

② 세계 각국의 유인 우주계획

우주왕복선 1회 비행에 1조3천억 원 소요

글 | 채연석 _ 박사(전 한국항공우주연구원장) yschae@kari.re.kr

유인 우주선의 개발은 무인 우주선의 개발보다 훨씬 어렵다. 첨단 기술이 더 많이 필요하고 개발 비용도 훨씬 더 많이 든다. 우주인이 탑승하는 우주선의 경우 우주인의 안전이 최우선이기 때문에 무척 신뢰성이 높아야 하기 때문이다. 우주인의 안전한 우주비행을 위하여 우선 발사 로켓의 발사 성공률을 높여야 하고 우주선의 안전도를 높여야 한다.

러시아

러시아 첫 유인 우주선 보스토크(Vostok)

가가린이 탑승하여 첫 번째로 우주비행에 성공한 보스토크 우주선은 크게 공 모양의 귀환캡슐과 기계실로 구성되어 있다. 유인우주선의 경우 우주인의 생명유지 장치도 중요하고 안전하게 지구로 귀환시키는 장치도 중요하다. 보스토크 캡슐의 직경은 2.3m이고 기계실은 최대 직경 2.43m, 길이 2.25m, 전체 무게는 4.725톤이다. 캡슐에는 직경 1.07m짜리 둥근 출입구가 있다.

러시아의 보스토크 우주선은 육지에 착륙하도록 설계되어 있다. 그런데 지구에 착륙할 때 발생하는 충격을 충분히 줄여줄 수 없어서 지구에 착륙하기 직전에 우주인은 사출좌석을 이용하여 우주선을 탈출하여 별도의 낙하산으로 지구에 착륙하도록 설계되었다. 마치 고장 난 전투기에서 조종사가 탈출하여 낙하산으로 내려오는 방식과 동일한 방식을 채택한 것이다. 보스토크 우주선은 1961년부터 1963년까지 6차례 비행을 성공적으로 하였으며, 보스토크 5호는 4일 22시간 56분 41초 동안 비행을 하였다.

지상 착륙 우주선 보스호트(Voskhod)

보스호트 우주선은 보스토크 우주선을 개량하여 여러 명의 우주인을 태우고 직접 육지에 착륙할 수 있도록 개량한 것이다. 한 명의 우주인을 탑승시켰을 때에는 사출좌석을 이용하여 캡슐에서 탈출하여 착륙할 수 있었으나 여러 명이 탑승하는 경우에 사출시키는 것은 위험하고 우주선의 무게도 더 증가할 수 있기 때문이다. 우주선의 무게는 보스토크보다 900kg 무거워져서 5.7톤까지 증가하였다. 그리고 우주인이 캡슐에 탑승한 채로 착륙시키기 위하여 낙하산 아래에 역추진 로켓을 부착하여 캡슐이 지면에 착륙할 때의 충격을 줄였다. 보스호트 우주선에는 우주복을 입지 않고 최대 3명까지 탑승하였으며 보스호트 2호는 최초로 우주유영을 할 수 있도록 에어록 시스템을 갖춘 우주선이다.

3인승 우주선 소유스(Soyuz)

첫 소유스 우주선은 우주에서 다른 우주선과 도킹할 수 있도록 개발된 첫 우주선이며, 1967년 4월 23일 첫 발사된 이래 지난 40년 동안 계속해서 사용되었다. 현재로서는 가장 오랫동안 가장 많이 사용된 가장 안전한 우주선으로 이를 개량하여 소유스 T로, 그리고 TM으로 개량되었다가 2002년부터 최신형인 TMA로 개량되어 12호에는 한국 최초의 우주인이 탑승하였다.

소유스 TMA 우주선은 전체 길이 7.2m, 평균 직경 2.2m, 무게 7.2톤이며, 크게 궤도모듈, 귀환캡슐, 서비스모듈의 3부분으로 구성되어 있다. 궤도모듈은 지름 2.2m의 길이 2.6m의 타원형 공처

럼 생겼고, 우주에서 우주정거장과 도킹할 수 있도록 직경 80cm의 도킹포트가 앞쪽에 있으며, 뒤쪽에는 직경 70cm의 귀환캡슐과 통하는 통로가 있고 무게는 1.2톤이다. 궤도모듈에는 화장실과 식량 공급시설이 있으며, 밖을 볼 수 있는 직경 15cm 크기의 둥근 창문이 있다. 지구궤도에서 우주비행을 하는 동안에 우주인들이 주로 머무는 장소이다. 귀환캡슐은 지름 2.2m, 길이 2.1m의 원추형이며 무게는 2.9톤으로 궤도모듈 바로 뒤에 붙어 있다. 궤도모듈과 연결되는 직경 70cm의 통로와 기밀문이 있다. 발사할 때와 지구로 귀환할 때 3명의 우주인이 탑승한다. 우주선의 비행 상태를 알려주는 계기판과 조종하는 핸들, 귀환용 낙하산, 귀환할 때 우주선의 내부 온도를 고온으로부터 냉각시키고 건조시켜주는 장치, 가속도 측정기, 각종 비행을 기록하고 측정하는 장치, 특수계산기, 생명유지에 필요한 물품, 전선지, 그리고 세 명의 우주인이 앉을 수 있는 특수 의자가 설치되어 있다.

귀환캡슐은 지구 대기권을 통과할 때 발생하는 고열에 견딜 수 있도록 표면이 복합재료로 만들어져 있으며 밑바닥에는 6개의 소형 고체 추진제 로켓이 장착되어 있어 지상에 착륙 직전 작동하여 착륙 충격을 줄여준다. 귀환캡슐에는 랑데부와 도킹할 때 외부를 볼 수 있는 잠망경과 직경 15cm의 둥근 창문이 각각 한 개씩 있다.

소유스 TMA는 키가 190cm 정도인 우주비행사도 탑승이 가능하도록 개량되었다. 서비스모듈은 귀환캡슐 뒤에 붙어 있는데 길이 2.5m, 지름 2.2m의 원통형 모양이며 무게는 2.9톤이다. 이 모듈에는 궤도 변경이나 자세를 제어할 때 사용하는 작은 로켓과 지구로 돌아올 때 사용하는 역추진 로켓과 추진제통이 들어 있다. 지구와의 통신장치, 산소 및 컴퓨터 시스템도 여기에 있다. 모듈의 곁에는 양쪽으로 가로, 세로 1m의 태양전지 판 4장이 붙어있는데 태양전지 판을 펼쳤을 때 전체의 폭은 10.6m이며 우주궤도에 진입한 이후 펼친다. 소유스 우주선은 1967년 이래 지금까지 모두 101회 발사되었다.

차세대 우주선 클리퍼(Kliper)

2006년 결정된 클리퍼는 귀환모듈, 서비스거주모듈, 그리고 응급회수시스템모듈의 3개 모듈로 구성되어 있다. 귀환모듈(RV)은 무게 9,200kg이며 극초음속 글라이더와 원뿔형태의 승무원실로 구성되어 있다. 승무원은 2명씩 3조로 6명이 탑승할 수 있도록 의자가 배치되어 있고 양 옆에는 작은 창문이 4개 달려 있어 밖을 구경할 수 있다. 둥근 탑승문은 뒤쪽에 있다.

서비스-거주모듈(SHM)은 무게 4천800kg으로 소유스 우주선의 궤도모듈과 비슷한 형태이다. 이 모듈에는 추진시스템이 포함되어 있어 우주정거장과 랑데부 및 도킹할 때 이용하고 우주정거장에서 분리하기 위해 역추진 로켓을 분사할 때도 이용한다. 이 모듈의 제일 뒷부분에는 도킹포트가 있어 우주정거장과 도킹할 때는 이 부분으로 하며, 반대쪽은 귀환모듈과 연결되어 있다. 대기권에 재돌입할 때 귀환모듈과 분리되어 대기권에 돌입하며 태워진다.

응급회수시스템(ERS) 모듈은 3천300kg으로 서비스-거주모듈 뒷부분을 감싸고 있다. 우주선이 궤도에 진입할 때 필요에 따라 추진시스템으로 사용할 수 있으며, 발사할 때 문제가 발생하면 승무원 비상탈출용 추진시스템으로 사용할 수 있다. 궤도에 진입할 때 분리되어 대기권에서 태워버린다. 클리퍼의 전체 길이는 12m, 몸통의 평균 직경은 3.9m, 최대 날개폭은 8m이다. 승무원실의 체적은 20m³, 무게는 14톤, 탑재물은 500kg이다. 귀환할 때의 무게는 300kg의 화물을 포함해서 10톤 정도의 무게를 개발목표로 한다.

귀환할 때는 서비스-거주모듈의 로켓을 분사하여 비행속도를 떨어뜨린 후 1천200km를 비행할 예정인데 대기권을 통과한 다음에 시속 500km의 속도로 낙하한다. 낙하산을 이용하여 비행속도를 더 줄인 다음 활주로에 비행기처럼 착륙시킬 계획이다. 클리퍼는 390km의 궤도에서 5일 간 비행할 수 있으며, 수명은 15년 동안 60회 정도 재사용하는 것이 개발 목표인데 유럽우주기구(ESA)와 공동개발을 협의 중이다.

미국

바다에 착수한 1인승 우주선 머큐리(Mercury)

머큐리 우주선은 종 모양으로 생겼는데 높이가 2.76m에 바닥 직경은 1.85m이며 체적은 1.7m³이다. 발사할 때의 무게는 1천935kg이다. 보스토크 1호보다는 1/3의 작은 무게의 우주선이었다. 캡슐의 앞부분에는 낙하산과 우주선의 자세조종용 연료가 있다. 그리고 그 앞에는 긴급탈출용 비상 로켓이 있다. 캡슐의 아래쪽 바닥은 응급용의 열 보호막으로 덮여 있으며 대기권 재진입용 고체 추진제 역추진 로켓은 열 보호막에 붙어 있는데 재진입 직전에 분리된다.

착수과정은 착수 22분 전에 역추진 로켓을 발사하고 60초 뒤 역추진 로켓 등 귀환용 기구를 머큐리 캡슐에서 분리시킨다. 그리고 잠시 후 대기권에 돌입한다. 착수 5분 전에 3천m 상공에서 직경 19m의 주낙하산을 펼치고 바다로 착수하였는데 이 때의 속도는 초속 9.1m이며 10g에 해당하는 착수 충격을 완화하기 위해 자동차의

특집1 / 한국 최초 우주인, 우주를 날다

에어백과 비슷한 완충백을 펼쳐 충격을 줄인다. 바다에 착수하기 때문에 우주인이 캡슐에서 나오면서 우주선이 침몰할 수도 있어 위험하다. 1961년부터 1963년까지 6회 사용되었다.

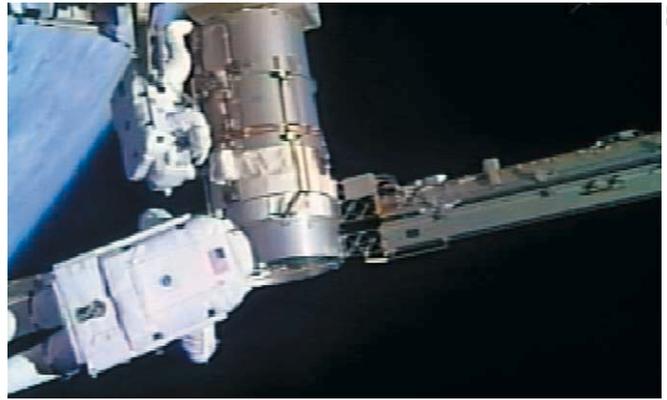
2인승 우주선 제미니(Gemini)

제미니 우주선의 길이는 대략 5.73m, 직경이 3.05m로 체적은 2.55m³이고 무게는 3.85톤이다. 우주선은 크게 재돌입 모듈과 어댑터 모듈로 되어 있다. 캡슐은 최대 높이 368cm, 최대 직경 228cm이다. 어댑터 모듈에는 역추진 로켓과 방향조정 로켓, 연료 전지, 산소, 질소통 등이 들어 있다. 그리고 재돌입 모듈은 제미니 우주선이 다른 우주선과 우주에서 결합하기 위한 장치, 선실 내의 압력과 온도를 유지시켜주는 생명보존 시스템 우주선과 우주비행사의 상태를 일일이 기록하고 수집하여 지구로 송신하는 장치들, 우주에서의 랑데부와 도킹, 그리고 지구 재돌입을 위한 유도·제어 장치가 컴퓨터와 같이 설치되어 있다.

제미니 우주선의 특징은 산소와 수소를 이용하는 연료전지를 사용, 1~2W의 전력과 부산물로 물을 만들어 사용하였다. 제미니 우주선의 귀환은 착수 34분 전에 추력 1천100kgf의 역추진 고체 모터 4개를 분사하고 3천230m 상공에서 직경 5.5m의 보조낙하산을 펼쳐 낙하속도를 줄인다. 그리고 2.5초 후 직경 25.6m의 주낙하산을 펼치고 35도 각도로 바다에 착수한다. 1965년부터 1966년까지 10회 사용되었다.

달 탐사우주선 아폴로(Apollo)

아폴로 우주선은 미국의 달 탐험을 위해 1960대 후반에 개발된 우주선이다. 구조는 사령선과 기계실, 그리고 달착륙선으로 구성되어 있다. 사령선은 세 명의 우주인을 태우고 지구를 출발하여 달로 갔다가 다시 지구로 돌아온 유일한 우주선이다. 사령선은 지름 3.9m, 높이 3.47m의 원추형이며 발사할 때의 무게는 5.9톤, 지구로 돌아올 때의 무게는 5.4톤이다. 사령선의 부피는 6.17m³이며 여객기의 객실이나 조종실과 비슷하다. 달을 왕복하는 동안 이곳은 우주인의 작업장, 연구실, 통신탄, 침실 및 화장실 역할까지도 하기 때문이다. 의자는 좌우로 움직이고, 옆으로 누워 잠을 잘 수도 있다. 선내는 쾌적하여 온도는 항상 섭씨 26도, 습도는 40~80%로 조절되고 섭씨 10~70도 온도의 물을 언제나 사용할 수 있도록 설계하였다. 아래쪽에는 단열복합재료를 만들어 붙여 지구 재돌입시 고열에도 우주선이 견딜 수 있도록 하였다.



우주왕복선 디스커버리호의 우주비행사 크리스터 후글레상(위)과 로버트 커빙이 18일 국제우주정거장(ISS)에서 선체외부활동(우주유영) 도중 태양전지판을 원래 위치로 접어넣으려는 작업을 벌이고 있다 (2006년 12월 19일, 사진제공=AP).

기계선은 사령선 뒤에 붙어 있는데, 이는 아폴로 사령선에 필요한 각종 전기와 산소, 그리고 사령선이 자유로이 움직일 수 있도록 각종 동력을 제공한다. 기계선의 뒤에는 10톤 추력의 로켓도 붙어 있는데 이는 달 탐험을 마친 후 아폴로 우주선이 지구로 귀환할 때 달 탈출용 로켓으로 사용된다. 기계선의 지름은 3.9m, 길이 7.56m, 무게 24.523톤이다. 그리고 기계선의 옆에는 45kg의 추력을 낼 수 있는 16개의 추력기가 붙어 있어, 사방팔방으로 우주선이 자유로이 움직일 수 있도록 설계되었다. 영화로도 유명한 아폴로 13호는 이 기계실에 있는 산소통이 폭발하여 일어난 일이다. 1968년부터 1972년까지 11회 사용되었다.

우주왕복선(Space Shuttle)

우주왕복선은 궤도선이 우주선 역할을 하는 것으로 여러 번 왕복해서 지상과 우주를 갔다 왔다 한다. 제일 마지막으로 제조한 인테버의 경우 크기는 길이 37.24m, 높이 17.25m, 날개 폭 23.79m, 무게는 68.6톤이며, 전후방 자세 제어용 연료를 채웠을 때의 무게는 88톤으로 늘어난다. 짐을 싣는 화물칸의 길이는 18.3m, 지름은 4.6m이며 최대 25톤의 짐을 싣을 수 있다. 2006년 12월 발사한 디스커버리호는 발사 때의 궤도선과 화물의 무게는 120.4톤이지만 지구로 돌아올 때의 무게는 102톤이었다. 비행기처럼 생긴 궤도선의 앞부분에는 승무원이 탑승하는데, 7명까지 탑승할 수 있도록 설계하였다. 승무원은 조종사 한 명, 선장 한 명, 비행임무 전문가 한 명, 탑재물 전문가 한 명, 기타 세 명의 승객이나 기술자가 탑승한다. 승무원실은 2층 구조로 되어 있는데 창문이 있는 위층이 비행 조종실로서, 우주왕복선의 궤도 비행, 대기권 재진입, 화물칸의 화물 이동, 착륙 등을 제어할 수 있는 각종 계기판들이 놓여 있으며, 일반 여객기와 비슷한 모양을 하고 있다. 발사할 때와 지구에 재돌입할 때 이곳에는 네 명이 탑승하며 나머지 인원은 아래층에 탑승한다. 아래층에는 화장실, 침실, 식당 및 조리시설, 그리고 각종 창

고로 되어있다. 승무원실의 공기는 질소와 산소를 혼합하여 지상과 똑같은 대기압으로 만들어 놓았기 때문에, 승무원들은 우주복을 입지 않고도 지낼 수 있다. 우주왕복선에서 필요한 전기는 연료전지로부터 공급되는데, 연료전지는 액체산소와 액체수소를 이용하기 때문에 전기와 함께 물도 생산되며, 이 물은 승무원들의 식수나 음식물 만드는 데, 그리고 화장실용으로 쓰인다.

궤도선의 뒷부분에는 주 엔진이 3개 부착되어 있다. 주 엔진은 우주왕복선이 발사될 때 외부탱크에 채워져 있는 추진제인 액체산소와 액체수소를 태워서 밀어 올리는 힘을 만드는 곳이다. 각 엔진이 100%의 성능에서 18만5천450kgf의 추력을 생산한다. 한 번의 발사에서 주 엔진의 작동 시간은 8분 30초이며, 7.5시간 연속해서 사용할 수 있도록 설계되었다. 주 엔진을 외부탱크와 궤도선에 부착시켜 놓은 이유는, 외부탱크는 한 번만 사용하고 버리지만 아주 값이 비싼 주엔진은 궤도선에 부착하여 궤도선과 함께 여러 번 사용하기 위함이다. 주 엔진의 크기는 길이 4.2m, 노즐 출구의 최대 지름 2.25m, 무게 3천150kg이며 연소시간은 520초, 비추력은 452초이다. 연소실의 화염온도는 섭씨 3천300도나 되며, 엔진 1개의 가격은 600억 원(\$60M) 정도이니 우주왕복선에 장착된 3개의 엔진가격만도 1천800억 원이다.

우주왕복선은 우주인이 탑승하기 때문에 신뢰성이 높아야 한다. 그리고 우주왕복선의 1회 비행에 1조3천억 원이라는 천문학적 비용이 드는 것도 큰 문제이다. 그 동안 비행 중 2대가 폭발하였고 나머지 3대를 2010년까지 사용할 계획인데 우주왕복선에서 가장 중요한 기술은 지구로 돌아오면서 대기와 마찰로 생기는 고열로부터 우주선을 보호하는 기술이다. 1982년부터 현재까지 모두 123회 우주비행을 하였다.

차세대 유인 우주선 오리온(Orion)

오리온 우주선은 승무원 모듈과 서비스 모듈, 그리고 발사도중 생기는 비상시기에 승무원 모듈을 안전한 곳으로 탈출시키는 발사 비상시스템으로 구성되어 있다. 승무원 모듈은 원추형으로 아폴로 달 탐사 프로그램에서 사용한 아폴로 캡슐과 같은 모양인데 크기만 키운 것이다. 직경은 5.5m이고 높이는 3.6m, 무게는 9천506kg이고, 내부 체적은 11m³로 아폴로 우주선보다 2.5배 넓다. 이렇게 아폴로 우주선으로 확대시킨 것은 이미 아폴로 캡슐은 달 탐험 계획에서 성공적으로 여러번 사용하며 그 안전성이 입증되었기 때문에 개발 기간과 위험성을 줄일 수 있기 때문이다. 한 번 발사에서 16일

간 활동할 수 있도록 설계할 예정이다.

서비스 모듈은 직경 5.5m 길이 3.46m의 원통형이며 엔진까지 포함하면 전체 길이는 6.22m이다. 그리고 추력 3천402kgf의 엔진이 장착되고 9.15kW의 전력을 생산할 수 있는 3천604cm²의 태양전지판이 설치되고 무게는 1만3천647kg이다. 승무원 모듈과 서비스 모듈을 합한 무게는 25톤이며 지구에 착륙할 때의 승무원 모듈의 무게는 7.337톤이다.

아폴로 캡슐과는 달리 육지에 낙하산을 펴고 착륙하며, 달 탐험에서는 4명이 탑승하고 우주정거장을 왕래할 때는 6명이 탑승할 수 있으며 10회 정도 재사용이 가능하도록 개발하여 2014년 우주정거장으로 처음 발사할 계획이다.

중국과 일본

중국의 유인우주선 선저우는 러시아의 소유스 우주선을 닮아 귀환용 캡슐과 추진 모듈, 그리고 궤도 모듈로 구성되어 있다. 전체 길이는 9.25m, 직경은 2.8m, 전체 무게는 7.84톤이다. 귀환용 캡슐은 직경 2.06m, 길이 2.52m의 원추형인데 3명이 탑승할 수 있으며 무게는 3.24톤이다. 선저우 귀환용 캡슐이 소유스 귀환용 캡슐보다 약간 길고 무겁다. 캡슐의 앞에는 궤도모듈이 있다. 궤도모듈은 길이 2.8m, 직경 2.25m이며 무게는 1.5톤이다. 캡슐의 뒤에는 서비스 모듈이 있는데 길이는 2.94m, 직경은 2.5m이며 무게는 3톤이다. 전체적으로 러시아의 소유스 우주선보다 길이는 30cm 무게는 600kg 정도 무겁다. 크기는 조금 다르지만 우주인의 생명 유지기술과 지구귀환기술 등 많은 첨단유인우주선기술을 러시아로부터 기술이전받았다고 한다. 2003년 선저우 5호가 우주인을 태우고 첫 발사되었고 2005년 6호가 발사되었다. 7호는 베이징 올림픽 기간 중 발사할 예정이다.

중국의 선저우 우주선 발사로 일본도 유인우주선 발사를 계획하고 있지만 아직 구체적인 계획은 발표된 바 없다. 유인 우주선 개발에는 천문학적 개발비가 필요하고 유인우주선의 개념에 따라 지구로 귀환할 때 넓은 착륙장소가 필요하다. 일본은 넓은 착륙장소가 없기 때문에 활주로에 착륙하는 형태의 소형 우주왕복선을 개발할 것으로 예측된다. ㉔



글쓴이는 경희대 물리학과를 졸업 후, 기계공학과에서 석사학위를, 미국 미시시피주립대에서 항공우주공학 석사·박사학위를 받았다. 유한대학 기계과 교수, 미국 항공우주국 루이스 연구소 방문교수, 항공우주연구원장을 지냈으며 현재 한국항공우주연구원 전문연구위원으로 재직하고 있다.