

해외철도기술동향 : 철도차량용 친환경 수소-연료전지 Hybrid 시스템 기술동향



이 병 송 | 한국철도기술연구원 책임연구원

1. Hybrid 교통 시스템의 사회적/경제적 필요성 증대

화석연료 수요공급 한계로 인한 세계적 유가급등 사태가 발생되고 있으며 이에 따라, 화물연대 파업 등, 사회적/경제적 문제가 확산되어가고 있다. 현재, 국내 전체 교통수단의 97% 이상이 기름 소비에 의한 동력시스템이며, 그 중, 국내 소비 유량 전망을 수입에 의존하고 있는 상황이다.

가계부담 증가에 따라 자연스럽게 최근 대중교통이용량이 증가하였고, 또한 연료비 절감효과가 뛰어난 Hybrid 자동차로의 관심이 높아지고 있는 상황이다. 그러므로 에너지 자원의 한계와 대기오염을 우려한 화석연료 소비절감 대책으로서 연료전지를 이용한 Hybrid 추진시스템이 적용된 친환경적 대중교통 구현이 절실히 요구된다.

또한, 전 세계가 하나의 시장을 형성해 나아가고 있는 글로벌 체제에서 우리나라의 핵심 기간산업인 철도산업의 경쟁력을 계속 유지 발전시킴으로써 삶의 질을 향상시키기 위하여 수소 연료전지 하이브리드 열차의 핵심 부품 및 시스템 기술 개발이 필요하다.

2. 국내 · 외 Hybrid 차량 기술동향

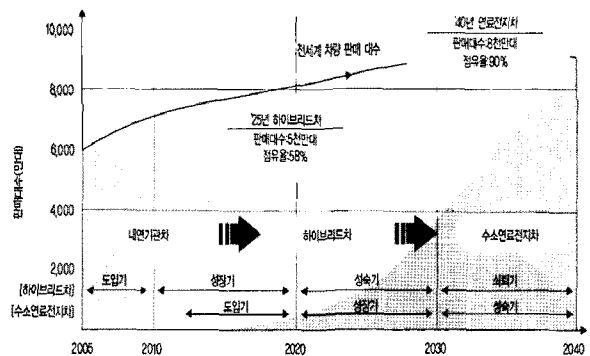


그림 1. 미래의 친환경 자동차 시장 전망

현재 국내의 공공수송부분인 철도 시스템에는 연료전지를 이용한 Hybrid 시스템의 적용사례가 없다. 국내 자동차 회사에서 개발 중인 연료전지 Hybrid 자동차는 2020년 연료전지 자동차의 양산을 목표로, 실용화 가능성 검증과 기술개발 방향 및 전략을 수립하고, 연료전지 자동차 및 수소생산, 공급, 충전 설비관련 기술 표준화 작업을 위해 현재 미국 에너지성의 시범운행에 참여 중에 있다.

현재 도요타, 혼다, 닛산, 지엠, 포드, 다임러크라이슬러 등 선진 자동차 메이커에서 기술 경쟁을 벌이고 있는 연료전지 자동차는 “오토모티브 월드 카 산업”에서 예측한 위의 그림의 “연료전지 자동차 시장전망”에서 알 수 있듯이 2020년 성장기를 거쳐 2030년대부터는 내연기관 자동차는 물론 하이브리드 차 시장 규모를 넘어서게 되는 친환경 첨단 자동차이다. 선진

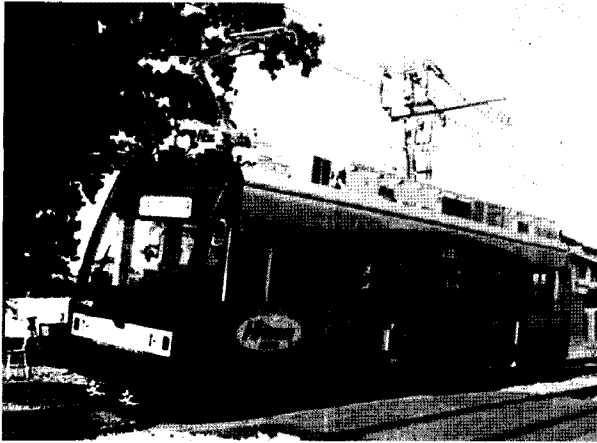


그림 2. Hi-tram의 외형

국들보다 내연기관 개발을 100년 이상 뒤늦게 시작한 우리나라는 선진국과의 내연기관 기술의 격차를 어렵게 극복해 나가고 있는 현실이다. 이러한 환경 속에서 새롭게 떠오르는 신기술의 결정체인 수소 연료전지 차량은 우리에게 자동차 기술을 리드할 수 있는 매력적인 사업 분야이다. 내연기관에 비해 미래의 신기술인 연료전지는 모두 같은 출발선 상에서 시작한다고 볼 수 있고 충분히 기술 경쟁력을 확보하고 기술 우위를 점할 수 있기 때문이다.

다양한 방식의 Hybrid 복합열차 시스템의 개발과 발전성능 향상 위주의 특허를 보유하고 있는 일본의 경우, RTRI에서 새롭게 개발한 가선·배터리 Hybrid 열차, Hi-tram, hybrid 디젤-배터리 복합열차인 JR 동일본 기하E200, 또한 연료전지 Hybrid 차량인 NE트레인 등의 다양한 Hybrid 열차의 개발에 박차를 가하고 있다.

특히, Hi-tram의 경우, 철도차량의 하이브리드화를 추진할 즈음에 실용화에 필요한 각종 기술을 개발하기 위해 독립 행정법인 신에너지, 산업기술종합개발기구(NEDO)로부터 위탁을 받아 신조차량이 제작되었다.

가선, 배터리 하이브리드 차량은 종래와 같은 팬터그래프에 의한 가선집전에 의한 주행과 자차탑재의 리튬이온 2차 전지에 의한 배터리 주行的 쌍방을 가능하게 한 전철이다. 즉 충전만 할 수 있으면 가선이 없어도 주행이 가능하다. 예를 들어 설명하면, 종래의 전철화 구간으로부터 새롭게 연장되는 형태로 철도 선로를 건설하는 경우에는 전철화 구간에서 팬터그래프로부터 충전하여 새롭게 건설된 가선이 없는 철도의 선로 구간에서는 배터리로 주행하는 것이 가능하게 된다. 또한, 완전히 새로운 철도를 건설할 경우에는 필요에 따라서 정류장

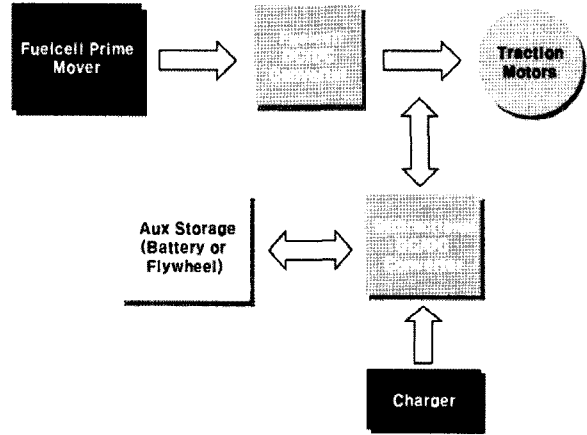


그림 3. 연료전지 Hybrid 추진시스템의 블록다이어그램

(역) 등에 급속 충전용의 설비를 설치하여 열차가 그곳에 정차 중일 때 팬터그래프로부터 충전하여 주행 중에는 팬터그래프를 내려 배터리로만 주행하는 것이 가능하다. 이러한 방식으로 새롭게 건설할 경우 가선설비의 설치가 불필요하게 되어 도시 경관의 향상에도 기여할 수 있다. 제동시의 회생전력은 배터리에 충전되어 재이용 되는 것도 큰 특징으로 회생 브레이크에 적합하지 않은 열차 밀도가 작은 선구에도 유효하다고 한다.

일본은 현재, Hybrid 시스템의 발전성능 개선에 직접 관련된 연료전지 기술 보유하고 있으며 이를 열거하면, 연료전지(PEFC)의 고체고분자막, 전극촉매, 접합체, 가습 기술 등을 들 수 있다.

미국과 유럽에서도 Hybrid 추진 시스템을 적용한 철도 시스템 개발이 활발하게 진행되고 있다.

DITADIS社에서는 가선 Hybrid 타입 트램을, Alstom社의 연료전지 탑재 저상트램, Fuel cell-hybrid loco, Fuel cell

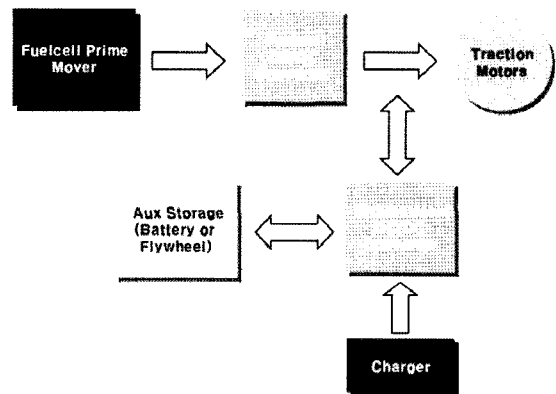


그림 4. 하이브리드 시스템의 다이어그램

탑재 Power to Grid 등이 개발되었다. 역시 스택, 운전방법제어, 가스공급 배출 등 Hybrid 시스템 개발 관련 기술이 확보된 상태이다.

3. 에너지 절감효과 극대화

고출력 2차 전지(Ni-MH 등)와 Supercap을 이용하여 회생에너지를 차량 내에서 직접 재생하고, 소모하여 효율적인 활용이 가능하다. 주행 중 충전은 물론, 역사 정차 시 유도급전을 이용한 급속충전에도 효과적인 것이 사실이다.

이때, 효율 측면에서 검증된 Hybrid 추진시스템은 일반자동차보다 연비가 2배 이상 높은 고효율 Hybrid 추진시스템으로서 검증은 마쳤다. Hybrid 추진시스템은 출발과 저속주행 시에 엔진에 연료(디젤 혹은 가스)를 차단하여 사용하지 않고, 배터리 전원을 이용하여 전기모터로 구동한다. 이러한 Hybrid 추진시스템은 포드(1L당 25km), 도요다(1L당 28km), 혼다(1L

당 35km) 등에서 개발되었다.

연료전지 발전효율은 화력발전 대비 520%나 높다. 그에 비해, 기존 발전소 공급 에너지효율 2040%에 불과하다. 연소과정이나 구동장치가 필요 없는 연료전지가 발전할 때 발생하는 폐열 활용 시 최대 효율 83%에 달한다. 연소과정이 없으므로 기관지염, 폐기종, 폐암 등 호흡기 질환의 원인인 SOx(황산화물), NOx(질소산화물) 배출 없어, 대기오염의 염려가 없는 연료전지 발전시스템을 적용하면 청정 철도 교통시스템 구현이 가능해질 것으로 기대된다.

4. 업그레이드 Hybrid 교통시스템 구현

철도시스템의 특성을 적극적 활용함으로써 시스템적/경제적 한계에서 보다 업그레이드된 Hybrid 교통시스템 구현이 가능하다.

철도차량의 궤도운행 특성에 무접촉 유도급전 기술을 접목하게 될 경우, 기존 Hybrid/전기자동차에서 에너지 저장 시스템의 기술적 한계(짧은 1회 충전 주행거리와 긴 충전시간, 수소에너지 안전성 등)를 극복하는 것이 가능하다. 가선배터리 하이브리드 RTRI LRV "Hi-tram"은 1회 충전으로 30km 주행 가능하고, 가속시 소모전력의 70%를 제동시 회생전력 사용하도록 되어있다.

현재 판매되는 고가의 Hybrid 에너지 전원 차량 시스템은 개인 운전자를 대상으로 해서는 보급 속도가 느리기 때문에 단기적인 유류 소비 절감 효과를 기대하기 어려운 면이 있으므로, 시스템 비용 대비 연료비 절감 효과가 큰 대용량의 Hybrid 교통시스템 구현은 사회기반시설로서 철도가 해결해야 할 과제이다. ☺

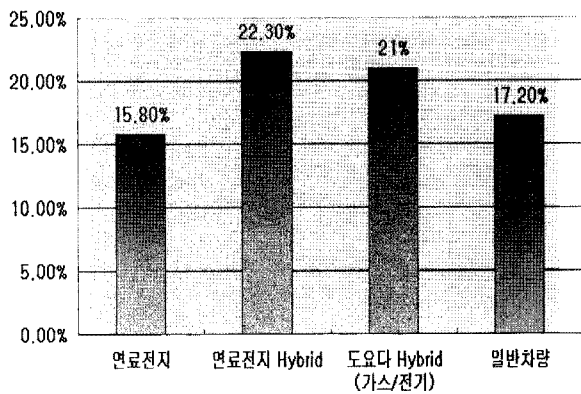


그림 5. 시스템별 구동효율 도표