

Patent Trends of Carbonaceous Materials for Hydrogen Storage: Quantitative Analysis

Soo-Jin Park^{1,▲}, Byung-Joo Kim² and Young-Seak Lee³

¹Dept. of Chemistry, Inha Univ., 253 Nam-gu, Incheon 402-751, Korea

²Dept. of Green Chemistry & Environmental Biotechnology, Univ. of Science and Technology, P.O. Box 107, Yuseong, Daejeon 305-600, Korea

³Dept. of Fine Chemical Engineering and Chemistry, Chungnam National Univ., 220 Kung-dong, Yuseong, Daejeon 305-764, Korea

▲e-mail: sjpark@inha.ac.kr

(Received June 16, 2007; Accepted August 21, 2007)

1. 서 론

최근 산업이 고도화됨에 따라 화석연료의 사용량이 현저하게 증가하게 되어 지구 온난화, 산성비 등의 문제가 크게 대두되고 있다. 이에 따라 화석연료를 대체할 수 있는 새로운 환경친화적인 에너지원의 개발이 절실히 요구되고 있는 실정이다. 현재 부각되고 있는 대체에너지원으로는 조력, 태양열, 지열, 풍력, 해양에너지 등 자연에너지와 물을 원료로 하는 수소에너지이다[1-7]. 그 중 수소는 지구상에 풍부하게 존재할 뿐만 아니라 수소를 연소시키면 열에너지로 변환 가능하며, 내연기관을 이용하면 기계에너지로 만들 수가 있다. 또한 수소는 연소과정 중 무공해인 물로 되돌아간다는 장점이 있어, 상기 에너지 문제와 환경문제를 동시에 해결할 수 있는 이상적인 친환경 청정에너지로 다양한 응용분야에서 그 중요성이 부각되고 있다[1, 8, 9]. 현재까지 개발된 수소저장 방법으로는 액체수소저장방법, 기체수소저장방법, 그리고 수소저장합금의 형태로 저장하는 방법이다. 이중 액체수소저장법은 극저온의 온도가 필요하며, 수소저장합금의 경우 가역적 수소저장에 어려움이 있다. 기체수소저장법의 경우 고압 수소가스를 사용할 경우 300 기압 이상의 초고압이 필요하게 되어 안전한 수소저장을 위한 상온저압 수소저장기술의 필요성이 부각되었다. 이와 같은 기존의 수소저장법의 문제를 해결하고자 새롭게 관심이 집중되는 방법이 다공성 재료를 이용한 물리흡착(또는 흡장)법이다[3, 6, 10, 11]. 물리흡착의 경우 상온에서 비교적 낮은 압력하에서 수소의 저장이 가능하며, 무엇보다 수소저장반응이 완전한 가역반응이기 때문에 반영구적인 역할 수행이 가능하며, 이러한 물리흡착을 이용한 수소저장 물질 가운데 순수 탄소재료 및 이의 복합체를 이용한 수소저장법이 활발히 연구되고 있다(현재 국내외 탄소재료를 이용한 수소저장은 미국 에너지성(DOE)의 달성 목표치인 상온 100기압에서 실 저장량 6.5 wt.%를 2010년 까지 개발하고자 한다.)

탄소재료는 단일의 원소로 구성되어 있음에도 불구하고, 결합의 형태가 다양하며, 화학적 안정성, 전기 및 열전도성, 고

강도, 고탄성율, 생체친화성 등의 우수한 특성을 가진 우수한 재료이다. 더불어 기존의 수소저장방법에 비해 안전하고 가벼울 뿐만 아니라 저장비용이 낮은 장점이 있으며, 안정성 높고 재활용이 가능하여 친환경적이라는 큰 장점을 가지고 있다. 탄소재료의 표면 특성은 bulk 특성과 같은 구성 원소 간에 작용되는 모든 요소뿐만 아니라 추가로 free surface라는 독특한 환경에서 나타나는 상호작용의 종합적인 결과에 의해 결정된다. 따라서 이러한 상호 작용력이 발현되도록 하는 기능성들을 표면에 도입함으로써 소재의 표면특성을 조절할 수 있다. 더불어 탄소재료를 일련의 활성화 과정을 거칠 경우 타 재료와 비교할 수 없는 높은 비표면적을 가진 초다공성 재료로서 탈바꿈이 가능하다. 이렇게 형성된 다공성 구조는 수소와 같은 기체의 흡착에 종래부터 사용되어 왔으며, 이러한 기공구조의 제어와 탄소표면의 특성제어를 통해 선택적인 가스의 저장 및 저장량의 제어가 가능하다. 따라서 해당분야의 원천기술 및 특허권을 선점하기 위해서는 세계 각 연구진의 연구동향과 연구결과에 대한 철저한 분석과 함께 향후 연구개발 방향을 수립하기 위한 특허 기초 데이터가 절실히 요구된다.

본 총설은 수소저장용 탄소재료와 관련된 각 기술분야별 경쟁 연구진의 특허 출원동향을 분석하여 경쟁 연구진의 핵심 개발 분야 및 최근 개발 동향을 파악을 목표로 한다. 나아가 선행 특허들의 동향 분석을 통하여 효과적으로 향후 연구개발 방향을 수립함과 동시에 확보 가능한 지적재산권의 영역을 정하고 연구력을 집중하여, 향후 개발된 연구 및 기술에 대한 유효성을 판단하는 동시에 향후 분장 가능성에 대비함에 목표를 두었다. 이를 위해 경쟁 연구진 특허 중 중요특허를 추출하고, 새로운 기술의 도입 또는 기술협력을 통하여 국내 연구진의 기술개발 방향에 활용함으로써 영향력 있는 특허의 효율적 확보를 돕고자 한다. 또한 그 동안 이루어진 수소저장용 탄소재료 개발에 관한 특허 기초 데이터를 제공함으로써, 국내 유관 연구진이 수소저장용 탄소재료의 회피특허 출원 및 원천기술 특허 확보를 통하여 기술적 우위를 선점 할 수 있도록 돕고자 한다.

2. 특허 분석 방법

본 총설에서는 양적인 통계를 의미하는 정량분석과 각 특허가 갖는 기술적인 내용을 의미하는 정성분석으로 나누어 분석을 시행하였다. 정량적 분석을 위해 각 특허를 출원연도별, 국가별, 소재별 및 출원인별로 분류하여 각 부문별 특허건수, 점유율 및 증가율 등으로 구분하여 분석을 수행하였다. 이 자료를 기초로, 세계 기술 환경과 우리의 수준을 살펴보고, 수소저장용 탄소재료 개발 분야에서 세부 기술 분야별 연구개발 현황과 주요리더를 살펴봄으로써 연구개발에 필요한 객관적인 기초자료를 제시하였다. 정성적 분석으로는 수소저장용 탄소재료의 주요출원인 및 중요특허를 이용하여 그 사례를 몇 가지로 심층 분석하였으며 중요분야에 대한 기술의 흐름을 파악하고, 중요특허를 선정하여 요약정리 및 핵심특허를 파악하였다. 수소저장매체로서 탄소재료에 특징이 있는 특허를 중요특허로 선정하였으며, 전지, 저장장치 등의 적용분야에 특징이 있는 특허는 본 총설에서 제외하였다.

본 총설에서는 수소저장용 탄소재료와 관련된 한·미·일·유럽 특허를 332건을 추출하여 특허맵을 작성하였으며, 2007년 4월까지 탑재된 특허를 기초로 분석하였다. 정량분석 구간은 공개시점을 고려하여 출원일 기준 2004년 12월까지의 특허를 대상으로 하였다. Table 1은 각국 특허 데이터의 분석 범위를 나타낸 것으로 한국, 일본, 유럽의 경우 출원일을 기준으로 18 개월이 경과된 후에 출원관련정보를 대중에게 공개하고 있기 때문에 05-06년도의 특허출원 자료는 본 고에서 제외되었음을 밝힌다.

본 총설에서 지칭되는 수소저장용 탄소재료는 활성탄소(AC: Activated carbons 또는 activated carbon fibers), 흑연(G: Graphites 또는 다이아몬드), 탄소나노튜브(CNT: Carbon nanotubes), 탄소나노섬유(GNF: Carbon nanofibers 또는 Graphite nanofibers), 풀러렌(F: Fullerene), 범용(WS) 및 기타(B)의 7개 분야로 분류하였다. 상기 범용분야는 탄소재료로서 특정 물질자체, 예로서 활성탄, 탄소나노튜브 등에 특징이 있는 것이 아니라, 복수개의 탄소재료 중 1종 또는 1종 이상 선택할 수 있는 기술 분류를 의미하고, 기타 기술 분야는 상기 6개 분야에 속하지 않는 탄소재료, 새로운 형태의 탄소재료 또는 특허 명세서상에 탄소재료의 구체적인 언급이 없는 기술 분류를 의미한다. 따라서, 상기 범용 기술 분류 때문에,

Table 1. 각국 특허 데이터 분석 범위

자료 구분	국가	분석구간	분석대상 특허
공개특허	한국	~ 2004.12 (출원일기준)	50
	일본		197
	유럽		29
등록특허	미국	~ 2006.12 (등록일기준)	56
합계			332

이후 특허 분석과정상에 어떤 특정 분야에 특허출원 또는 특허등록이 수치적으로 나타나지 않았다고 하더라도, 그 분야에 특허활동이 전혀 이루어지지 않음을 의미하는 것이 아님을 명시한다.

3. 특허 정보 분석

3.1. 연도별 특허동향

Fig. 1은 한국, 미국, 일본, 유럽의 연도별 특허점유율을 나타낸 것이다. 한국, 미국, 일본 및 유럽 특허상의 수소저장을 위한 탄소재료 관련 특허 점유율을 살펴보면, 일본특허가 가장 높은 점유율을 나타냈다. 일본특허가 60%(193건)로 가장 많은 비율을 차지하고 있으며, 다음으로 미국특허 18%(56건), 한국특허 13%(41건) 유럽특허 9%(27건) 순의 특허 점유율을 보이고 있음을 확인 할 수 있다.

Fig. 2는 각국의 연도별 특허 건수를 나타낸 것으로 전세계 특허상의 수소저장을 위한 탄소재 관련특허의 연도별 특허 출

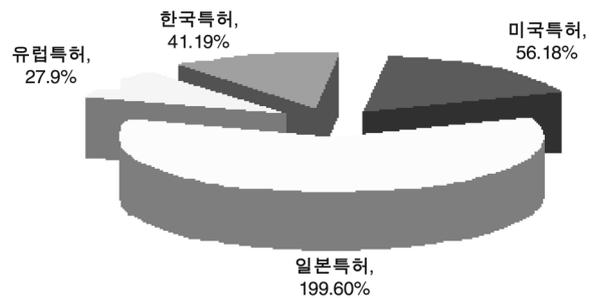


Fig. 1. 한국, 미국, 일본, 유럽의 특허점유율(한국, 일본, 유럽은 출원년도 기준(~2004년), 미국은 등록년도 기준(~2006년)).

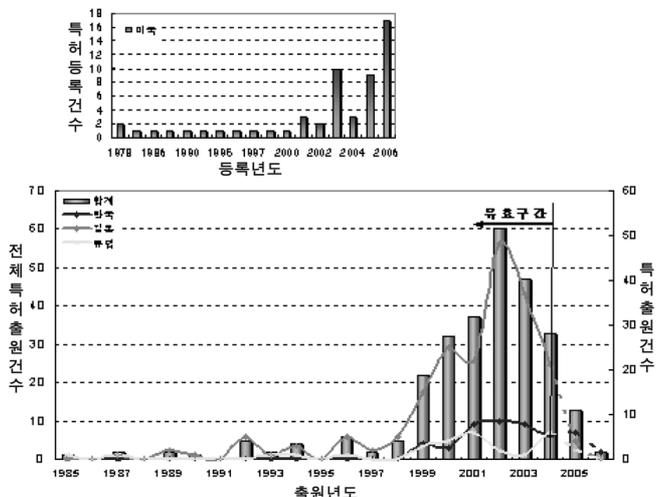


Fig. 2. 각국의 연도별 특허건수 (한국, 일본, 유럽은 출원년도 기준(~2004년), 미국은 등록년도 기준(~2006년)).

원동향을 살펴보면, 1985년을 시작으로 1991년까지 미비한 출원을 보이다가, 1992년부터 2002년까지 두드러진 증가추세를 보이는 것이 확인되었다. 이러한 증가추세는 21세기에 들어서면서 전세계적인 화석에너지의 고갈 및 신 대체에너지의 개발의 필요성이 전면적으로 부각되어, 수소에너지에 대한 연구자들의 관심이 집중됨에 따른 현상이라고 판단된다. 수소에너지의 상용화에 필수적인 사항은 고순도 수소의 저가생산, 높은 효율의 수소저장 및 이용이다. 이중 상온/상압 수소저장은 수소자동차와 같은 차세대 이동수단을 현실화하는데 반드시 넘어야 할 벽이다. 현재 미국 DOE에서 상온/100기압에서 6.5 wt.%를 목표로 발표하였으며, 탄소재료를 이용한 수소저장은 앞서 설명한 바와 같이 가역적 수소저장거동이라는 큰 장점으로 21세기 범세계적 연구테마 중에 하나로 자리매김하고 있다 [4].

일본의 경우 전세계에서 가장 많은 특허수를 차지하여, 전세계 특허활동을 주도하고 있는 것으로 확인됐으며 2002년에 최대의 특허출원을 기록하였다. 한국특허의 경우도 일본과 마찬가지로 2002년을 최고점으로 기록하는 유사한 양상을 보이고 있다. 이는 기술적으로 한국과 일본은 유기적으로 연관되어 있고 초기 다수의 한국특허가 일본특허를 모체로 하여 수정 및 개선된 특허를 출원하는 양상으로 진행되었기 때문이다. 이로 출원수와 최초 출원시기 면에서도 한국은 미국, 일본, 유럽 등에 비교하여 후발주자인 것으로 관찰되었다. 한편, 유럽 특허는 일본 및 미국과 함께 특허활동에 있어서 선두 주자인 것으로 나타났으며, 어느 특정시기에 편향되지 않은 꾸준한 특허 출원이 이루어지는 것으로 확인되었다. 미국특허의 경우 1978년 최초 등록이 있는 이후부터 2000년까지 저조한 등록 경향을 보이다가 2001년 이후 꾸준한 상승세를 보여 2006년에 가장 많은 등록 건을 기록하고 있다. 전세계적으로 수소저장을 위한 탄소재료에 관한 특허활동의 시작은 1970년대 중반부터 시작되었지만 그 출원활동은 20세기 후반, 즉 1990년대 후반 이후부터 비로소 괄목할 성장세를 이루고 있으며, 1970년대 중반부터 본격적인 출원활동이 시작되는 1990년대 중반까지는 수소저장매체로서 탄소재료는 각광받지 못했던 것으로 판단된다.

3.2. 국가별 특허동향

Fig. 3은 한국특허에서 출원인의 내국인과 외국인의 분포비율을 나타낸 것이다. 한국특허에서는 대체적으로 내국인의 특허활동이 외국인 보다 활발한 것으로 나타났으며, 내국인 및 외국인 모두 1999년부터 매년 10건 이내의 특허를 출원하고 있음이 확인되었다. 특히 내국인의 출원수는 2002년까지 증가하다 다시 하락하고 있으며, 분석구간 이후인 2004년부터 재차 출원수가 증가하는 조짐을 보이고 있어 최근 탄소재료에 의한 수소저장 기술이 대폭적인 관심을 받고 있음이 확인되었다. 한국특허에서 내국인의 특허출원 점유율은 대략 70%로서 국내에서 특허출원을 주도하고 있는 것으로 분석된다. 주요 외

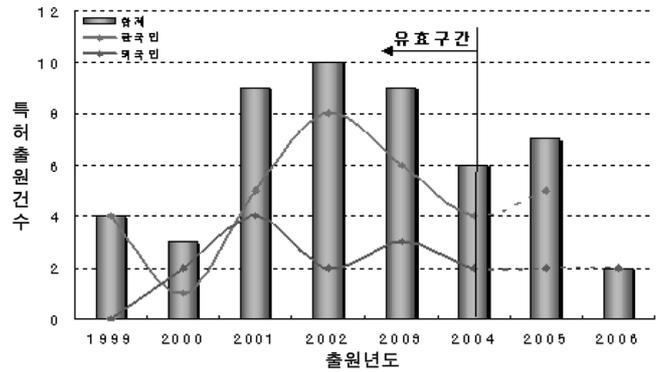


Fig. 3. 한국특허에서의 내국인과 외국인의 연도별 특허비율(출원년도 기준(~2004년)).

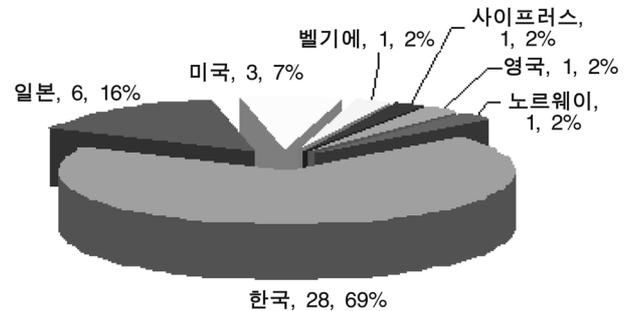


Fig. 4. 한국특허에서의 국가별 출원인 분포.

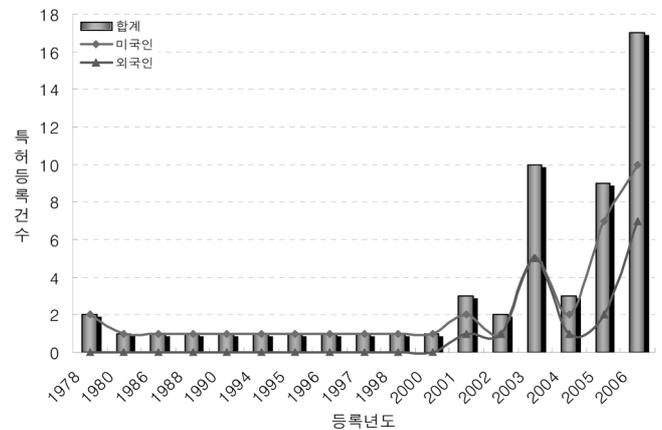


Fig. 5. 미국특허에서의 내국인과 외국인의 연도별 특허비율(등록년도 기준(~2006년)).

국 출원인은 미국과 일본으로 각각 16%와 7%를 차지하고 있으며, 그 밖에 유럽 국가들(벨기에, 영국, 노르웨이)이 2% 정도의 상대적으로 낮은 점유율을 보이고 있다(Fig. 4).

미국특허에서의 수소저장용 탄소재료의 특허등록은 내국인이 외국인을 앞서고 있으며, 2000년을 기점으로 내·외국인 모두 상승 추세를 나타내 탄소재료를 이용한 수소저장 기술개발의 관심집중을 확인할 수 있었다. 미국인의 특허등록은 1978년에서부터 시작되었으며, 이후 2000년까지 등록건수가 2건

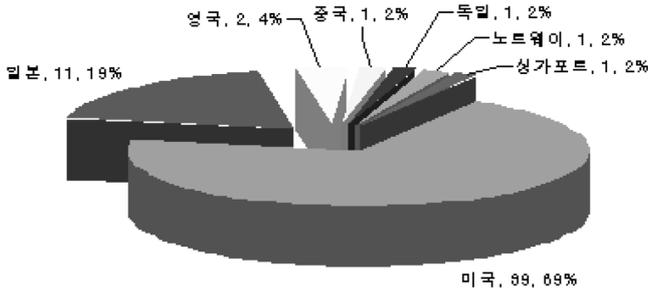


Fig. 6. 미국특허에서의 국가별 출원인 분포.

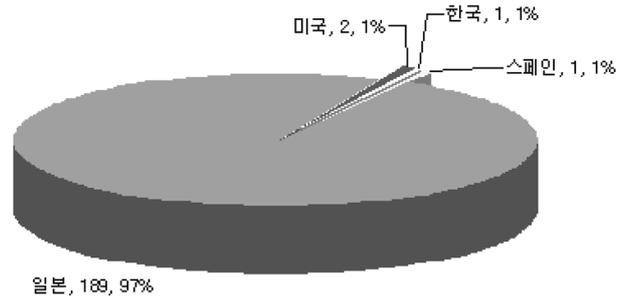


Fig. 8. 일본특허에서의 국가별 출원인 분포.

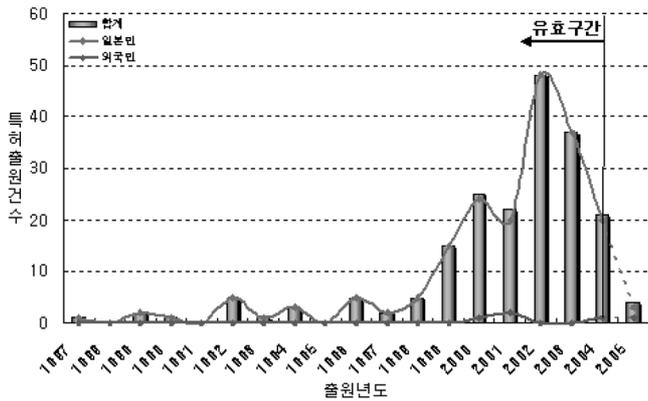


Fig. 7. 일본특허에서의 내국인과 외국인의 연도별 특허비용 (출원년도 기준(~2004년)).

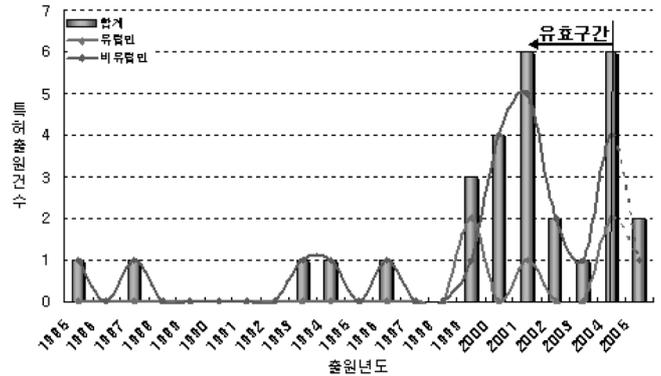


Fig. 9. 유럽특허에서의 내국인과 외국인의 연도별 특허비용 (출원년도 기준(~2004년)).

이내로 미진했다. 외국인의 경우 2000년까지 등록된 특허가 없는 것으로 분석되었으며, 이후 10건 이내로 등록이 증가추세에 있었다(Fig. 5). 한편, 내국인의 등록특허 점유율은 대략 70%로서 자국 내에서 특허활동을 주도하고 있고, 그 외 주요 외국 출원인은 일본으로 점유율 19%를 차지하고 있으며, 뒤를 이어 영국과 중국 등이 5% 이내의 낮은 점유율을 보이고 있다. 한국인의 경우 아쉽게도 미국특허의 수소저장용 탄소재료 분야에서 단 한 건의 등록건도 없는 것으로 분석되었다(Fig. 6).

Fig. 7은 일본특허의 연도별 출원인의 국적을 조사한 것으로, 일본특허에 출원된 수소저장용 탄소재료의 내·외국인의 출원동향은 내국인이 외국인보다 압도적으로 높은 특허출원을 나타냈다. 내국인은 2002년 거의 50건에 달하는 특허를 출원하였으나, 외국인은 2000년, 2001년 및 2004년에만 일본의 출원수와 비교하여 극히 적은 수의 특허를 출원한 것으로 관찰되었다. 일본특허에서 일본인(내국인)의 특허출원 건수는 189건으로 대략 97%의 점유율로 외국인과 비하여 독보적인 특허출원 활동을 보여주고 있고, 그 밖에 미국, 한국 및 스페인이 각각 2건, 1건 및 1건을 출원하여 대략 1%의 낮은 점유율을 나타내었다(Fig. 8).

Fig. 9는 유럽특허의 연도별 특허수를 조사한 것으로, 유럽특허에서는 비유럽인에 의해 특허출원이 주도되는 것으로 분석되었다. 전체적으로 2001년까지 상승 추세를 유지하다 이후

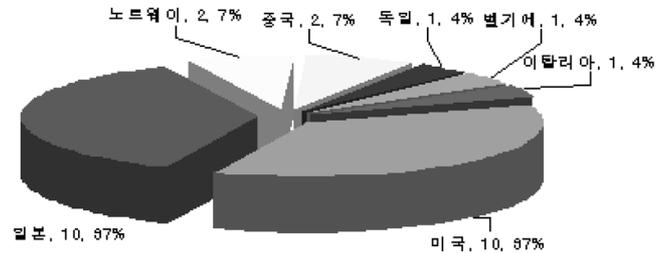
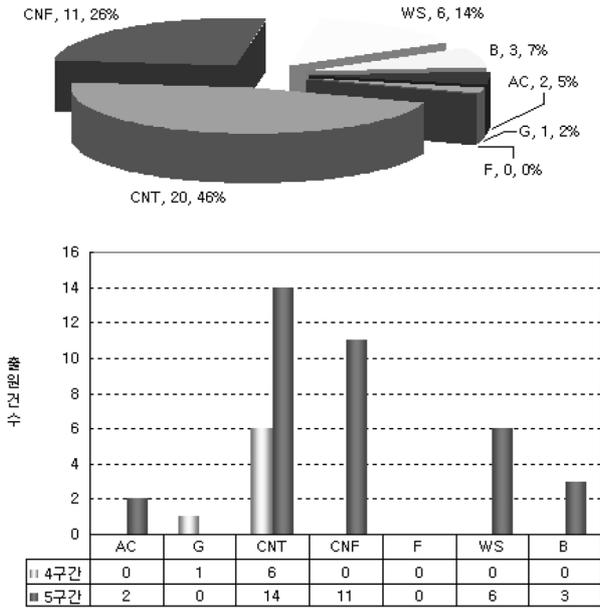


Fig. 10. 유럽특허에서의 국가별 출원인 분포.

급격한 하락세를 보였으며, 다시 2004년 이후에 수소저장기술에 대한 범 세계적 관심의 집중에 따라 다시 급등하는 경향을 보이는 것으로 관찰되었다. 유럽에는 수소저장용 탄소재료에 관한 최초특허가 1985년에 출원된 후 1998년까지 특정한 경향성을 나타내지 않는 산발적인 출원이 있어왔다. 주요 특허출원 주체는 미국과 일본으로 각각 10건씩 37%의 점유율을 차지하며, 미국과 일본 및 중국을 포함하여 비유럽인은 약 75%의 점유율로 특허출원에서 강세를 나타내고 있음이 확인되었다(Fig. 10) [12-22].

3.3. 소재별 특허동향

Fig. 11은 한국특허상 수소저장용 탄소재료 분야의 소재별 특허동향을 나타낸 것이다. 특허의 정량적 분석을 위해 일정

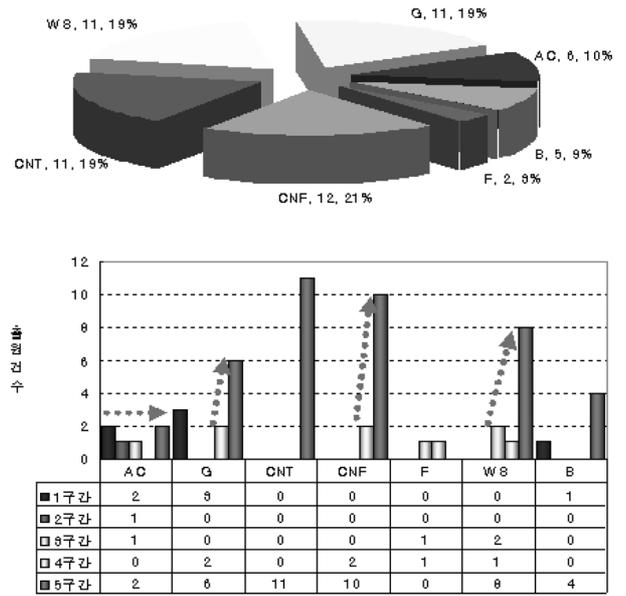


(AC: 활성탄소, G: 흑연, CNT: 탄소나노튜브, CNF: 탄소나노섬유, WS: 범용, B: 기타)

Fig. 11. 한국특허상 수소저장용 탄소재료 분야의 소재별 특허 동향(1구간 (~88년), 2구간 (89~92년), 3구간 (93~96년), 4구간 (97~00년), 5구간 (01~04년)).

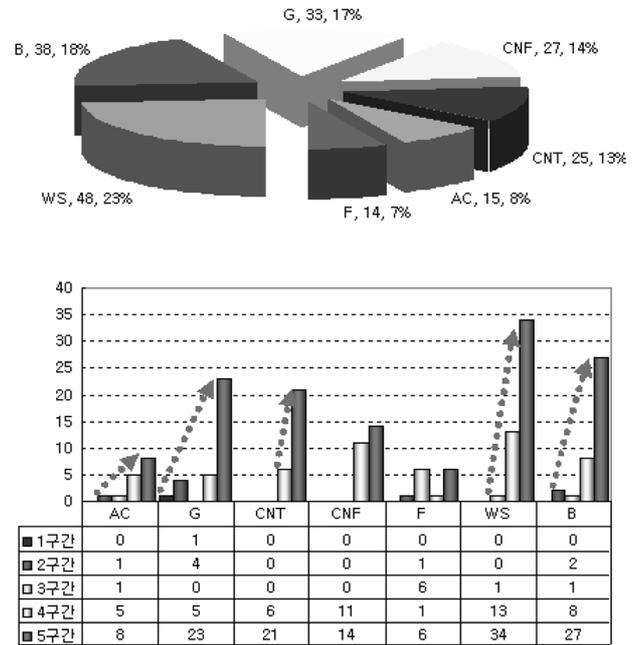
기간별로 구간을 정하여 구간에 따른 특허의 정량적 결과를 고찰하였다. 먼저 한국특허에서 소재별 특허분포를 살펴보면, 탄소나노튜브 분야에 20건, 46%와 탄소나노섬유 분야에 11건, 26%로 출원비중이 전체의 70%를 넘어 해당분야에 집중되는 것을 알 수 있으며, 반면 활성탄(2건, 5%)을 포함하는 그 외 기술 분야에서는 특허 활동이 상대적으로 저조한 것으로 분석되었다. 한국특허에서의 구간에 따른 소재 분야별 특허동향을 살펴보면 전체적으로 활성탄, 흑연, 탄소나노튜브, 탄소나노섬유, 범용 및 기타 기술 분야에 고르게 특허가 출원되고 있음이 확인되었다. 흑연과 탄소나노튜브 분야의 경우 90년대 후반부(4구간)부터 특허활동이 시작되어, 한국에 탄소재료 중 가장 빠른 관심 분야였던 것으로 분석되었다. 그 외 활성탄, 탄소나노섬유, 범용 및 기타 분야는 5구간(01~04년)부터 비로소 출원이 개시된 것으로 분석되어 최근 들어 연구가 진행되기 시작한 것으로 확인되었다. 한편 흑연의 경우 4구간에 특허출원이 있었으나, 5구간에는 출원이 없었던 것으로 나타나 초기에 흑연중심의 연구가 후반부에서는 다소 감소한 것으로 관찰된다. 탄소나노튜브의 경우 전체 기술 분야 중 가장 높은 발진도를 기록하고 있으며, 4구간 및 5구간을 걸쳐 뚜렷한 증가 추세를 나타내 여전히 가장 유망한 수소저장용 탄소재료소서 관심이 집중되고 있음을 확인하였다.

미국특허에서 소재 분야별 특허동향을 살펴보면(Fig. 12), 전체 분야 중 하기 4개 기술 분야 즉, 탄소나노섬유 분야(12건, 21%), 탄소나노튜브(11건 19%), 흑연(11건, 19%) 및 범용(11건, 19%)이 대략 80% 정도의 등록특허 점유율을 차지하고 있



(AC: 활성탄소, G: 흑연, CNT: 탄소나노튜브, CNF: 탄소나노섬유, WS: 범용, B: 기타)

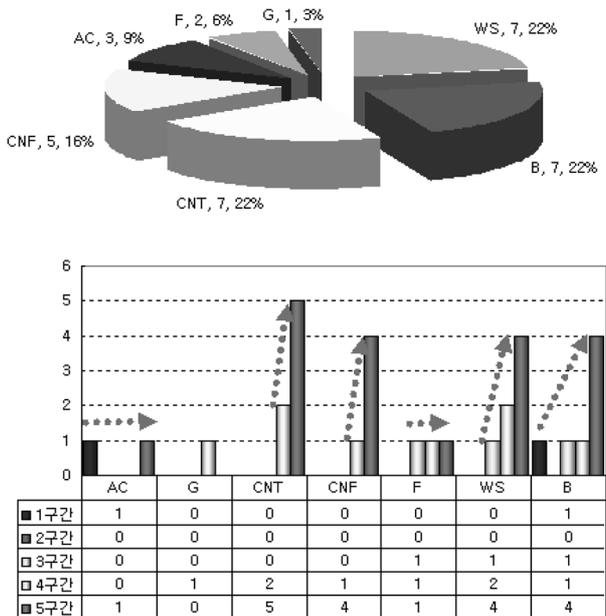
Fig. 12. 미국특허상 수소저장용 탄소재료 분야의 소재별 특허 동향(1구간 (~90년), 2구간 (91~94년), 3구간 (95~98년), 4구간 (99~02년), 5구간 (03~06년)).



(AC: 활성탄소, G: 흑연, CNT: 탄소나노튜브, CNF: 탄소나노섬유, WS: 범용, B: 기타)

Fig. 13. 일본특허상 수소저장용 탄소재료 분야의 소재별 특허 동향(1구간 (~88년), 2구간 (89~92년), 3구간 (93~96년), 4구간 (97~00년), 5구간 (01~04년)).

고, 활성탄의 경우는 6건, 10%인 것으로 분석되었다. 미국특허에서의 구간에 따른 소재 분야별 특허동향을 보면, 전 소재



(AC: 활성탄소, G: 흑연, CNT: 탄소나노튜브, CNF: 탄소나노섬유, WS: 범용, B: 기타)

Fig. 14. 유럽특허상 수소저장용 탄소재료 분야의 소재별 특허 동향(1구간 (~88년), 2구간 (89~92년), 3구간 (93~96년), 4구간 (97~00년), 5구간 (01~04년)).

분야에 고른 특허활동을 보여 주고 있으며, 특히 흑연, 탄소나노섬유 및 범용 분야는 점차적으로 상승추세에 있는 것으로 분석되었다. 전체 기술 중 시기적으로 등록이 앞서는 분야는 범용적으로 사용되어왔던 활성탄과 흑연이었고, 최근 4 및 5구간에는 탄소나노튜브와 탄소나노섬유에 등록이 집중되는 경향을 보이고 있어 전체적 연구방향이 범용 탄소재료에서 첨단 탄소재료 쪽으로 이동하고 있음을 확인할 수 있었다. 한편 활성탄의 경우 1구간부터 3구간까지 감소세를 이어갔으나, 대체로 꾸준한 특허활동을 보이고 있어 범용 탄소재료를 이용한 수소저장기술도 꾸준히 그 맥을 이어감을 확인하였다. 탄소나노튜브의 경우 5구간 동안 전체 분야 중 가장 활발한 등록활동을 보인 분야인 동시에 해당 구간에만 등록활동을 보인 기술 분야인 것으로 분석되었다. 한편, 플러렌의 경우 구간별로 특이한 경향성을 나타내고 있지 않고 3구간 및 4구간에 각각 1건씩 등록이 되어 전체 기술 분야 중 특허활동이 가장 미미한 분야로 나타났다.

일본의 경우 소재 분야별 특허동향에서 여러 가지 탄소재료를 동시에 언급한 범용 분야가 48건, 23%로 가장 높은 출원 점유율을 나타내었고, 그 뒤를 이어 기타 탄소재료 분야 38건 18%, 흑연 33건, 17%, 탄소나노섬유 27건, 14%의 순서를 이루고 있으며, 특허활동이 상대적으로 저조한 분야로 활성탄 15건, 8%와 플러렌 14건, 7%로 나타났다. 이는 일본의 높은 탄소기술을 바탕으로 기존의 범용 탄소재료와는 차별화되는 신탄소재료의 개발 및 이를 이용한 수소저장에서의 응용이 다수 시도되어 왔기 때문으로 판단된다. 일본특허에서의 구간에 따

른 소재 분야별 특허동향으로는 플러렌을 제외한 모든 기술 분야가 상승추세에 있으며, 특히, 범용과 기타 및 흑연 분야에서 두드러진 것으로 분석된다. 활성탄의 경우 완만한 상승추세를 이루고 있는 것으로 분석되었으며, 탄소나노튜브와 탄소나노섬유는 4구간과 5구간에만 출원활동을 보이는 동시에 상승경향을 나타냈다.

유럽특허의 소재 분야별 특허동향에서는 탄소나노섬유, 범용 및 기타 분야가 각각 7건, 22%로 공동으로 가장 높은 특허출원 비율을 차지하였고, 탄소나노섬유는 5건 16%, 활성탄은 3건 9%를 나타냈다. 유럽특허에서의 구간에 따른 소재 분야별 특허동향에서 탄소나노튜브, 탄소나노섬유, 범용 및 기타 분야가 모두 상승구면에 있는 것으로 확인되었다. 활성탄의 경우, 전체 기술 분야 중 가장 빠른 관심기술 분야였으나, 그 특허활동은, 4구간에만 단 1건의 출원수를 보인 흑연과 더불어 출원비율이 가장 낮은 분야인 것으로 분석되었다. 한편, 플러렌의 경우, 3구간부터 5구간까지 각각 1건의 적은 출원수이나 꾸준하게 출원이 이루어지고 있는 것이 확인되었다 [12-22].

4. 결 론

본 총설에서는 다양한 탄소재료를 이용한 수소저장 기술에 관한 국내외 특허를 선별하여 기간별, 국가별, 소재별로 분류하여 정량 분석하였다.

분석된 결과로부터 21세기로 넘어오면서 범세계적으로 탄소재료를 이용한 수소저장에 관한 폭발적 관심과 집중을 확인할 수 있었다. 이러한 기술적 추세를 주도하는 것은 일본과 미국이며, 특히 일본의 경우 전세계 특허의 60%를 점유할 정도로 왕성한 활동을 나타냈다.

소재별 동향에서는 초기에는 탄소나노튜브와 같은 첨단 탄소재료를 중심으로 다수의 특허들이 출원되었다. 하지만 시기가 지남에 따라 다양한 탄소재료로 특허의 범위가 넓어졌으며, 일본의 경우 흑연 및 활성탄과 같은 범용적으로 사용되어 왔던 소재 및 기존에 존재하지 않는 신탄소재료를 이용한 수소저장을 통해 특허권을 크게 넓히고 있다. 그러나 전세계적 추세는 아직까지 탄소나노튜브 및 나노섬유와 같은 첨단탄소재료 쪽에 치우쳐있는 상태이다.

한국은 특허출원시기 및 출원수적으로 일본 및 미국에 비해 매우 약세라 할 수 있다. 또한 특허가 주로 탄소나노튜브 및 나노섬유와 같은 첨단소재 쪽에 너무 치중되어 있어서 일본과 같은 기술선진국의 동향과도 다소 차이를 보인다. 세계 특허를 선도하고 있는 일본의 경우 신탄소재료 및 흑연과 같은 소재를 이용한 특허가 5구간에서 크게 증대된 것이 확인되었다. 이는 탄소나노튜브 및 나노섬유의 기술적 한계를 의미하는 것이 아닌 흑연 등과 같은 범용 재료의 기술적 가능성에 대한 재고에 기인된 것이라 하겠다.

한국은 탄소재료를 이용한 수소저장기술 특허에 관해서 후발주자임이 분명하다. 하지만 4구간에 비해 5구간의 특허 출

원양의 급속한 성장은 여타 다른 나라에서는 찾아볼 수 없는 약진적인 모습이다. 따라서 이러한 동력을 바탕으로 특허출원의 범위를 신탄소재료 및 기타 탄소소재료에 넓혀나간다면, 일본 및 미국등과 같은 특허 선발주자에 빠르게 근접할 수 있을 것으로 기대된다.

감사의 글

본 기본자료는 교육인적자원부의 Connect Korea 사업의 지원을 받아 인하대학교 선도 TLO사업의 일환으로 한국특허정보원에 의뢰하여 작성한 특허맵을 활용하였습니다.

이 연구(논문)은 과학기술부의 지원으로 수행하는 21세기 프론티어연구개발사업(수소에너지사업단)의 일환으로 수행되었습니다.

References

- [1] Li, Y.; Yang, R. T. *J. Am. Chem. Soc.* **2006**, *128*, 8136.
- [2] Lueking, A. D.; Yang, R. T. *Appl. Catal. A* **2004**, *265*, 259.
- [3] Kim, B. J.; Park, S. J. *J. Colloid Interface Sci.* **2007**, *311*, 619.
- [4] Dillon, A. C.; Jones, K. M.; Bwkedahl, T. A.; Kiang, C. H.; Bethune, D. S.; Heben, M. J. *Nature* **1997**, *386*, 377.
- [5] Yim, Y. E.; Mays, T.; McNamey, B. *Langmuir* **2000**, *103*, 10521.
- [6] Yang, R. T. *Carbon* **2000**, *38*, 623.
- [7] Lueking, A. D.; Pan, L.; Narayanan, D. L.; Clifford, C. E. *B. J. Phys. Chem. B* **2005**, *109*, 12710.
- [8] Yoo, E.; Gao, L.; Komatsu, T.; Yagai, N.; Arai, K.; Yamazaki, T.; Matsuishi, K.; Matsumoto, T.; Nakamura, J. *J. Phys. Chem. B* **2004**, *108*, 18903.
- [9] Bansal, R. C.; Goyal, M. *Activated Carbon Adsorption*, CRC Press, Boca Raton, 2005.
- [10] Kim, B. K.; Ryu, S. K.; Kim, B. J.; Park, S. J. *J. Ind. Eng. Chem.* **2006**, *12*, 121.
- [11] Kim, B. J.; Park, S. J. *Nanotechnology* **2006**, *17*, 4395.
- [12] Nippon Telegr & Teleph Corp., Carbon materials for storing hydrogen, JP-2003-171111.
- [13] Toyota Central Res & Dev Lab Inc., Porous activated carbon for hydrogen storage and manufacturing method thereof, JP-2003-277037.
- [14] Yazaki Corp., Graphite Intercalating compound, JP-1989-204013.
- [15] Alsin Seiki Co. Ltd, Hydrogen storage materials and its manufacturing method, JP-2003-311149.
- [16] Hitachi Powdered Metals Co. Ltd, Nissan Motor Co. Ltd, Graphite-based hydrogen-occluding material and method for producing the same, JP-2003-321216.
- [17] Asahi Kasei Corp., New carbon grain of nanosized, and production method thereof, JP-2004-182509.
- [18] Araco Corp., Carbon structure, JP-2004-002053.
- [19] Enernext, LLC, Method for sorption and desorption of molecular gas contained by storage sites of nano-filament laded reticulated aerogel, US-6,906,003.
- [20] Futaba Corp., Method for producing hydrogen occlusion material, US-6,602,485.
- [21] Air Products and Chemicals Inc., Hydrogen storage in nanostructure with physisorption, US-6,672,077.
- [22] Carnegie Mellon Univ., Process for the preparation of nanostructured materials, US-7,056,455.