

수소 에너지 정책의 세계동향 및 수소 압축기의 특허분석

심 규 진[†], 공 태 우^{*}, 이 용 훈^{*}, 정 한 식^{**}, 정 효 민^{**}

^{*}경상대학교 대학원 정밀기계공과, ^{**}경상대학교 기계항공공학부

A World Trend of Hydrogen Energy Policy and Patent Analysis on the Hydrogen Compressor

Kyu-Jin Shim[†], Teo-Woo Kong^{*}, Yong-Hun Lee^{*},
Han-Shik Chung^{**} and Hyo-Min Jeong^{**}

[†]Graduate School, Department of Mechanical and Precision Engineering, Gyeongsang National University, Tongyeong 650-160, Korea

^{**}School of Mechanical and Aerospace Engineering, Gyeongsang National University, Tongyeong 650-160, Korea

ABSTRACT: Nowadays, study about hydrogen fuel which consist of hydrogen extraction process, reforming, fuel cell equipment, and receptacle are flourish all over the world. Currently, Korea hydrogen station is still underdevelopment. Yet the most important part such as hydrogen compressor has not been develop. Therefore, if the high pressure compressor for hydrogen have been developed by domestic technology. In the future many benefit can be gain instead of importing. Such as many hydrogen station can be built in Korea, and also Korea will be able to provide hydrogen system for worldwide. This study is going to analysis hydrogen compressor in order to store high pressure hydrogen. This is almost approach practical use of the hydrogen storage method.

Key words: Hydrogen(수소), Piston compressor(왕복동식 압축기), Fuel cell vehicle(연료전지자동차), Patent(특허)

1. 서론

수소에너지는 장차 국가적으로 에너지자원의 대외 의존도를 낮추고 에너지 안보 및 에너지경제 체제를 확보함과 동시에 교토의정서 발효에 의한 대기오염(SOx, NOx) 및 온실가스를 획기적으로 저감시킬 수 있는 대체에너지로서 범국가적으로 추진하고 있다. 수소에너지 인프라 시스템 구축의 일환으로 자동차용 에너지 발생장치인 연료전지에 수소공급과 자동차 충전용 수소스테이션의 핵심기체인 고압용(35MPa급) 수소압축기를 개발하여 수송에너지에 의한 대기환경 문제를 현저히 줄일 수 있을 것이며, 수소경제 활성화에 적극 기여할 수 있는 막대한 잠재력을 가진 기술이다.

수소·연료전지 자동차의 시장은 2005~2010년 동안 전세계적으로 5~10만대 정도가 보급되고 2030년대에는 매년 5,000만대가 생산되어 세계 수요의 10%를 차지할 것으로 전망하고 있다.^{1,2)}

전 세계는 수소에너지 개발에 전력을 다하고 있다. 미국은 1990년 수소연구 개발법안을 본격 통과하여 요소기술을 개발하였다. '96년에는 미래 수소 법에 따라 수소의 생산, 저장, 이용 등에 관한 연구개발을 추진하여 1996년부터 2001년 까지 1억 6,400만불을 투자하였다.

한편 2025년까지 단기(~2005년)/중기(~2010년)/장기(~2025년)로 기간을 나누어 수소 도입 목표를 정량적으로 제시하고 있는데 2025년 전체 에너지 공급량의 10%를 태양 등 재생가능에너지로부터 제조된 수소의 공급을 목표로 하고 있다.

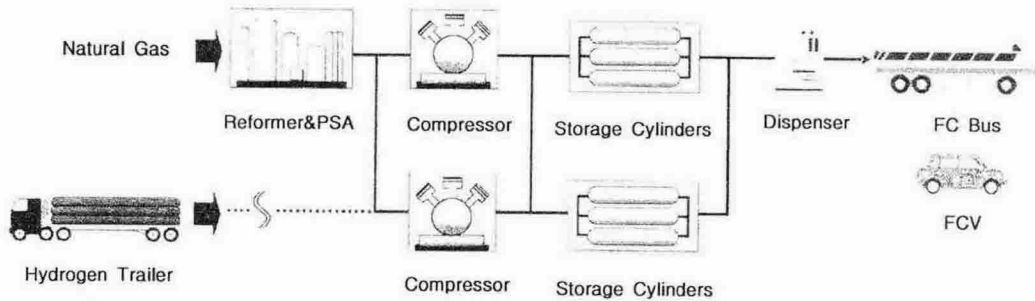


Fig. 1 Schematic diagram of Hydrogen Station

독일은 [German Hydrogen Project]를 97년부터 추진하였는데 '97년도 2,500만~3,100만 DM 투자를 하여 뮌헨공항의 차량 수소화 프로젝트를 추진하고 있다. 아일랜드는 2001년까지 수소연료전지 자동차를 개발하고 2015년까지 석유소비를 전부 대체한다는 계획을 추진 중이다. 일본은 수소 이용 국제 클린 에너지시스템 기술개발을 위해서 1993년부터 2020까지 24억불을 투자할 계획이다.

외국의 기술개발은 기존의 기술 활용과 사용에 대한 시장도입성이 용이 하도록 하고 있다는 점이다. 또한 환경개선 효과가 큰 수소자동차의 개발 도입에 중점을 둔다.³⁾

우리나라의 경우에도 수소경제체제에 돌입하기 위한 범국가적으로 다양한 정책들을 제시하고 운영하고 있다. 1차적으로 우리나라에서는 10개소의 수소스테이션을 계획하고 있다. 수소 스테이션의 연료전지를 이용한 수송용 차량에 연료전지의 연료원인 수소를 공급하기 위한 시스템이다. 이 시스템에서 주변 장치에 대해서도 중요하겠지만 가장 핵심적인 부분은 고압으로 수소를 압축하여 저장하기 위한 압축기가 기술력의 70%이상을 차지한다고 해도 과언이 아닐 것이다.

현시점에서 수소에 관한 전 세계적인 연구의 추세는 수소의 생산, 개질, 연료전지의 개발, 고압 수소용 용기 등에 주력을 이루고 있는 실정이다. 이에 본 연구에서는 이러한 수소 저장방법 중에서 현재 실용화 단계에 접어든 고압 수소 저장을 위한 압축기의 동향을 분석하고자 한다.

현재 우리나라의 경우에는 수소 스테이션을 구축하고자 하지만 가장 핵심적인 부분인 압축기의 개발이 전무한 상황이다. 따라서, 수소 고압 충전용 압축기를 국내 기술로서 개발이 이루어진다면 향후 수소 스테이션의 증설시 국내의 순수

한 기술에 의한 수입대체효과와 함께 전 세계적으로 판매 인프라를 구축할 수 있을 것으로 생각된다.^{4,5)}

2. 기술 동향

2.1 국내 기술개발 동향

국내의 경우 수소스테이션 구축을 위한 연구개발이 본격적으로 진행된 바는 없으며 스테이션 구성을 응용될 수 있는 개질기 연구로서 산업 현장에서 필요한 수소발생장치를 위한 것 외에 최근 들어 연료전지와 연계된 소형 연료개질기로서 수 kW급의 정치형 연료전지 시스템이나 자동차용 연료전지를 위한 수소 공급 장치로서 개발이 진행되고 있다.

한국과학기술연구원에서는 “다연료 개질기의 개발”에 대한 기초연구를 2000년부터 수행해오고 있으며, 한국에너지기술연구원에서는 “주택용 5kW급 고분자 연료전지를 위한 천연가스 개질기 시스템 개발” 연구를 1999~2001년 까지 수행하고 연료전지와 연계운전을 통하여 성능을 입증하였다. SK(주)에서는 자동차용 연료전지 개질기로서 “연료전지 하이브리드 자동차용25kW급 메탄올 개질기 연구”와 “메탄올 개질기를 이용한 고순도 수소제조공정 연구”를 2000~2002년에 수행하였다.

국내에서는 수소스테이션 시스템 전체에 대한 엔지니어링 설계 경험이나 요소 공정기술의 개발 경험이 취약한 실정이며 대용량 산업용 수소 제조 공정(암모니아, 메탄올, 석유정제 등)위주의 기술이 확보되어야 할 것이다. 또한 수소를 저장하기 위한 고압압축 저장 및 주입(dispenser)관련

주변기술(compressor, storage tank, 고압밸브)은 거의 전무한 상태이다.

2.2 선진국의 기술개발 동향

1) 미국의 US DOE Program

수소에너지 시스템 구축을 위한 미 연방 차원의 국가 프로젝트로는 Freedom CAR & Vehicle Technology Program과 Hydrogen, Fuel Cell & Infrastructure Program이 현재 진행 중이다. 그리고 두 프로젝트의 성격상 상호간의 긴밀한 협조가 필요하며 2012년 까지 수소자동차의 시장진입을 최종 목표로 하고 있다.

2004년부터 2008년까지 정부와 군 위주의 차량군 시범운용을 목표로 하며 차량 500대 규모 수소스테이션 5~10개소를 도입할 예정이다. 2008년부터 2012년까지는 상용화 여부 판단시험과 수요자 편의를 위한 규모의 스테이션 도입이 목표이다.

그리고, 2012년까지 수소 자동차 5000대를 공급하고 20~30개소의 스테이션 도입으로 수요자의 이용 편의성 향상을 시도하고 있다. 2012년 이후에는 수소 자동차 대량 생산 시설, 판매망 구축, 사후 관리 정비 투자 사업을 진행하고 정부 지원으로 전체수소 공급량의 25~50% 수준의 투자가 계획되고 있다.

2) 일본의 New H₂ Project(Safety technology)

WE-NET 프로그램의 후속 프로그램으로서 New H₂ Project가 NEDO의 주관으로 추진 중에 있으며 2003년 4월 시작되어서 2007년 말까지 진행될 예정이다. 기본 추진목적은 수소 연료전지 자동차를 2005년도 까지 시장에 진입시키기 위한 기반 확충을 하고자 함이며 총 요구예산은 25억 불이다. 주 연구 분야로는 수소사용시 규제, 코드 및 표준확립을 위한 안전성 평가 및 실증, 수소 인프라와 관련된 컴프레서, 700 기압용 수소실린더 개발, 전자기기용 마이크로 연료전지 등을 진행 중이다.

JHFC 실증 프로젝트 경제산업성(METI) 산하의 FCCJ(fuel cell commercialization conference of Japan, 133개의 회원사로 구성), JEVA (Japan electric vehicle association) 그리고 ENAA

(engineering advancement association of Japan)가 참여하여 연료전지 자동차 및 이의 인프라 구축을 위한 수소스테이션 프로젝트를 단기간에 실증하기 위함이다.

Table 1 Hydrogen Station of Japan

program	production capacity	feedstock	process	location
WE-NET	30m ³ (nor)/h	natural gas	steam reforming	Osaka
JHFC	100m ³ (nor)/h	natural gas	STR/PSA	Seto-South
	30m ³ (nor)/h	natural gas	STR/PSA	Ome
	10,000 ℓ	liquid hydrogen	form coke oven gas	Ariake
	30m ³ (nor)/h	methanol water solution	steam reforming	Kawasaki
	50m ³ (nor)/h	naphtha	steam reforming	Asahi
	50m ³ (nor)/h	hydrogen cylinders	compressor	relocatable
	30m ³ (nor)/h	desulfurize gasoline	STR/PSA	Daikoku
	50m ³ (nor)/h	LPG	STR/PSA	Senju
	100m ³ (nor)/h	Coke oven gas	COG purification	Seto-Nouth
	2,030m ³	product hydrogen	compressed hydrogen	Tsurumi
	50m ³ (nor)/h	kerosene	STR/PSA	Hadano
	30m ³ (nor)/h	water and electricity	water electrolysis	Sagamihara

연료전지의 경우 JEVA가 주관하며 GM, Daimler - Chrysler, Toyota, Honda, Nissan 의 5개 자동차 회사와 GARI(Japan Automobile Research Institute)가 참여하고 있다. 수소스테이션 실증에는 ENAA 가 주관하여 Cosmo Oil, Nippon Oil, Iwatani/Showa Shell Sekiku, Tokyo Gas/Nippon Sanso, Air Liquide Japan, Nippon Steel 등 23개 업체가 참여하고 있으며 동경 및 요코하마에 12개의 실증용 수소 스테이션이 건설 완료 혹은 건설 중에 있다. 위 Table 1은 일본의 수소스테이션 실증 사업을 나타내고 있다.

3) EU의 CUTE

유럽연합은 CUTE(Clean Urban Treansport for Europe)를 실행하여 9개 도시에서 27대 연료전지 버스를 운용하며 각 도시별로 수소 스테이션을 건설, 운용하여 실증중이다. 수소 스테이션은 화석연료 리포밍에 의한 수소 생산법과 수전해법을 병행하여 실시하고 있으며, Luxemburg 시의 경우 메탄올 수증기 개질법을 이용하여 현장 생산

형 수소 스테이션을 구성하고 실증 사업을 수행 중에 있다. ⁶⁻¹¹⁾

3. 기술개발효과

3.1 기술적 효과

수소에 관련한 고압 압축 기술 확보로 여타 가스류의 압축기 관련 기술에의 파급효과가 크며 수소가스시설 인프라구축에 필요한 시스템엔지니어링 설계 기초 기술이 확보된다. 물론 연료전지 자동차 및 수소내연기관 기술의 사용화 기간의 단축과 현재 가솔린 자동차 연비 및 주행거리 수준(500km)으로 기준인 고압수소 충전압력 70Mpa이 필요함으로 압축기 상용화 기초 기술을 확보하게 된다.

수소관련 화학공업 및 신소재 개발등 산업발전에 기여와 핵심소재의 해외 의존도 개발로 관련 부품 소재 기술의 향상도 이루어진다. 고압용 압축기 개발로 광범위한 용도의 개발 가능성과 압축기 진동·소음 해석 및 저감 기술의 확보로 압축기의 신뢰성 및 성능의 향상, 설계 및 제조비용의 절감을 가져올 것이다.

Table 2 Hydrogen market of home and abroad
<Unit : hundred million \$>

year	2004	2007	2012	2020
Home	0.8	1.2	3	26
Abroad	300	400	800	1400

수소가스 자동차용 인프라시스템의 핵심기인 압축기를 국산화가 완료되는 2009년경에는 수소분야의 선진개발국인 일본에 50% 수준으로 기술격차를 줄일 수 있을 것으로 예상된다. Table 2는 산업자원부의 국내외 수소시장 규모 현황을 예측한 것이다.

3.2 경제적 효과

교토의정서 발효이후 세계각국의 환경보호 정책에 따라 수송용 차량의 연료정책이 수소에너지 시스템으로 전환이 빠르게 진행될 것으로 보아 고압용 수소 압축기 수요가 급격히 일어날 것으로 예상되며, 특히 국내에서도 금년 하반기에 경부고속도로에 SK(주), GS 칼텍스 주관하에 실증용 스테이션을 5-10개소 건설한다는 발표가 있는

등 수소에너지 활용에 대한 인프라 구축 필요성에 대한 인식 전환이 빠르게 확산되고 있다. 국내의 경우 2010년 상업화를 목적으로 개발을 추진하고 있는 연료전지 자동차가 국내시장에는 5%점유율을 기준하여 연료전지자동차 매출액이 연간 1조 5천억원, 수입 대체효과 1조원, 수출증대효과 5천억원을 이룬다는 정부 계획이 추진된다면 고압용 압축기의 수입대체 효과는 연간 500억원 이상으로 추정된다.

Table 3 Hydrogen Energy infrastructure & requirement volume

	Supply target	Hydrogen of requirement volume (ton/year)	Note
Hydrogen station	50	1,000	30Nm ² /hr
Distributed power generation system	300	45,000	250KW
Household Fuel cell	10,000	12,800	2KW
Structure Fuel cell	2,000	12,800	10KW
Transport Fuel cell	10,000	1,500	80KW
Total		73,100	
Rate of hydrogen comparison total energy		0.033 %	

※ 출처 : 산업자원부

해외의 경우 2010년 미국내 연료전지 자동차가 50%이상 점유 할 것으로 정책을 추진 중에 있으며 이에 따른 세계 시장의 연료전지자동차 규모는 예상 200억 달러에 이를 것이라는 수요예측을 기준으로 하여 고압용 수소 압축기의 수출증대효과는 연간 10억 달러 이상이 될 것으로 사료된다.

Table 3은 수소에너지를 활용한 기반시설과 요구량을 나타내었다. 정부가 설정한 보급 목표는 현재의 국내 기술 수준을 감안하면 다소 무리수가 있지만 수소에너지에 대한 인프라 구축에 대한 여건형성과 기술개발의 가속화의 필요성에 대한 산업체의 적극적인 참여만이 2012년 수소에너지 총소비량 224 × 10⁶ TOE (석유환산톤)에 맞추어질 것으로 보인다. ¹²⁻¹³⁾

4. 특허분석

수소 압축기 관련 주요 특허 기술 분석을 위한 데이터 베이스 구축을 위하여 웹스(WIPS)사의 웹스DB(전세계 통합 특허검색 시스템)과 특허기술정보원의 특허기술정보센터(www.kipris.or.kr)를 활용하였다. 기술 분석 데이터 베이스에서 특허의 초록을 검색하고, 명세서 원문 및 등록특허 여부를 추가로 조사, 확인하였다.

Table 4 Results of raw data filtering process

Nation	Data	Number of Patent
Korea	Raw	148
	Available	102
USA	Raw	316
	Available	276
Japan	Raw	477
	Available	447
EP	Raw	145
	Available	127
Total	Raw	1086
	Available	952

특허조사는 출원년도를 기준으로 1986년 10월부터 2005년 9월까지 최근 20년간 조사하였으며, 한국, 미국, 일본, 유럽을 분석대상 국가로 선정하였다. 특허 조사는 공개 특허와 등록특허를 대상으로 하였다. 한국, 미국, 일본, 유럽의 특허기술 검색결과는 총 1086건이었다. 전체 특허를 대상으로 Hydrogen과 compressor를 검색어로 하여 수소압축기 관련기술(수소압축기, 수소 연료전지 자동차, 연료전지, 수소가스의 제조 방법 및 활용방안)를 도출하였으며, 중복특허를 정리하고 기술 분류체계에 따라 유효 데이터를 선별 및 분류하였다. 기술 분류과정에서 기술의 명칭과 초록 및 명세서 내용을 검토하여 노이즈를 제거하였다. 노이즈는 검색용어 Hydrogen과 compressor를 포함하고 있지만 수소압축기의 관련기술이 아닌 자료를 의미한다. Table 4은 수소압축기 관련 데이터현황을 나타내었다.

Fig. 2는 한국, 미국, 일본, 유럽의 수소압축기 관련 특허를 년도 별로 분류하였다. 수소 & 연료전지 분야에서 세계 최고의 기술력을 보유한 일본은 아래 그래프에서 보는 것과 같이 가장 많은 빈도의 특허출원을 보인다. 미국 또한 90년대를

기점으로 많은 특허출원을 양상을 보이며 한국과 유럽은 비슷한 특허출원 비중을 나타내지만 한국은 최근 3-4년간 특허출원의 상승세를 볼 수 있다.

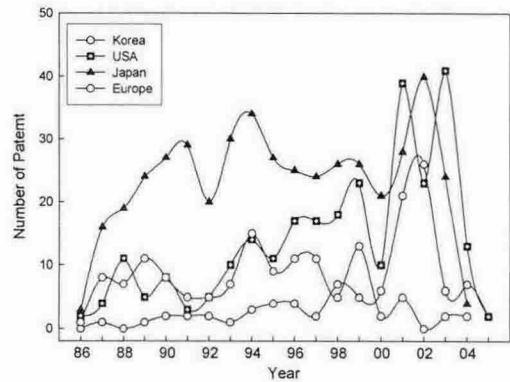


Fig. 2 Number of patent for each country

Fig. 3~6은 특허조사 결과의 점유도와 이에 따른 각국의 점유도를 나타낸 것이다. 수소 제조방법 및 활용방안, 연료자동차 및 전지, 수소 압축기 3분류로 나누어 분석하였다.

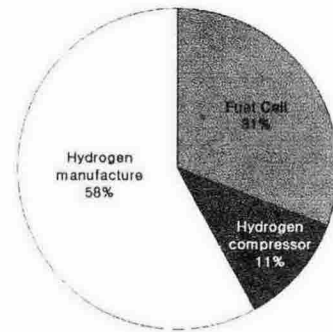


Fig. 3 Rate of patent since 1986

수소자동차의 수소공급과 저장을 위한 수소제조 방법 및 활용방안이 58%로 가장 많은 특허 출원을 보였고, 연료전지 자동차 및 연료전지관련 분야 특허출원이 31%, 수소압축기는 11%의 특허출원율을 나타내었다. Fig. 4는 각국의 수소압축기의 특허출원 빈도를 보면 미국, 한국, 유럽보다는 수소관련분야의 선진국인 일본으로 치우쳐진

것을 볼 수 있다. 연료전지와 수소 제조관련 특허의 각국 점유도를 나타낸 Fig. 5, 6 또한 일본의 특허출원이 많은 비중을 차지하고 있다는 것을 알 수 있다.

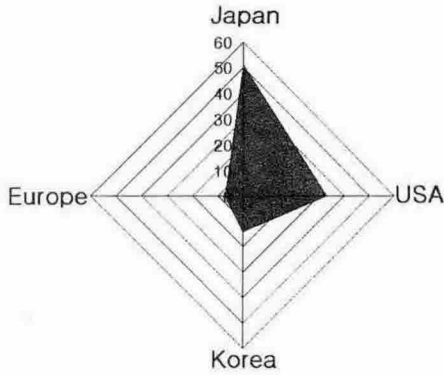


Fig. 4 Patent share of hydrogen compressor

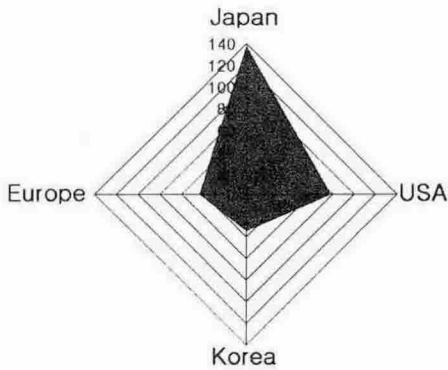


Fig. 5 Patent share of fuel cell

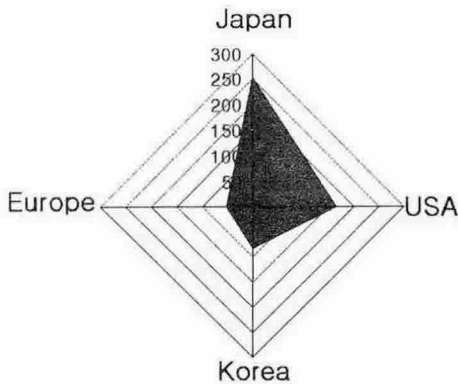


Fig. 6 Patent share of hydrogen manufacture

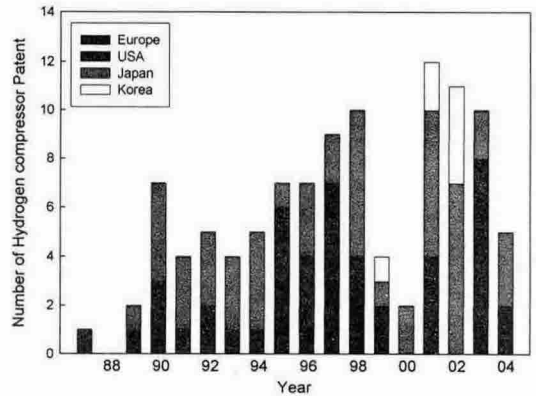


Fig. 7 Number of Hydrogen compressor Patent

Fig. 7은 각국의 수소압축기 관련 특허출원을 년도별로 분류하여 나타내었다. 952건의 특허중 수소압축기 관련 특허수는 105이다. 현재 수소스테이션 및 연료전지 자동차의 시험운행 프로젝트를 진행하는 일본이 51건의 특허출원으로 수소압축기 분야에서도 다른 국가들보다 많은 특허출원 빈도를 보이고 있다. 그 뒤를 33건의 미국이 따르고 있으며 한국은 90년대 후반을 시작으로 7건의 특허출원을 하였다.¹³⁻¹⁵⁾

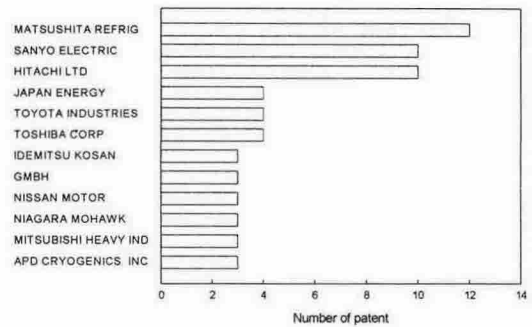


Fig. 8 hydrogen compressor patent of classified by enterprise

Fig. 8은 전체 특허출원을 기업별로 분류하였다. 한국, 일본, 미국, 유럽의 수소 압축기 관련 특허 105건 중 출원비율이 많은 상위 12개 기업을 나타내었다. 이 중 일본은 10개 기업, 유럽과 미국은 각각 1개의 기업이 출원을 하였다. 일본기업의 수소압축기관련 특허출원비중은 77%로 나타났다. 한국의 수소압축기 관련 특허 7건중 LG전자 5건, 일본인 1건, I&C 1건으로 이루어져 있

고 이중 LG전자의 특허출원 5건중 4건이 냉동기 관련 압축기이며, 1건만이 수소관련 특허로 출원되었다.

5. 결론

(1) 수소에너지 시스템에 대하여 각 국가의 국가 프로그램으로서 미국은 US DOE Program, 일본은 New H₂ Project, 유럽은 CUTE를 각각 운영하고 있다.

(2) 2009년을 기준으로 한국의 수소 분야에 대한 기술격차는 일본의 50% 수준으로 예상되며, 미국은 2010년 연료전지 자동차를 50%이상 점유율을 목표로 정책을 추진 중에 있다.

(3) 각국의 수소압축기 관련 특허를 분석한 결과 수소관련 기술을 최다 보유한 일본이 477건, 미국이 그 뒤를 이어 316건으로 나타났다.

(4) 수소 압축기 특허 검색을 통한 분야별 관련 기술 점유도는 수소가스의 제조방법 및 활용방안이 58%, 연료전지 31%, 수소압축기 관련 특허가 11%로 보아 각국은 수소사회의 선행과제인 수소가스의 개발 및 생산에 많은 투자하고 있다.

(5) 수소압축기 관련 특허 출원을 기업별로 분류하면 상위 특허출원 12 기업 중 일본은 10개 기업, 유럽과 미국은 각각 1개의 기업이 특허 출원을 하였다.

후 기

본 연구는 산업자원부 중점기술개발사업(과제번호 10024348100200), 지역혁신인력양성사업(과제번호 PS-035)과 경상대학교 NURI 사업단의 지원으로 이루어졌으면 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. J. Man, 2003, "하이브리드자동차 기술동향(도요타하이브리드시스템-II를 중심으로)", KISTI, 기술동향분석보고서.
2. J. W. Kim, 2004 "수소에너지 국내외 정책 및 기술동향과 가스 산업의 역할", The Gas Safety Journal, Special Edition.
3. D. Y. Sin, 2002, "수소·연료전지 기술개발의

중요성", No. 23, Korea Institute of Energy Research, ETIS 분석지

4. J. D. Kin, 2002, "수소에너지의 기술정책", KISTI, 기술동향분석보고서.
5. J. S. Gwon, 2004, LNG 냉열이용 수소액화 및 저장", KARSE, 설비/공조·냉동·위생.
6. S. G. Lee, 2004, "연료전지차량용 수소저장시스템 부품 개발 및 SI 기술개발", 제1회 고효율 수소에너지 제조·저장·이용 기술개발 사업단 논문집.
7. K. S. Shim, 2002, "국내 부생수소 현황과 수소 유통인프라", The Korea Hydrogen & New Energy Society, Vol. 13, No. 3, pp. 70~78.
8. J. W. Kim, 2004, "고효율 수소에너지 제조·저장·이용기술개발사업단 1차년도 연구현황", 과학기술부, 21세기 프론티어 연구개발 사업.
9. S. A. Hong, 2005, "우리나라 수소·연료전지의 현재와 미래", 국회 신·재생에너지정책 연구회, 신·재생에너지 정책포럼
10. J. S. Go, 2004, "신재생에너지 정책 현황 및 방향", 수소·연료전지 공동 심포지엄 2004 특별강연
11. S. W. Kim, 2004, "수송용 연료전지 스틱의 개발 현황 및 향후 과제", 수소·연료전지 공동 심포지엄 2004 논문집
12. 한국에너지기술연구원(<http://www.kier.re.kr>)
13. 한국수소 및 신재생에너지협회
(www.hydrogen.or.kr)
14. 특허기술정보센터(www.kipris.or.kr)
15. 특허 종합정보서비스(www2.wips.co.kr)