

수소연료전지자동차 연료소비율 측정방법에 대한 기술 기준 동향

*이 현우¹⁾, 권 해봉²⁾, 김 광일³⁾, 임 종순⁴⁾, 신 영복⁵⁾, 맹 정렬⁶⁾

Status of Technology Standard about Fuel Consumption Measurement for HFCVs

*Hyunwoo Lee, Haeboung Kwon, Kwangil Kim, Jongsoon Lim, Youngbok Sin, Jeongyeol Maeng

Key words : Fuel Consumption Measurement(연료소비율 측정), Hybrid Fuel Cell Vehicle(HFCV, 하이브리드 연료전지자동차)

Abstract : 배출가스 및 이산화탄소 등 환경규제 강화와 에너지 고갈 문제는 기존의 내연기관, 동력전달장치, 소재 등의 성능 향상과 함께 대체에너지를 사용하는 자동차의 필요성이 증가하고 있으며, 이에 따라 수소연료전지자동차 등의 상용화가 요구되고 있다. 기존 자동차와는 패러다임이 전혀 다른 수소연료전지자동차는 현재 다양한 방향으로 연구 개발되고 있으므로 수소연료전지자동차 관련 평가기술 중 연료소비율 측정방법도 그에 따라 개발되고 진행되어야 할 것이나 현재 국내에 이와 관련한 체계적인 연구가 미미한 실정이며, 국제적인 표준도 현재 설정되어 있지 않은 상황이다. 따라서 현재까지 진행 중인 수소연료전지자동차 연료소비율 측정방법에 대한 기준 동향 및 연구 사례 조사를 통해 관련 연구 계획의 수립과 향후 수소연료전지자동차 연료소비율에 대한 평가기술 도출을 위한 기초 자료로 활용하기 위하여 본 연구를 수행하였다.

1. 서론

현재 환경 및 지구온난화와 같은 지구환경 문제 및 기존의 화석에너지 고갈 문제 등에 대한 범세계적인 해결방안 강구 노력이 활발히 진행되고 있으며, 자동차 분야에서도 기존의 내연기관, 동력전달장치, 소재 등의 효율강화 뿐만 아니라 대체에너지를 사용하는 자동차의 등장을 절실히 요구하고 있다. 이와 같은 요구 속에 유해배출가스가 없는 무공해자동차인 수소연료전지자동차에 대한 개발 요구는 지구 환경 보호 및 향후 국내 자동차 산업의 생존조건이자 미래의 성장동력이 될 것임에 틀림이 없다.

수소연료전지자동차의 경우 일본, 미국 선진국에서도 개발 및 양산초기 단계 정도의 수준에 머물고 있으며 수소연료전지자동차는 2015년 이후 시장이 성숙되어 2020년경 이후에는 주력 차종으로 성장할 것으로 예측되고 있다.

기존 자동차와는 패러다임이 전혀 다른 수소연료전지자동차는 현재 다양한 방향으로 연구 개발되고 있으므로 수소연료전지자동차 관련 평가기술 중 연료소비율 측정방법도 그에 따라 개발되고 진행되어야 할 것이나 현재 국내에 이와 관련한 체계적인 연구가 미미한 실정이며, 국제적인 표준도 현재 설정되어 있지 않은 상황이다.

따라서 현재까지 진행 중인 수소연료전지자동차 연료소비율 측정방법에 대한 기준 동향 및 연구 사례 조사를 통해 관련 연구 계획의 수립과 향후 수소연료전지자동차 연료소비율에 대한 평가기술 도출을 위한 기초 자료로 활용하기 위하여 본 연구를 수행하였다.

2. 국제 기술 기준 동향

수소연료전지자동차의 연료소비율 측정방법과 관련하여 논의와 연구가 수행되어 지고 있으나 현재까지 국제적인 기준은 정해지고 있지 않은 상태이다. 그러나 우리나라를 비롯하여 미국, 일본, 유럽 등에서 실제로 수소연료전지자동차를 개발하여 현재 실증 시험이 활발히 진행되고 있으며, 이에 따라 그 경제성 및 상용화에 대한 평가를 위해 연료소비율 측정방법에 대한 필요성이 증가하고

- 1) 교통안전공단 자동차성능연구소 동력연구팀
E-mail : peterlee@ts2020.kr
Tel : (031)369-0316 Fax : (031)357-4982
- 2) 교통안전공단 자동차성능연구소 동력연구팀
E-mail : kwonhb@ts2020.kr
Tel : (031)369-0311 Fax : (031)357-4982
- 3) 교통안전공단 자동차성능연구소 동력연구팀
E-mail : bianbee@ts2020.kr
Tel : (031)369-0317 Fax : (031)357-4982

있는 실정이다. 따라서 현재의 추세라면 수소연료 전지자동차의 연료소비율 측정방법에 대한 관련 규격 및 기준 등이 조만간 제정될 것이라고 예상할 수 있으며, 이에 관련 동향에 대해 살펴보면 다음과 같다.

2.1 국제 규정 및 표준 관련 조직

자동차 관련 국제 규정 및 표준과 관련하여서는 UN/ECE의 WP29와 ISO(International Organization for Standardization)로 크게 2개의 기구로 나뉘어진다. 이중 WP29는 자동차 관련 Regulation에 대한 정부차원의 국제기준조화를 담당하는 기구로 자동차 및 자동차에 장착 사용되는 장치·부품에 대한 세계기술규정(GTR : Global Technical Regulation) 제정을 목적으로 하고 있다. ISO는 산업계의 표준에 대한 국제적인 기준제정에 그 목적을 두고 있는 기구이다. 그 외에 IEC(International Electrotechnical Commission) 등에서도 자동차 관련 표준 제정에 일정부분 역할을 수행하고 있다.

이중 수소연료전지자동차의 규정 및 표준과 관련하여서는 그림 1과 같이 각 기구 산하에 관련 위원회 및 워킹그룹을 구성하여 해당분야에 대한 규정 및 표준 마련에 임하고 있다.¹⁾ 수소연료전지자동차의 연료소비율에 대해 WP29의 경우에는 GRPE(Group of Expert on Pollutant and Energy)의 워킹그룹에서, ISO의 경우에는 TC22/SC21의 워킹그룹에서 관련 규정 및 표준화에 대해 업무를 수행하고 있다.

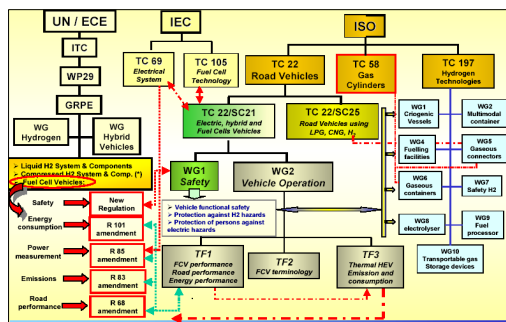


Fig. 1 국제 기준 및 표준 관련 주요 기구 조직도

2.2 국제 규정 및 표준 제정 활동 및 전망

실제로서 규정이나 표준이 제정되기 위해서는 관련 업계나 학계와의 상호 커뮤니케이션이 중요하며 이와 같은 활동은 그림 2와 같이 각 기구나 협회, 산업계 간의 다양한 상호 교류를 통해 이루어지고 있다. 이와 같은 상호 교류를 통해 현재 수소 연료전지 자동차에 대한 규정 및 표준 제

정은 그림 3과 같이 대략 2015년 경에는 일차적으로 그 작업이 마무리되리라 예측되고 있다.²⁾

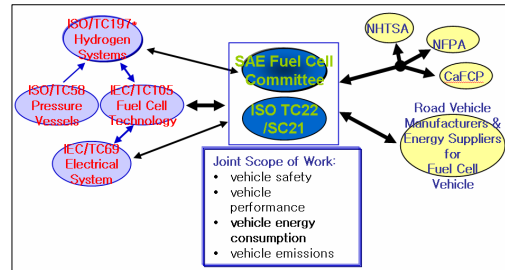


Fig. 2 수소연료전지자동차 산업표준 조직 및 활동 체계도

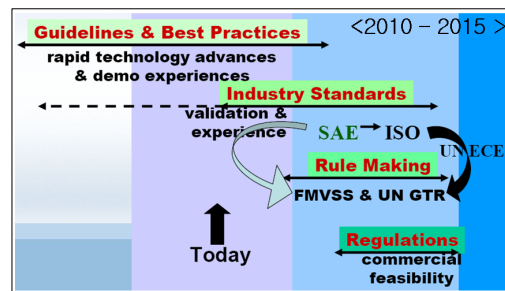


Fig. 3 국제 기준 및 표준 제정 전망

2.3 HFCV 연료소비율 측정 방법

지금까지 간략히 살펴본 것과 같이 현재까지 수소연료전지자동차의 연료소비율 측정방법에 대해 관련 규정이나 표준이 제정되어 있지는 않은 상황이다. 그러나 실제로 수소연료전지자동차가 제작되어 시범 운행되고 있으며, 미국 SAE(Society of Automotive Engineers)의 경우 이미 수소연료전지자동차 연료소비율 측정방법에 대한 관련 권고 기준을 제정하고 있으며, ISO에서도 표준 제정을 위한 노력을 지속적으로 수행하고 있다. WP29의 경우에도 자동차의 연료소비율 측정 방법인 ECE R101에 수소연료전지자동차의 연료소비율 측정 방법을 추가하기 위한 노력을 수행하고 있으나 아직 가시적인 진행사항이 확인되지 않아 SAE와 ISO의 측정방법에 대해 정리하여 보았다.

2.3.1 SAE 측정방법

SAE의 규격의 경우 자동차 표준분야에서 주도적인 위치를 차지하고 있는 규격으로 자동차 관련 ISO 표준의 약 40%는 SAE 표준을 참고하고 있는 규격이다. 수소연료전지자동차와 관련하여서는 1999년부터 수소연료전지에 대한 표준과 규격에 대한 준비를 시작하였으며, 현재 수소연료전지자동차의 안전성과 성능 분야 등에 대해 여러 규격

을 마련하고 있다.³⁾

연료소비율과 관련한 규격은 수소연료전지자동차의 용어에 대한 정의인 J2574 "Fuel Cell Vehicle Terminology" 와 연료 품질에 대한 규격인 J2719 "Information Report on the Development of a Hydrogen Quality Guideline for Fuel Cell Vehicles" 와 측정방법을 규정하고 있는 J2572 "Recommended Practice for Measuring Fuel Consumption and Range of Fuel Cell and Hybrid Fuel Cell Vehicles Fuelled by Compressed Gaseous Hydrogen" 이 있다.

수소연료전지자동차 연료소비율 측정방법인 J2572는 최종안이 2006년 8월에 제정되었는데, 이를 기반으로 관련 연구와 ISO 표준제정을 위한 활동이 이루어지고 있는 규격이라 할 수 있으며 그 세부내용에 대해 간략히 살펴보면 다음과 같다.⁴⁾

- 측정대상 : 순수 압축수소가스 사용 연료전지 및 하이브리드 연료전지 자동차
- 주행모드 : UDDS, HFEDS
- 측정목적 : 연료소비율(kg/km), 주행거리(km)
- 측정방법 : 온도 및 압력 측정, 질량 측정, 유량 측정 중 선택
- 장비정도 : 지시값의 $\pm 1\%$
- 결과산정 : 시험 전 후의 질량 변화량
- 기 타 : 하이브리드 연료전지 자동차의 경우 SOC 보정 여부 판단

2.3.2 ISO 측정방법

ISO의 경우 수소연료전지자동차 표준 제정을 위해 기술위원회인 TC22에 분과위원회인 SC21을 두어 표준제정 활동을 하고 있다. 전기자동차에 대한 분과위원회인 SC21은 독일에서 의장국을 맡고 있으며, 그 중 WG1에서는 자동차 운행 조건, 안전 및 에너지 저장소 설치, WG2에서는 자동차 성능 및 에너지소비 측정 방법에 대한 표준 제정 활동을 하고 있다.

WG2에서 수행하고 있는 수소연료전지자동차 연료소비율 측정 방법의 경우 ISO/CD 23829-1 "Pure Fuel Road Vehicles - Energy consumption measurement - part 1 : Using compressed hydrogen"에서 논의가 되다 기존의 23829-1을 취소하고 2007년 1월 ISO/DIS 23828-1 "Fuel Cell Road Vehicle - Energy consumption measurement - part 1 : Vehicles fuelled with compressed hydrogen"으로 제목이 변경되어 검토되고 있으며, 현재까지의 표준화 진행사항은 최종 국제규격(안) 발간을 위한 초기단계인 Stage:60.00('08.04.07 현재) 상태이다.

ISO 23828는 외부 충전이 없는 순수 압축수소가스를 사용하는 수소연료전지자동차를 대상으로 하는 시험방법으로 본문에는 SAE J2572를 기본 골격으로 하는 시험 환경, 조건, 측정 방식, 보정 등에 대해 정의하였으며, 부록에 일본, 유럽, 미국의 자동차 연료소비율 측정방법 및 수소 사용량 측정을 위해 제안되는 압력, 질량, 전류 측정 방법과 기타 사항 등에 대해 규정하고 있다.

이는 ISO의 규격이 정확한 측정을 위한 표준을 정하는 규정이므로 기본적인 측정 조건과 방법의 설정 후 각국의 시험방법에 맞게 적용하도록 여지를 남겨두었다 할 수 있다.

3. HFCV 연료소비율 측정방법 연구 동향

SAE J2572와 현재 표준화가 진행되고 있는 ISO 23838의 경우 수소연료전지자동차의 연료소비율을 측정하기위한 시험 모드는 기존의 화석연료를 사용하는 내연기관 자동차들과 동일한 모드를 사용하도록 하고 있다. 그러나 연료 사용량의 측정을 위해서는 기존의 자동차 연료소비율 측정 방법인 탄소균형법(Carbon Balance Method)을 사용하지 못하는 문제가 발생한다. 이에 따라 수소 사용량의 측정을 위해 SAE와 ISO에서는 수소 탱크의 측정 전 후 온도 및 압력 측정, 측정 전 후 질량 측정, 측정 기간 동안의 유량 측정과 같은 세 가지 방법이 제시되고 있으며, 그 외에 수소연료전지로부터 생산되는 전류의 양을 측정하여 수소의 사용량을 산정하는 방법 등이 있다.

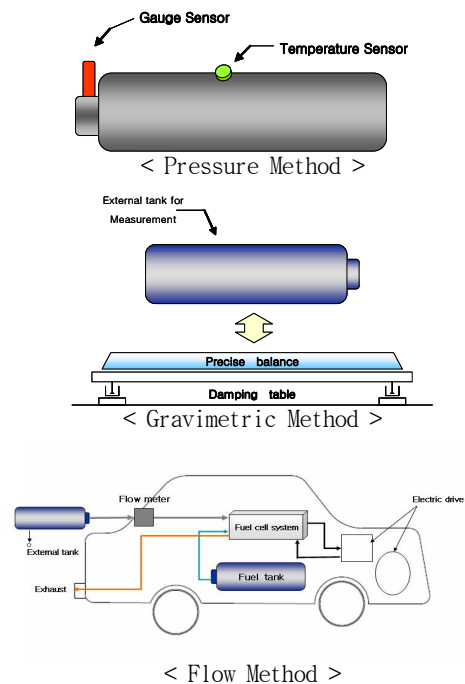


Fig. 4 수소 사용량 측정 방법

따라서 현재까지의 연구는 이들 측정방법을 다양한 차종에 적용하고, 보다 정밀한 측정을 위한 장치의 구성과 계산 방법의 개발, 안정적인 측정을 위한 다양한 검증과 새로운 장치의 개발과 같은 분야에서 연구가 진행되어지고 있다고 할 수 있다.

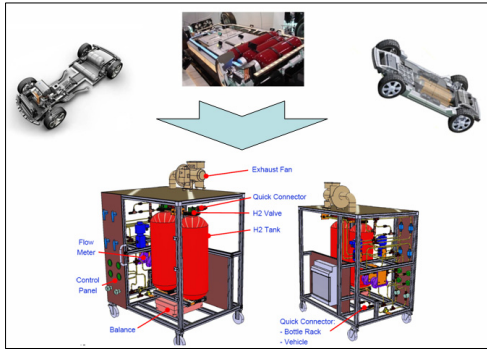


Fig. 5 수소 사용량 측정장치 구성 예

그러나 SAE나 ISO의 측정방법은 시험자동차 내부에 장착되는 수소 탱크를 사용하지 못하고 외부의 별도의 수소 탱크에서 수소의 공급이 이루어져야 하는 경우가 발생하게 되어 외부 연료공급을 위한 시험자동차의 개조와 조정 문제가 야기될 수 있어 최근에 들어서는 이들 측정방법 외에 수소연료전지자동차에서 수소와 결합되어 사용되고 남아 배출되는 산소의 양을 측정하여 기존의 탄소균형법과 유사한 방식으로 수소사용량을 산정하는 “산소균형법(Oxygen Balance Method)”이 일본에서 연구되고 있다.⁵⁾

4. 결 론

수소연료전지자동차의 연료소비율 측정방법은 현재까지 제정된 규격으로서는 SAE의 규격만이 있으며, ISO에서 준비중인 표준의 경우 그 근간을 SAE의 규격에 두고 있다. 한편, 아직까지 세계기술규정(GTR)에 까지 진행하기에는 조금 더 많은 시간이 필요하리라고 사료된다.

이에 따라 이번 수소연료전지자동차 연료소비율 측정방법에 대한 기준 동향 및 연구 사례 조사를 통해 우리나라의 기술과 상황에 맞는 측정방법 도출을 위한 방향을 설정하고 세계기술규정 제정에 참여할 수 있는 국내의 수소연료전지자동차 연료소비율 평가 기술을 도출하기 위한 기초자료로 활용할 수 있으리라 사료된다.

후 기

본 연구는 한국건설교통기술평가원의 교통체계효

율화 사업중 “수소·연료전지자동차의 안전성 평가기술 개발”에 대한 연구 일환으로 수행되었습니다.

References

- [1] Marthin Schüssler, 2005, "European Fuel Cell Vehicles Technologies Validation" Feb. 25th 2005, Wrorshop : Regulations, Codes and Standads for H2/FC Technologies
- [2] George P. Hansen, 2007, GM' s Fuel Cell Electric Vehicle Development and Thoughts on Commercialization” , October 23rd 2007 IEA/IPHE Workshop
- [3] Van den Bossche PeterGeorge, Van Mierlo Joeri, Timmermans Jean-Marc, Matheys Julien, Maggetto Gaston, Vergels Fredrric, 2006, "Evolutions in Hydrogen and Feul Cell Standardization : The HarmonHy Experience", WEVA Journal, Vol. 1, 2006
- [4] SAE J2572 “Recommended Practice for Measuring Fuel Consumption and Range of Fuel Cell and Hybrid Fuel Cell Vehicles Fuelled by Compressed Gaseous Hydrogen “, 2006,SAE International
- [5] Eiji Juroda, Masaru Yano, Noboru Yoshimura, Hisao Tagami, Shogo Watanabe, Masafumi Sasaki, 2008, "Calculation of Hydrogen Consumption for Fuel Cell Vehicles by Exhaust Gas Formlation", 2008 SAE World Congress