국가 측정기관, 경제성 분석 기관 등이 참여하였다. 수소연료 중 포함되어 있는 ppm이나 ppb 수준의 극미량의 불순물도 연료전지-전극 접합체(MEA, Membrane-Electrode Assembly) 성능에 현저하게 영향을 주게 되므로, 수소의 품질은 연료전지의 성능에 있어서 중요한 역할을 한다. 수소의 품질을 높이면, 수소 연료비용은 상승하게 되지만, 불순물에 대한 내성을 낮추어도 되기 때문에 MEA 제조시에 백금 사용량이 줄어들게 되어 MEA 제조 가격을 낮출 수 있다거나 연료전지 스택의 수명을 늘릴 수 있다는 이점이 있다. 수소자동차의 보급과 인프라를 활성화하기 위해서는 경제성 측면에서 어느 것이 유리한 지 분석하여 수소품질 기준을 정하는 과정을 거치고 있다.

3.2 현재까지의 연구 결과

현재 진행되고 있는 수소연료 품질 표준화 작업의 관심 대상은 수소 중에 포함된 불순물이 연료전지에 주는 영향과 측정방법, 비용효과 분석이다.

- PEMFC 성능에 영향을 주는 불순물이 단독으로 있을 때, 또는 몇 가지가 섞여있을 때 또는 연료 전지 부하에 따라 어떻게 달라지는가
- 수소 중에 포함되어 있는 불순물을 정량적으로 측정할 수 있는 방법 개선
- 비용 효과에 대한 분석, 투자비/운영비에 대한 비율
- 연구결과에 따른 표준 수정 제안
- 차세대 MEA와 분석기기에 대한 불순물 영향을 시험하기 위한 방법 제안

산업용으로 상용화 보급된 수소제조 공정은 크게 화석연료 기반 기술(96%)과 물 전기 분해 기술(4%)이다. 통상 화석연료개질과 PSA (Pressure Swing Adsorption) 정제과정을 거친다면 CO, CO₂, N₂, Ar, He 등이 주로 포함되며, 미량 성분으로는 탄화수소, 황화합물, 암모니아, 할로겐 물질이 들어 있게 된다. 물 전기분해의 경우는 할로겐 물질이 미량 들어 있다. 이러한 물질은 원료인 물이나 화석연료 또는 공기에서 유입되는 것으로서, Table 3 및 Table 4에 수소중 불순물이 수소정제, 압축 및 처리에 미치는 영향과 수소원료원에 따른 수소품질에 대하여 요약하여 표시하였다.

이미 연구⁴⁾¹²⁾를 통해 알려진 바와 같이, CO는 MEA에 강한 영향을 주게 되며, 황화합물은 촉매에 비가역적으로 강한 영향을 주는 피독 물질이다. 미량으로 포함된 탄화수소에 의한 영향에 대해서는 아직 데이터가 충분하지 못하다.

현재 ISO/DIS 14687-2 (Hydrogen fuel-Product specification-part 2: Proton exchange membrane (PEM) fuel cell applications for road vehicle, (2012)), SAE 2719 (Hydrogen Fuel Quality Guideline for Fuel Cell vehicles (2011))에서 각 성분에 대한 표준치가 부합되어가고 있다.

Table 3 The effect of impurity constituents on process equipment for purification, compression and treatment

Impurity constituents	Process equipment						
	Compressor			C	Hydrogen purification		
	D	I	P		DD	PSA	PdM
H ₂ O					x*		
Total HC	x	x	x				
O ₂							
He							
N ₂ /Ar							
CO ₂							
CO						x*	x*
Total S	x	x	x				
HCHO							
HCOOH							
NH ₃							
Halogenates							
Particulates	x	x	x	x	x	x	x
Additional Information							

D:Diaphragm, I: Ionic, P: Piston, C: Cryopump,

DD: Desiccant dryer, PdM: Pd membrane

* Only if present in the source of hydrogen supplying the purification method.

Table 4 Hydrogen quality and source of hydrogen

Impurity constituents	Source of Hydrogen								
	Delivered H ₂		Electrolysis		SMR			By-product	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
H ₂ O	X		X	X	X	X	X	X	X
THC	X								
O ₂	X		X	X				X	
He	X								
N ₂ /Ar	X							X	X
CO ₂	X				X	X	X	X	X
CO	X				X	X	X		X
Total S	X					X			
HCHO	X					X	X		
HCOOH	X					X	X		
NH ₃	X					X		X	X
H	X		X					X	
P	X								
AI	D								

Notation:

1. GH₂ without certificate, 2. LH₂, 3.Alkaline, 4. PEM, 5. Natural Gas, 6.Bio Gas. 7.CH₃OH, 8.Chloro Process, 9. CxHy

THC: Total Hydrocarbon, H: Halogenates, P:Particulates, AI: Additional Information, D: Depending on certificate

Table 5 Guideline for Hydrogen Fuel Quality Specification (Source:http://energy.gov/sites/prod/files/2014/03/f12/appendix_c.pdf)

Constituent	Chemical Formula	Limits	Laboratory Test Methods to Consider and Under Development	Minimum Analytical Detection Limit
Hydrogen fuel index	H ₂	>99.97%		
Total allowable non-hydrogen, non-hellum, non-particulate constituent				
Acceptable limit of each individual constituent				
Water	H ₂ O	5 µmol/mol	ASTM D7653-10, ASTM D7649-10	0.12 µmol/mol
Total hydrocarbons (C, basis)		2 µmol/mol	ASTM D7675-11	0.1 µmol/mol
Oxygen	O ₂	5 µmol/mol	ASTM D7649-10	1 µmol/mol
Helium	He	300 µmol/mol	ASTM D1945-03	100 µmol/mol
Nitrogen, Argon	N ₂ , Ar	100 µmol/mol	ASTM D7649-10	5 µmol/mol
Carbon dioxide	CO ₂	2 µmol/mol	ASTM D7649-10, ASTM D7653-10	0.1 µmol/mol
Carbon monoxide	CO	0.2 µmol/mol	ASTM D7653-10	0.01 µmol/mol
Total sulfur		0.004 µmol/mol	ASTM D7652-11	0.00002 µmol/mol
Formaldehyde	HCHO	0.01 µmol/mol	ASTM D7653-10	0.01 µmol/mol
Formic acid	HCOOH	0.2 µmol/mol	ASTM D7550-09, ASTM D7653-10	0.02 µmol/mol
Ammonia	NH ₃	0.1 µmol/mol	ASTM D7653-10	0.02 µmol/mol
Total halogenates		0.05 µmol/mol	ASTM WK23815, WK34574	0.01 µmol/mol
Particulate Concentration		1 mg/kg	ASTM D7650-10, ASTM D7651-10	0.005 µmol/mol

현재 표준에서 제안된 수치와 분석방법에 대해서는 Table 5에 보였다.

유럽에서 HyQ 프로젝트를 수행하면서 대표적인 불순물에 대하여 분석장비와 측정방법에 따른 최소 측정범위를 Table 6에 요약하였는데, HyQ 프로젝트 성과를 다음과 같이 요약 보고하고 있다.

- 전유황성분은 정량적으로 측정하기 어렵고, 불활성 물질이 필요하다.
- 할로겐 종류를 정확하게 동정하는게 필요하다.
- HyQ 프로젝트를 통해서 CO를 PDHID로 200 ppb 이하를 측정함
- HCHO는 CRDS와 H₂ 매트릭스를 사용
- H₂S는 GC PDHID를 이용하여 예비 농축없이도 ~10 ppb를 측정
- 다성분은 측정기기의 개발이 필요한 상황

Table 6 Measurement method and its limit (value in parenthesis is proposed in guideline for Hydrogen Fuel Quality Specification)

Constituent	Analytical equipment	Range of detect	minimum detectable value
CO (200 ppb)	FTIR,GC, CRDS	10~100 ppb	10 ppbv
HCHO (10 ppb)	CRDS,GC-P HID	10~100 ppb	10 ppbv
Total S compounds (4 ppb)	GC-SCD GC-PDHID IC	without concentration: 1ppm with concentration: 4 ppb with concentration: 10 ppb 1 ppb	0.02 ppbv
NH ₃ (100 ppb)	IR, TDLAS	1~100 ppb	20 ppbv
Halogenates (50 ppb)	IC, GC	5~50 ppb	10 ppbv

Symbols:

FTIR: Fourier transform infrared spectroscopy, GC: Gas chromatography, CRDS: Cavity Ring-Down Spectroscopy, PDHID: Pulsed discharge helium ionisation detection, SCD: Sulphur chemiluminescence detection, IC: Ion chromatography, IR: Infrared [spectroscopy], TDLAS: Tunable diode laser absorption spectroscopy)

3.3 시사점

연료전지용 수소품질 기준은 현재의 기술수준에서 연료전지용 촉매나 시스템의 각 구성요소의 내구성과 효율, 수소가격에 미치는 영향을 연구 분석하여 이루어지고 있으며, 표준화는 미국과 일본의 주도로 이루어지고 있으나, 국내 연료전지 자동차 제조사, PEM 연료전지 제조업체의 수소품질에 대한 요구조건도 현재의 표준화 추세에 이견은 없을 것으로 예상하고 있다.

품질기준이 엄격하게 됨에 따른 비용 효과에 대한 분석은 통상, 수소생산과 수소를 이용한 연료전지(PEMFC) 운용에 드는 고정비(Capex)와 운영비(Opex)를 비교하게 된다. 시뮬레이션 결과로 보면 CO 0.1~1 ppm 수준에서는 수소생산 비용에 주는 영향은 없으며, 품질 분석 비용 측면에서 수소 kg당 2-10센트 정도의 비용이 추가될 것으로 보고 있다¹³⁾.

연료전지 시스템에서는 CO농도가 2~5 ppm이면 스택의 고정비용(Capex)은 1/3이상 증가한다. 수소중 CO의 분석이 연료비 상승에 주요 영향을 줄 수 있으나 자주 분석하지 않는다면 수소 kg당 1유로 센트 이하 수준의 비용 상승을 예상하고 있다. 이들은 비용 분석을 위해 EURAMET¹⁴⁾을 이용하였으며, 실험실에서 교차 분석하여 타당성을 입증하였다. 수소연료전지 상용화 보급을 위해서 중요한 점은 연료전지 촉매의 가격 저감이며, 여기에는 수소순도의 수준이 영향을 준다. 따라서 수소품질의 표준화는 수소 상용화를 가속화 시키는데 도움을 줄 것으로 본다. 적어도 수소생산 공정은 수소품질에 중요한 영향을 주고 있으며, 수소품질은 미래 MEA개발 방향, MEA와 시스템의 새로운 스펙을 정의하는 데에도 또한 향후 개발 보급될 것으로 예상되는 새로운 수소저장재료와 기술에 대한 요구 스펙에 대해서도 가이드라인이 될 것이다.

이미 연료전지자동차와 충전소가 운용되고 있는

현 시점에서 국제기준에 맞는 수소품질관리를 위한 분석장비와 분석수준에 대한 국내현황을 조사 분석하여, 인프라나 분석 기술 등에서의 부족한 부분을 보완하는 전략이 필요하다 하겠다.

4. 수소충전소 평가방법에 대한 과제와 동향

4.1 현황

휘발유나 디젤차량이 주유소를 필요로 하듯이 연료전지차량도 연료가 되는 수소의 충전소가 있어야 함은 당연한 일이다. 수소연료전지 차량이 보급되려면 수소충전소가 있어야 하고, 수소충전소를 만들려면 어느 정도 연료전지 차량이 보급되어야 한다는 물고 물리는 관계가 있다. 기본적으로 인프라가 구축되어 있어야 연료전지 차량의 판매 보급이 활성화될 수 있고, 연료전지 차량보급 확대, 자발적인 수소충전소 수익사업화가 이루어지는 자생적인 단계에 이를 수 있기에 당장 필요한 수소충전소는 국가나 지방자치단체의 지원으로 건설하는 것이 필요하다.

뿐만 아니라, 수소충전소에서의 기초적인 안전요구사항-코드, 표준화, 인허가에 대한 정비가 필요하며, 수소충전소가 차량 제조사에서 요구하는 스펙과 국제 표준을 만족하고 있는지를 긴 시간의 소요없이 확인/점검/인증이 가능해야 원활한 수소충전소의 보급 확대를 기대 할 수 있다.

4.2 해외 사례 분석

1) 미국

미국의 H2FIRST (hydrogen Fueling Infrastructure Research and Station Technology)는 미 에너지부가 출범시킨 프로젝트로서 국가연구소의 능력을 수소충전소와 관련된 도전적인 기술과제에 집중하도록 한 것인데, 샌디아국립연구소(SNL)와 국립재생에너지

연구소(NREL)가 주도하고 공적기관 및 사기업이 참여하고 있다. 연료전지차량 고객이 기존 가솔린/디젤 충전소에서와 유사한 긍정적인 충전경험을 갖도록 하고 보다 진보된 충전기술로 전환하도록 하는 것이 포함되어 있다. 이러한 활동을 통해 수소충전소에 대한 가격, 신뢰성, 안전과 고객경험에 긍정적인 효과를 줄 것을 기대하고 있다.

활동 중에는 부품과 시스템의 물리적인 시험법과 개발, 수치해석, 기술인증, 저가의 고성능소재 선정과 개발, 시스템과 스테이션 구조 설계 등이 포함되어 있다.

HyStEP (Hydrogen Station Equipment Performance) 은 SNL, NREL이 Powertech Labs와 협력하여 “HyStEP Device”를 개발 구축하고자 하는 프로젝트이다. 1차적인 목적은 수소충전 프로토콜 표준에 맞추어 수소충전소의 성능을 측정하는 것이며, SAE J2799의 IrDA 통신을 갖춘 충전 프로토콜 표준인 SAE J2601-2014를 추종하는지를 측정하도록 CSA HGV 4.3의 시험법에 맞추어 설계되었다.

미국에서 현재의 문제점은 각 자동차사가 수소충전소에서 자동차 연료주입을 실행하여 통과해야만 수소충전소가 허용이 되도록 되어 있어 인허가에 상당한 시간이 소요될 수 밖에 없다는 데 있다. 각 OEM사가 각자 테스트와 평가를 행함으로써 기간이 몇 주 이상이 걸리기 때문에, 캘리포니아주 만해도 2016년에 35개의 신규 충전소를 허가해 주어야 하는 상황에 비추어 볼 때, 수소충전소 네트워크를 적시에 개발하도록 지원하는 데에는 실용적이지 못했다.

이러한 요구를 만족시키려면, 1주일 내에 수소충전소 성능을 입증해줄 수 있는 안전하고, 기술적으로 효과적이며, 연료전지자동차 사용자 입장을 대변해 줄 수 있는 장치가 필요하다. 이 장치가 바로 “HyStEP Device”인 것이다.

Fig. 2에 보인 바와 같이, 기존 6주 정도 소요되는 인증이, 시험 대행기관이 “HyStEP Device”를 사용하

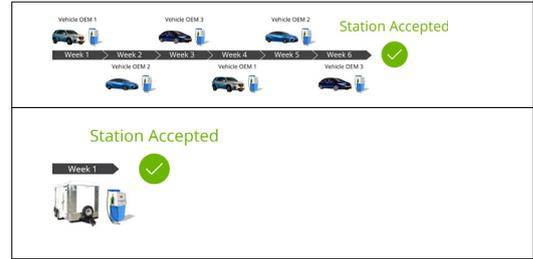


Fig. 2 Today, each OEM performs vehicle test fills to validate station (Upper). HyStep is vehicle surrogate; operated by testing agency (Lower).

(Source: <https://h2tools.org/h2first/HySTEP>)

여 실시한다면, 1주일이면 충전소의 성능 입증이 가능하다는 것이다.

“HyStEP Device”는 세 개의 Type 4 용기가 9 kg의 수소를 저장할 수 있으며, 압력과 온도 감지기가 부착되어 있다. 용기는 온도, 압력 센서와 IrDA통신 데이터 수집장치와 분석, 제어시스템이 장착된 70 MPa 리셉터클(연결부)에 연결된다. 벤트 매니폴드가 부착된 리셉터클 근처의 밸브는 오작동 감지(fault detection) 테스트와 제어된 연료주입차단을 위한 누출 모사에 사용된다.

질소 퍼지 시스템 역시 포함되어 있다. 추가적인 온도 센서가 리셉터클 주변 온도와 다양한 외부 시스템온도를 기록한다. “HyStEP Device”는 CSA HGV 4.3에서 정의한 주요 시험을 수행할 능력이 있다. 이러한 것에는 IrDA 통신, 오작동 감지시험, 35 MPa, 70 MPa에서의 통신, 비통신 충전 등이 포함된다.

기기의 적합성 시험은 NREL의 ESIF (Energy Systems Integration Facility)와 캘리포니아 여러 충전소에서 인증을 마쳤으며, 이러한 예비 보급 시험을 거쳐, 캘리포니아 대기국(CA Air Resources)은 “HyStEP Device”를 신규충전소 인허가를 지원하기 위해 보급할 계획이다¹⁵⁾.

2) 일본

수소공급 이용기술연구조합(HySUT, Research Asso-

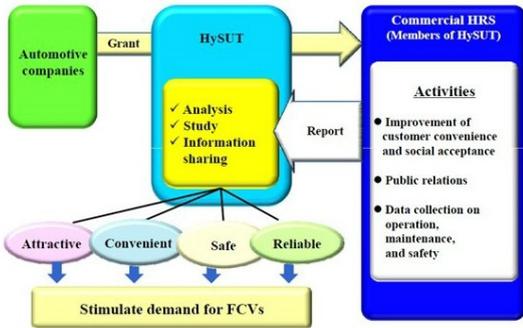


Fig. 3 HySUT Program in Japan

ciation of Hydrogen Supply Utilization Technology) 은 Fig. 3에 보인 바와 같이, 수소공급인프라의 구축과 비즈니스 환경의 정비를 목적으로 하여 2009년 7월에 설립된 법인으로, 에너지 관련 기업 13개사로 활동을 시작하였으며, 현재는 자동차 회사를 포함하여 23개의 조합원사가 있다. 사업내용을 보면 ① 연료전지자동차 및 수소공급인프라의 일본내 규제 적정화, 국제기준 조화, 국제 기준화에 대한 연구개발, ② 연료전지자동차 및 수소스테이션용 저비용 기기 시스템 등에 관한 연구개발, ③ 수소스테이션(수소충전소) 안전기반 정비에 대한 연구개발 등이 포함되어 있으며 사업기간은 2009~2015년까지로 되어 있다. 일본 HySUT에서 실시중인 수소충전소 시험 설비의 예를 Fig. 4에 보였는데, 지역에서 요구하는 것이나 위험성평가에 따라 장치의 목록이나 배치는 달라진다.

4.3 시사점

수소연료전지 차량과 수소충전소의 보급을 적극적으로 시행하고 있는 일본은 큐슈 대학의 “수소 에너지 국제 연구 센터”와 “수소 재료 첨단 과학 연구 센터”가 주도하는 “수소 이용 기술 연구 개발 사업”(2013년~2017년도, 2014년 예산:32.5억엔)을 통하여, 2020년 이후의 연료 전지 자동차(FCEV) 및 수소 공

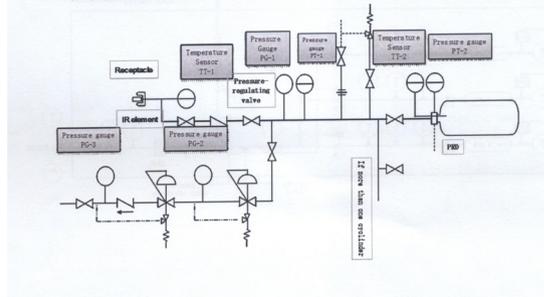


Fig. 4 An example of a Hydrogen Station Test Apparatus P&ID by HySUT. The component layout and inventory should be investigated per local requirements and accompanying risk assessment

급 인프라의 본격 보급에 대비하고 있다. 이 사업에서는 일본 국내 규제 적정화와 국제 기준 조화·국제 표준화에 관한 연구 개발, FCEV 및 수소 스테이션용 저비용 기기·부품 등의 연구 개발을 실시해, 일련의 기기 및 시스템의 코스트 저감, FCEV의 보급 정책 및 국제 경쟁력 확보에 이바지하기 위해 노력하고 있다.

경제성 확보를 위해서는 대량생산은 필수적이며, 관련 산업체의 가격저감 노력도 필요하다. 예를 들면 일본 신일철 주금(新日鉄住金)은 2015년 1월 20일, 연료 전지차(FCV)에 연료를 보급하는 수소 스테이션 전용 강관을 개발해 본격적인 판매를 시작했다. 기존의 강관에 비해 수소에 대한 내성이 높아 얇게 만듦에 따른 경량화로 배관의 안전성 향상이나 코스트 저감으로 이어진다. 이 전용강관은 이미 이와타니 산업과 도쿄 가스 등이 운용하는 복수의 상용 수소스테이션에서 채용됐다¹⁶⁾.

현재는 수소충전소가 전세계 200여기 정도에 불과하지만, 우리나라만 해도 2025년 210기 건설을 목표로 잡고 있으며, 적어도 2025년에는 전세계에서 약 3천개소가 운영될 것으로 본다. 수소충전소와 관련된 평가기술 뿐만 아니라, 떠오르는 시장을 선점하기 위해 평가기준을 만족시킬 수 있는 저가 경량 소재 등 개발 능력을 갖춘 기업의 미래를 내다보는 행보를 기대한다.

5. 결 론

현대자동차, 도요타의 출시에 이어 닛산, 혼다 등 굴지의 자동차 업체들이 연료전지 자동차의 시장 진입 일정을 2017년 내외로 잡고 있으며, 그동안 ISO TC197에서는 연료전지자동차의 보급확산과 관련하여 당장 시급한 분야인 수소생산, 저장, 수소품질 및 안전에 대한 표준화 문서를 17건 제정하였다. 지금도 TC197에 구성된 작업반중 가장 활발한 활동을 보이고 있는 것이, 수소충전소와 그에 부속된 설비를 다루고 있는, 소위 “TC 197 Fueling Family”인 WG 19, 20, 21, 22, 23, 24이다. 이 분야의 표준화 동향은 국내 수소충전소 관련기업에서도 관심을 가지고 대응하는 것이 필요하다고 본다.

- 1) 수소 연료의 품질기준은 수소연료전지 자동차의 보급에 따라 자동차의 수명 단축과 운행 장애 발생 요인을 막기 위해서 필요하다. 수소충전소의 유지보수, 점검에 따른 가동정지, 재가동에 따른 수소연료의 품질 검사가 필요한 상황을 예상한다면, 수소공급처 뿐만 아니라 현장에서도 측정할 수 있는 장비와 기술의 축적도 중요하게 될 것이다.
- 2) 연료전지 자동차의 보급에 따라 인프라 관련기술은 상당한 시장이 예상되는 분야이다. 그중에는 수소충전소의 현장 인증 시험 기술은 보급확산의 가속화와 유지보수산업의 활성화를 위해서도 적용이 되어야 할 기술이다.

후 기

본 고는 한국에너지공단 신재생에너지센터가 지원하는 “수소연료전지기술 국제표준화 대응기반구축”사업과 한국에너지기술연구원 국가출연사업 주요사업 (GP2015-0009)의 지원으로 작성되었습니다.

References

1. http://www.iso.org/iso/iso_technical_committee?commid=54560
2. New & Renewable Energy Center (Korea Energy Agency), Institute for New and Renewable Energy (POSTECH): “International Standard of Hydrogen and Fuel Cell Technology” (2015)
3. http://cordis.europa.eu/project/rcn/97940_en.html
4. X. Cheng, Z. Shi, N. Glass, L. Zhang, J. Zhang, D. Song, Z.S. Liu, H. Wang and J. Shen: “A review of PEM hydrogen fuel cell contamination: Impacts, mechanisms and mitigation”, J. Power Sources, Vol. 165, 2007, pp. 739-756.
5. H. Li, H. Yuan and X.Z. Wang: “PEM Fuel Cell Durability Handbook”, CRC Pr Inc; 2011.
6. X.Z. Yuan, H. Li, Y. Yu, M. Jiang, W. Qian, S. Zhang, H. Wang, S. Wessel and Tommy T.H. Cheng: “Diagnosis of contamination introduced by ammonia at the cathode in a polymer electrolyte membrane fuel cell”, Int. J. Hydrogen Energy, Vol. 37, 2012, pp. 12464-12473.
7. X. Wang, P. Baker, X. Zhang, H. F. Garces, L. J. Bonville, U. Pasaogullari, T. M. Molter: “An experimental overview of effects of hydrogen impurities on polymer electrolyte membrane fuel cell performance”, Int. J. Hydrogen Energy, Vol. 39, 2014, pp19701-19713.
8. M.Tatsumi, D.Imamura, Y. Hashimasa, M. Akai and S.Watanabe, “Quality standard for hydrogen fuel of fuel cell vehicles”, J. of the Hydrogen Energy Systems Society of Japan, Vol. 30, No. 1, 2005, pp. 49-52.
9. B. Kienitz, B. Pivovar, T. Zawodzinski and F. H. Garzond: “Cationic Contamination Effects on Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cell Performance”, J. Electrochem.Soc., Vol. 158, 2011, B1175-B1183.
10. T.M.Molter: “The Effects of Impurities on Fuel Cell Performance and Durability”, 2009, presentation at DOE hydrogen program.

11. M. A. Uddin, X. Wang, J. Qi, M. O. Ozdemir, U. Pasaogullari, L. Bonville and T. Molter: "Effect of chloride on PEFC in presence of various cations", *J. Electrochem. Soc.*, Vol. 162, 2015, F373- F379.
12. K. Narusawa, M. Hayashida, D. Kurashima, K. Murooka, K. Wakabayashi and Y. Kamiya, "Analyses on a declining performance of PEMFC with fuel containing impurities (2nd report)", *Japan Society of Mechanical Engineers, Part B*, 69 (687), 2003, pp. 2553-2559.
13. D. D. Papadias, S. Ahmed, R. Kumar and F. Joseck: "Hydrogen quality for fuel cell vehicles - A modeling study of the sensitivity of impurity content in hydrogen to the process variables in the SMR-PSA pathway", *Int. J. Hydrogen Energy*, Vol. 34, 2009, pp. 6021-6035.
14. European Association of National Metrology Institutes (previously known as EUROMET)
15. <https://h2tools.org/h2first/HyStEP>
16. <http://www.jjji.com/jc/zc?k=201501/2015012000681&g=eco>