

## ISO/TC197/WG12의 수소품질 국제표준화 동향

\*조 성국<sup>1)</sup>, 조 창애<sup>2)</sup>, \*\*이 택홍<sup>3)</sup>

### International Standards trend on Hydrogen fuel quality

\*Sungkook Cho, Changae Cho, \*\*Taeckhong Lee

**Key words** : Standard(표준), Hydrogen fuel(수소연료), Impurity(불순물)

**Abstract** : Japan is leading standards for the hydrogen fuel quality on the PEMFC(Proton Exchange Membrane Fuel Cell) vehicle at ISO/TC197/WG12. However, it has many problems to solve the standard of measurement and the test method, because the standard of measurement which was proposed in Japan is too high to reach the technique for many countries. It might not control standards for the hydrogen fuel quality on the PEMFC vehicle in Korea. So we need to develop the study of standards and the technique of measurement continuously for the International Standards Meeting.

#### 1. 서론

수소를 제조하기 위한 방법으로 석유나 천연가스 등의 화석연료와 태양광, 풍력 등 대체에너지를 이용한 기술들이 있다. 수소를 사용구분에 따라 품질이 결정이 되어야 하는데 사용을 위해서는 수소생산 시 반드시 불순물이 제거되어야 한다. 그렇지 않으면 향후 수소연료전지의 상용화시 성능저하, 내구성 저하 등 많은 부작용이 발생할 요지가 크기 때문이다. 이러한 문제를 해결하기 위해 수소연료의 품질에 대한 표준이 필요한데 현재의 표준은 각 나라에서 사용하는 자국의 표준보다는 1995년 WTO/TBT 협정에 따라 모든 국가의 표준을 국제표준으로 통일화하기로 합의된 국제표준이 필요하다. 수소와 관련한 국제표준은 ISO(International Standard Organization)의 기술위원회인 TC197에서 담당하고 있다. TC197에서는 13개분야의 작업반(WG ; Working Group)을 구성하여 국제표준을 만들고 있으며, 이중 WG12에서 수소연료품질에 대한 국제표준을 개발하고 있다. WG12에서 제정된 국제표준은 'ISO14687 수소연료-생산규정'이며, 이 규격 내용 중 양성자 교환 막(Proton Exchange Membrane, PEM)전지 탑재 차량에 사용할 수 있는 국제표준인 'ISO14687-2 수소연료-PEMFC 자동차용 수소연료품질' 내용은 따로 분리하여 국제표준으로 개발 중에 있다. 이에 본 보고서에서는 수소연료 품질의 국제표준에 대해 논하고자 한다.

#### 2. 연구배경

##### 2.1 수소품질 표준화 배경

수소 품질과 관련한 국제표준은 초기에는 일반 산업에 적용하기 위해 개발되었으나 수소가 에너지로 적용되면서 그 범위가 확대되고 있다.

##### 2.1.1 MIL-PRF-27201C

미국은 군사적 용도로 수소를 사용하기 위한 군사용 표준 MIL-PRF-27201C<sup>2)</sup>를 1995년에 제정하였다. MIL-PRF-27201C는 수소의 미사일, 로켓 등의 추진체로 사용하기 위한 규격으로 NASA에서도 적용하고 있다. 또한 MIL-PRF-27201C는 ISO 14687 국제표준의 액체상 품질 및 항공우주용 수소연료의 제품 사양 기준으로 사용되었다.

##### 2.1.2 CGA G-5.3

각종 산업용 가스 및 사용 부품/장치 등에 관한 코드를 제정하여 보급하고 있는 미국의 압축가스협회(Compressed Gas Association, 이하 CGA)에서는 수소와 관련한 규격들을 G-5 및 부속 코드로 제정하였다. CGA G-5.3<sup>3)</sup> (5th Edition)은 Table 1과 같이 가스와 액체상으로 구분하고 6가지 용도로 분류하고 있다.

Table 1 Directory of Limiting Characteristics by CGA G-5.3

Limiting Characteristics	Type 1(Gaseous)				Type 2(Liquid)		
	B <sup>1)</sup>	D <sup>2)</sup>	F <sup>3)</sup>	L <sup>4)</sup>	A <sup>5)</sup>	C <sup>6)</sup>	B
H <sub>2</sub> Min. %	99.95	99.99	99.995	99.999	99.995	99.999	99.9997
Ar	-	-	-	-	1	-	1
CO <sub>2</sub>	10	0.5	-	2	1	2	-
CO	10	1	-				
He	-	-	-	-	39	-	-
N <sub>2</sub>	400	25	2	2	-	2	2
O <sub>2</sub>	10	5	1	1	1	1	1
Para Content Min. %	-	-	-	7)	Filtering	7)	-
Total Hydrocarbon	10	5	0.5	1	9	1	-
Water	34	3.5	1.5	3.5		3.5	-

<sup>1)</sup> B : General industrial applications

<sup>2)</sup> D : Fuel, hydrogenation and water chemistry applications

<sup>3)</sup> F : Analytical instrumentation and propellant

<sup>4)</sup> L : Semiconductor, analytical and specialty applications

<sup>5)</sup> A : Standard industrial, fuel and propellant applications

<sup>6)</sup> C : Semiconductor applications

<sup>7)</sup> To be determined between supplier and User

### 2.1.3 JIS K-0512

일본의 산업표준(Japanese Industrial Standard) JIS K-0512<sup>4)</sup>에서는 수소를 99.9%에서 99.9999%까지 순도별로 4등급으로 구분하고, 연료전지에 적용 가능한 등급을 Grade 3으로 지정하고 있다(Table. 2).

### 2.1.4 ISO/TC197/WG12

앞서 언급한 바와같이 수소연료의 품질과 관련된 국제표준은 ISO의 기술위원회(TC197)의 분과작업반인 WG12에서 담당하고 있다. 현재 1999년 제정된 ISO14687 국제표준 내용 중 PEM 연료전지 탑재 차량용 수소 연료 품질을 분리하여 새로운 국제표준을 만들고자 하고 있다. WG12에서는 1999년 각국의 선행코드 및 표준들을 바탕으로 ISO 14687<sup>5,6)</sup>을 제정하여 차량, 설비, 또는 기타연료에 적용하기 위하여 제조되고 공급되는 수소제품의 동일성을 보장하기 위해 수소연료의

품질특성을 Table 3과 같이 제한하고 있다. 수소의 형상에 따라 3가지 타입으로 구분하고, 순도에 따라 3등급으로 나누어 각각의 용도를 구분하고 있다.

그러나 PEM 연료전지 차량의 연구가 활발해지면서 다양한 연구를 통하여 수소 중의 불순물들이 연료전지에 미치는 영향에 대한 차량용 수소 연료의 사양을 Part 2로 분리하여 ISO14687-2로 국제표준을 개발 중이며, Table 4와 같이 규정하고 있다.

2009년 2월 프랑스에서 개최된 분과회의에서 수소불순물의 농도와 미국의 ASTM 표준의 사용상 문제점 등으로 ISO14687-2의 제정을 2011년으로 연기하고 국제 공동 연구를 통해 국제표준을 보완키로 하였다. 아울러 ISO 14687은 ISO14687-2이 분리됨에 따라 ISO 14687 규격이 개정될 예정이다.(Type 1 Grade A에서 연료전지 부분 삭제)

Table 2 Directory of Limiting Characteristics by JIS K-0512

Characteristics	unit	Grade 1	Grade 2	Grade 3	Grade 4
Hydrogen Purity	%	99.9999	99.999	99.99	99.9
Total Hydrocarbon	ppm	0.3	5.0	10.0	
O <sub>2</sub>	ppm	0.3	0.5	4.0	100
N	ppm	0.2	5.0	25	40
CO	ppm	0.1	1.0	10	
CO <sub>2</sub>	ppm	0.1	1.0	10	
Sulfur Compounds	ppm	0.00	0.00	2.0	10

Table 3 Directory of Limiting Characteristics by ISO 14687: 1999

Characteristics	unit	Type 1 (Gaseous)			Type 2 (Liquid) <sup>4)</sup>	Type 3 (Slush) <sup>5)</sup>
		Grade A <sup>1)</sup>	Grade B <sup>2)</sup>	Grade C <sup>3)</sup>		
H <sub>2</sub> Purity	%	98.0	99.0	99.995	99.995	99.995
Prara-H <sub>2</sub>	μmol/mol	NS	NS	NS	95.0	95.0
	μmol/mol	100	NC			
H <sub>2</sub> O	cm <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	1,900	NC	9	9	
N <sub>2</sub>	μmol/mol		400			
Ar	μmol/mol			1	1	
O <sub>2</sub>	μmol/mol			100		
He	μmol/mol				39	39
CO <sub>2</sub>	μmol/mol			1	1	
CO	μmol/mol	1				
Hg	μmol/mol		0.004			
Sulfur	μmol/mol	2.0	10			
Permanent particulates			<sup>6)</sup>	<sup>6)</sup>	<sup>6)</sup>	

<sup>1)</sup> Internal combustion engines/fuel cells for transportation; residential/commercial appliances

<sup>2)</sup> Industrial fuel, for use e.g in power generation or as a heat energy source

<sup>3)</sup> Aircraft and space-vehicle ground support systems

<sup>4)</sup> Aircraft and space-vehicle onboard propulsion and electrical energy requirements; land vehicles

<sup>5)</sup> Aircraft and space-vehicle onboard propulsion

<sup>6)</sup> To be agreed between supplier and customer

table 4 Directory of limiting characteristics by ISO/AWI 14687-2

Characteristics	Gaseous H <sub>2</sub>	Liquid H <sub>2</sub>	Test method
Hydrogen Fuel Index	99.99	99.99	
Para-Hydrogen	NS	95.0	
Total gases	100	100	
Water	5	5	ASTM D6348, D5454, JIS K0225
C1 basis Total hydrocarbons	2	2	EPA T012, T015, ASTM(D1946 & D5466), D6968, JIS K0114
Oxygen	5	5	ASTM(D1949 & D5466), JIS K0225
Helium, Nitrogen, Argon	100	100	ASTM(D1949 & D5466), JIS K0114
Carbon Dioxide	2	2	ASTM(D1949 & D5466), JIS K0114, K0123
Carbon Monoxide	0.2	0.2	EPA 25C, ASTM(D1949 & D5466), JIS K0114, K0123
Total Sulfur compounds	0.004	0.004	ASTM(D1949 & D5466), D5504, JIS K0127
Formaldehyde	0.01	0.01	EPA Method 11, NIOSH 2541, EPA T015, ASTM(D1949 & D5466), JIS K0114, K0123
Formic acid	0.2	0.2	ASTM(D1949 & D5466), JIS K0123, K0127
Ammonia	0.1	0.1	ASTM(D1949 & D5466), EPA T015, JIS K0127
Total Halogenated Compounds	0.05	0.05	EPA 200.7, JIS K101
Max Particulates Size	10μm	10μm	SCAQMD Method 301-91
Max Particulates Concentration	1μg/L@NPT	1μg/L@NPT	Gravimetric(EPA 625/R-96/010A)

## 2.2 수소품질에 대한 연구

수소연료의 품질에 대한 표준은 미국과 일본을 중심으로 오랜 기간 동안 연구 중이다. 미국은 CaFCP(California Fuel Cell Partnership) 프로그램을 통해 수소연료품질에 대해 종합적으로 검토(불순물 농도, 평가방법 등)하여 이를 코드화 및 CaFCP의 연료 품질 가이드라인에 반영될 수 있도록 하기 위하여 ASTM, CGA, SAE 등이 포함되어 종합적인 코드와 표준화 작업을 하고 있다.

일본은 통상산업성에서 추진하고 있는 NEDO(New Energy and Industrial Technology Development Organization) 프로그램의 일환으로 일본자동차연구원(JARI : Japan Automobile Research Institute)에서 다년간의 연구결과를 토대로 JIS 규격을 제정하고 이를 국제표준에 반영시키는 활동을 하고 있다. 현재의 연료의 불순물 허용 농도 수준은 연료전지의 수명에 영향을 미치는 절대적인 수치만을 근거로 설정되어 제한 수준이 지나치게 낮게 설정되어 있는 부분들이 있는데 현재 수소스테이션 건설 시 설치되고 있는 화석연료 개질형 수소제조장치 및 물전기분해 수소제조장치 모두 Part 2의 제한 수준에 크게 미치지 못하고 있는 실정이다. 이를 해결하기 위해서는 별도의 정제장치를 필요로 하는 등 전체 설비가격의 비용 상승을 초래하는 원인으로 작용하여 향후 수소스테이션을 비롯한 각종 인프라 구축 시 걸림돌로 작용할 우려가 있는 상태이다.

이에 따라 ISO/TC197/WG12 분과위원회에서는 수소품질관련 국제표준 제정을 연기하고 연료를 평가할 수 있는 표준 연료전지의 선정, 평가방법 개발, 연료전지 수명 및 불순물의 농도별 데이터 등을 확보하여 가장 경제성 있는 제한 수준을 규정하기 위해 미국, 일본, 프랑스가 공동연구를 하고 있으며, 우리나라도 올해부터 공동연구에 참여하기로 하였다.

## 2.3 국내 표준화 동향 및 대응현황

우리나라에서는 수소기술과 관련한 국제표준 개발에 대응하기 위하여 지식경제부 기술표준원으로 부터 2004년 ‘수소연료전지 국제표준대응 사업’ 과 ‘수소연료전지 국제표준화 체계구축’ 사업을 한국정밀화학산업진흥회 주관으로 본 사업에 참여하고 있는 관련 산학연 전문가 30여명을 통해 국내 평가기술 확보 등을 위한 공동연구를 진행하고 있다. 또한 본 사업을 통해 ‘수소연료전지 표준화 동향보고서’ 매년 관련 산업체 및 연구기관 등에 배포하고 있다. 또한 관련 연구기

관 및 기업들의 주기적인 방문을 통한 필요한 코드 및 표준화를 예측하고 이를 바탕으로 RFP(Request for Proposal)를 도출하여 국내표준으로 개발하고 있다. 우리나라의 이와 같은 활동은 미국, 일본, 유럽에 비하여 다소 늦은 감이 있으나 국제규격의 빠른 국내 도입을 통한 습득 및 공동연구 제안을 통해 아국의 의견 반영을 위해 적극적인 활동으로 대응하고 있다.

일반 기업에서도 이와 관련하여 많은 관심을 가지고서 연구 중에 있다. 우리나라의 한국가스공사에서는 Table 5와 같이 분석을 실시한 결과를 이를 국제표준회의에서 불순물 농도 측정기준, 방법 및 고가의 비용 등을 발표하여 유럽 등으로부터 국제표준에 공동대응과 공동연구를 제안 받기도 하였다.

Table 5 Test report of Hydrogen gas purity by KOGAS

constituent	unit	ISO 14687-2	KOGAS
O <sub>2</sub>	ppm	5	N.D(0.5*)
Ar	ppm	100	3.5(±5%**)
N <sub>2</sub>	ppm	100	1.4(±10%**)
CO	ppm	0.2	0.05<
CO <sub>2</sub>	ppm	2	0.07(±20%**)
THC(C1~4)	ppm	2	0.49(±20%**)
Sulfur	ppm	0.004	N.D(0.01*)
H <sub>2</sub> O	ppm	5	4.74(±20%**)

- H<sub>2</sub> : 99.9991%mol/mol(±0.0005\*\*)

- 사용기기 : GC-AED/FID, GC-MS, GC-FID  
methanizer, Dew point meter

\* 검출한계

\*\* 상대확장불확도

## 5. 결론

ISO/TC197/WG12에서 개발 중인 수소연료 불순물의 허용한계치에 적합하기 위해서는 고가의 측정장비, 전문인력 등으로 많은 비용이 필요해 이러한 문제가 수소연료가 상용화를 위한 초기 인프라 구축 및 보급에 장애가 될 것이다.

한 예로 수소불순물 중 He의 경우 미국은 He이 연료전지의 수명에 미치는 영향이 없다고 주장하고 있으나, 유럽의 일부 국가 및 일본에서는 연료전지 내의 Purging 부분에서 문제를 야기할 수 있기 때문에 반드시 분석되어야 하며 또한 제거되어야 할 불순물로 보고 있다. 이러한 문제뿐만 아니라 분석방법 및 분석기 성능 등에 대해 논의가 되고 있는데 현재 질량분석기와 GC-TCD를

이용한 분석방법이 제안되고 있다. 특히 He의 amu(atomic mass unit=4)가 적은 관계로 높은 해상도를 갖는 질량분석기를 활용하여 수 ppm 수준의 분석을 실시하기 위해서는 비용문제가 상당할 것이다. 일본에서는 GC-TCD(검출한계 수십 ppm 수준)를 개량하여 낮은 ppm의 He도 분석가능하다고 하나 조금 더 지켜보아야 할 것이다. 이러한 문제 등으로 수소연료의 경제성 있는 품질규격 제정을 위한 국제적인 공동 노력이 요구되며 이를 위해서 다양하며 복합적인 공동연구가 필요하다. 공동연구분야로는 수소의 불순물이 연료전지에 미치는 영향, 적절한 농도범위, 평가방법 등이다.

앞서 언급한 바와같이 국제표준은 현재 WTO/TBT협정 이후 선진국에서는 자국의 표준을 국제표준으로 제정하기 위해 보이지 않는 전쟁을 하고 있다. 이에 우리나라도 국제표준을 주도하기 위한 표준관련 기술을 개발하여 향후 표준을 통한 국내 제품이 세계시장을 선점할 수 있는 기반을 마련해야 할 것이다.

## 후 기

본 연구는 지식경제부의 지원으로 수행하는 수소 연료전지 국제표준화 체계구축 사업의 일환으로 지원하는 과제로 수행되었습니다.

## 참고문헌

- 1) ISO/TC 197/WG 12, "ISO/PDTS 14687-2 Hydrogen fuel Product Specification - Part 2 : Proton exchange membrane(PEM) fuel cell applications for road vehicles", International Standard Organization, 2004.
- 2) Mil-PRF-27201C, "Propellant, Hydrogen", 1995.
- 3) CGA G-5.3, "Commodity Specification for Hydrogen(5th Edition)", Compressed Gas Association, 2004.
- 4) JIS K-0512, "Hydrogen", Japanese Standards Association, 2001.
- 5) ISO 14687, "Hydrogen Fuel-Product Specification", International Standard Organization, 2001.
- 6) KS B ISO 14687, "수소 연료-제품 규격", 한국 표준협회, 2004.