

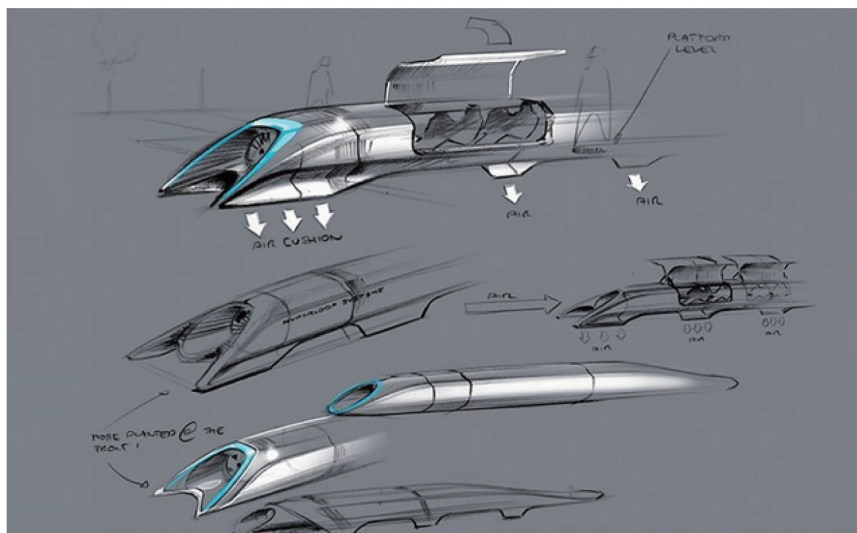
하이퍼루프(hyperloop)

제5세대 교통수단으로 떠오르는 하이퍼루프(hyperloop)는 백트레인(진공튜브 열차) 유형의 고속 철도로 전기차 테슬라와 우주로켓회사 스페이스X의 창업자인 엘론 머스크가 프로젝트를 주도하고 있다. 하이퍼루프는 진공 튜브 안에서 캡슐 형태의 고속열차가 사람이나 물건을 실어 나르는 시스템으로 시속 1,280 km(마하 1.06)의 속도를 낼 수 있어 서울에서 부산까지 16분 만에 주파가 가능하여 KTX보다는 4배 빠른 속도이다. 하이퍼루프는 태양광 발전으로 운행하는 친환경 자가 발전 시스템을 장착하여 운행하는 교통수단이다.

하이퍼루프 계획은 오픈소스로 모든 계획이 공개되어 있어 여러 회사, 대학, 기관들이 하이퍼루프 개발에 참여하고 있다. 엘런 머스크는 하이퍼루프 시스템을 설치하는 데에 60억 달러(약 6조5000억 원)가 소요될 것으로 전망하고 있다.

우리나라는 한국철도기술연구원이 2016년 6월 22일 자기부상 기술과 진공압축 기술을 융합하여 독자적으로 한국형 하이퍼루프, 초고속 캡슐트레인을 개발하고 시속 700km 시험에 성공하였다. 이는 미국 등 다른 나라보다 기술적인 면에서 앞선 것이라고 할 수 있다.

우리나라에서 기차가 처음 운행된 것은 1899년 9월 18일이다. 이 열차는 노랑진과 제물포 사이 경인선 구간 33.2km를 불과 1시간 40분 만에 주파했다. 당시만 해도 서울에서 인천까지 왕복으로 꼬박 하루가 걸리던 먼 길을 단숨에 오가는 모습을 보고 구경꾼들은 모두 놀라움을 금치 못했다. 이후 열차의 속도는 눈부시게 개선됐다. 1964년 개통한 일본의 신칸센은 세계 최초 고속철도로서, 도쿄-오사카 구간을 시속 270km로 달렸다. 2004년 4월 개통한 KTX는 서울-부산을 최대 시속 300km의 속도로 2시간 30분 만에 주파한다. 철도는 범선이 주도하던 해양교통시대를 끝내고 육상교통시대를 여는 견인차 역할을 톡톡히 해냈다.



하이퍼루프 여객 운송 캡슐 개념 디자인 스케치 <출처: 테슬라 모터스 블로그>

음속과 비슷한 속도 내는 미래 교통수단

그런데 이제는 서울에서 부산까지 단 16분 만에 도달하는 신개념의 교통수단이 개발되고 있다. 시속 1200km를 목표로 하는 '하이퍼튜브 익스프레스(Hyper Tube eXpress : HTX)'가 바로 그 주인공. 비행기가 시속 약 700km 속도로 운항하니 그보다 1.5배나 빠른 셈이다.

현재 한국건설기술연구원을 포함해 6개 정부출연연(교통연, 기계연, 전기연, 철도연, ETRI)과 2개 대학(한양대, UNIST) 등 8개 기관이 HTX 개발을 위해 공동연구 협약을 체결하고 기술 개발을 진행하고 있다.

HTX의 원조는 사실 하이퍼루프다. 때문에 HTX는 '한국형' 하이퍼루프로도 통한다. 미국 전기차 기업 테슬라의 CEO 일론 머스크가 구상해서 널리 알려진 하이퍼루프는 0.1%라는 거의 진공에 가까운 직경 3m 정도의 튜브 안으로 20~30명의 승객을 태운 캡슐 형태의 열차가 음속(1220km)과 비슷한 속도로 달리는 미래 교통수단이다.

진공 튜브 안의 레일에는 도체판이나 코일을 깔아 자기장을 발생 시킴으로써 캡슐형 열차가 1~2cm 높이에서 부상해 달리게 된다. 튜브 안을 진공으로 만드는 이유는 공기 저항을 줄이기 위해서다.

공기 저항은 속도의 제곱만큼 커지므로 지상에서 초음속을 내기 위해서는 진공에 가까워야 한다.

여객기가 상공에서 초음속으로 비행하는 것은 그곳의 공기 밀도가 지상보다 훨씬 낮기 때문이다. 자기부상 방식의 도입 역시 레일의 마찰을 없애 속도를 최대한 높이기 위해서다. 속도면에서 고속 철도가 지닌 태생적인 한계점을 뛰어넘기 위해서는 반드시 필요한 요소들인 셈이다.

속도 외에도 하이퍼루프는 여러 가지 장점을 지닌다. 선로 위에 떠서 움직이므로 소음과 진동이 매우 적으며, 운행 간격도 철도보다 훨씬 촘촘하게 배치할 수 있다. 하이퍼루프를 본격적으로 개발하고 있는 미국 민간기업 '하이퍼루프 트랜스포테이션 테크놀로지(HTT)'는 캡슐형 열차를 매 30초마다 출발시키는 것을 목표로 한다.

경제성과 안전성 뛰어나

건설비용 및 운송요금 등의 경제성도 의외로 뛰어나다. 로스엔젤레스(LA)-라스베이거스 구간의 고속철 건설 비용이 약 127억 달러가 소요되는 데 비해 LA에서 샌프란시스코 구간의 하이퍼루프 건설 비용은 약 75억 달러로 추정된다.

운송요금도 고속철은 LA-라스베이거스 왕복에 89달러인데 하이퍼루프의 경우 LA-샌프란시스코 왕복 요금이 약 60달러에 불과하다. 하이퍼루프는 선로 지붕에 태양열 집광판을 설치해 동력을 얻는 친환경 운송수단이므로 연료비가 거의 들지 않기 때문이다.

HTT에 의하면 안전 문제도 이상 없다. 빠른 속도로 움직이지만 튜브마다 진공상태를 통제함으로써 사고가 발생해도 튜브가 구간마다 분리돼 빠른 공기 주입 및 승객 대피가 가능하다는 것. 따라서 비행기보다 10배 안전하며 고장률은 1/10밖에 되지 않는다고 한다. 지난 7월 말, 또 다른 개발사인 하이퍼루프원은 네바다 사막에서 행해진 하이퍼루프 프로토타입의 시험주행에서 최고 시속 309km를 기록했다. 지난 5월에 행해진 시험주행의 최고속도 112km보다 무려 3배나 빨라졌다. 경쟁사인 HTT는 내년에 1.5km의 테스트 트랙을 완공하고 3년 내에 세계 최초로 200km 길이의 트랙을 완공할 것이라고 밝혔다.

우리나라에서 추진하는 HTX 역시 1년 내에 테스트 베드를 만들 예정이다. 또한 미국 기업 HTT와 2026년 시험운행을 목표로 한국형 하이퍼루프를 공동 개발하기로 합의했다. 이는 HTT가 하이퍼루프 주요 기술에서 한국을 세계 톱 수준으로 평가한 결과이기도 하다.

좁은 국토임에도 하이퍼루프의 기술 개발이 필요한 이유는 이 미래형 기술을 우리가 주도할 수도 있기 때문이다.

백색 그래핀으로 만들어진 초소형 센서

델프트 공과대학(Delft University of Technology)과 케임브리지 대학(University of Cambridge)의 연구진은 초소형 기계식 센서를 만들 수 있는 새로운 방법을 개발했다. 이 센서는 실리콘 기판 속의 매우 작은 홀 위에 백색 그래핀(육방정 질화붕소)을 부유시킴으로써 만들어졌다.

백색 그래핀은 흑연의 벌집 격자 구조와 유사한 형태를 가지고 있다. 그러나 흑연은 전기를 전도하는데 반해서 백색 그래핀은 절연 특성을 가지고 있다. 이런 특성 때문에, 백색 그래핀은 윤활제 등과 같이 전기 전도성을 가지지 않아야 할 분야에 널리 사용되고 있다. 백색 그래핀은 흑연보다 화학적 및 열적으로 더 안정적이기 때문에, 우주 공간과 같은 가혹한 환경에서도 사용된다.

그래핀은 테이프를 이용해서 흑연으로부터 쉽게 분리되지만, 백색 그래핀을 단일 층으로 만드는 것은 매우 어렵다. 왜냐하면, 백색 그래핀은 층들이 서로 결합되어 있어서 이것을 분리하기 위해서는 큰 힘이 필요하다.

이번 연구진은 화학 기상 증착(chemical vapour deposition)이라고 불리는 기술을 사용해서 원자 한 개 두께를 가진 백색 그래핀 시트를 철 호일 위에 성장시켰다. 그 후에 실리콘 기판 위에 투명 백색 그래핀 시트를 전사시켰다. 이렇게 함으로써 미세한 '드럼(drum)'을 생성했다. 이런 드럼은 기계적 공진기로서 기능하고, 휴대폰 속의 매우 작은 가스 또는 압력 센서로서 사용될 수 있다.

백색 그래핀 드럼을 제조하는 것도 중요하지만, 단원자 시트를 실리콘 기판으로 전사시키는 과정에서 폴리머로 오염이 된다. 이런 오염은 센서의 동작에 오작동을 불러올 수 있기 때문에 이것을 해결하는 것이 중요하다. 이번 연구진은 오존 가스로 드럼을 청소함으로써 이것을 해결할 수 있었다. 오존 가스는 모든 유기 고분자를 제거했다. 이 연구는 차세대 전자장치를 위한 초소형 가스 및 압력 센서를 개발하는데 새로운 길을 열어줄 수 있을 것이다. 이 연구결과는 저널 2D Materials and Applications에 "Mechanical characterization and cleaning of CVD single-layer h-BN resonators" 라는 제목으로 게재되었다(DOI: 10.1038/s41699-017-0020-8).