

Global &

SpaceX Starship 9th 테스트: 완전 재사용 발사체 상용화의 서막

- 사상 최초 1단 부스터 재사용 및 2단 Ship의 지구 재진입 테스트 예정
- 엔진 고장 가정 비상 착륙 시험 등 재사용 신뢰도 및 데이터 확보
- 신기술 '페즈 디스펜서'를 이용한 위성 배치 능력 검증

현지 시각 5월 27일 오후 6시 30분에 9차 Starship 테스트가 수행될 예정. 이는 3월 Starship 8차 테스트 이후 약 2개월 만. 지난 7~8차 테스트에서 2단 발사체 Ship의 문제로 수행하지 못했던 우주공간에서의 다양한 시험을 다시 시도할 계획.

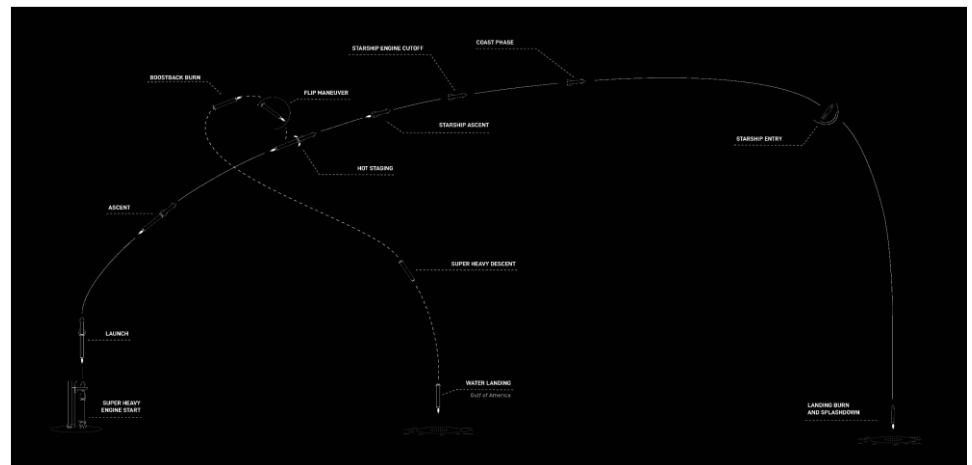
SpaceX와 FAA가 조사한 7차 테스트에서 발생한 2단 발사체의 사고 원인은 비행 중 지상 테스트에서 관측되었던 것보다 몇 배 강한 공진성 진동으로 연료 공급라인에 손상이 발생하며 추진제가 누출. 누출된 추진제로 인해 화재 및 연쇄적인 엔진 정지를 유발하며 기체가 통제력을 상실하며 폭발.

8차 비행 테스트도 2단 발사체의 랩터 엔진 하드웨어 시스템이 고장 나며 분리되어야 할 산화제와 연료가 연소실에 주입되기 전 혼합되며 통제 불가능한 폭발적인 연소가 발생. 이러한 에너지 이벤트로 인한 폭발로 엔진 기능이 순차적으로 정지. 결국 7차 발사와 마찬가지로 통제력을 상실하며 폭발.

연료 공급 라인이나 엔진 내부는 이미 고온·고압의 매우 도전적인 환경이라는 점에서 사소한 변수도 큰 문제를 야기할 수 있음. 이번 9차 발사에 사용되는 Ship은 이러한 문제점을 개선한 버전.

이번 9차 테스트에서 주목해야 하는 부분은 완전 재사용에 첫 단추가 될 1단 부스터의 재사용과 2단 발사체 Ship의 귀환 및 회수를 위한 재진입 실험. 그리고 다양한 항법 및 제어 데이터를 확보하기 위한 슈퍼 헤비 부스터의 해상 착륙 및 비상 상황 대비 능력 확인임. 이 외에도 Starship 발사체의 주요 미션이 될 차세대 위성 배치 시험도 주목할 필요.

그림 1. SpaceX의 Starship 9th 시험 계획



자료: SpaceX, 미래에셋증권 리서치센터

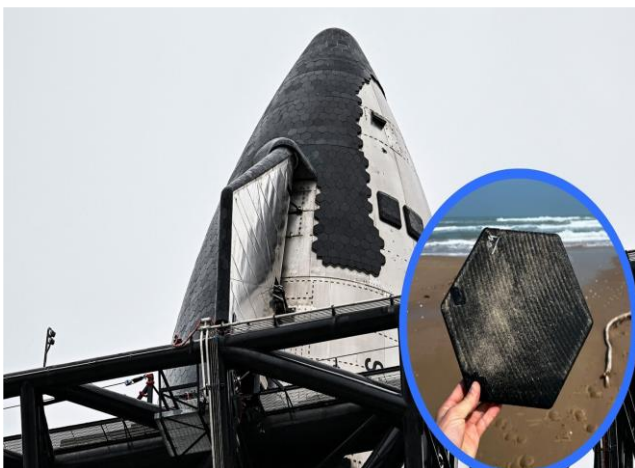
이번 9차 테스트에 재사용되는 슈퍼 헤비 부스터는 7차 테스트에서 사용됐던 부스터 14로 Starship 시험 발사 최초로 재사용 부스터를 활용하는 첫 케이스로 의미가 크다고 볼 수 있음. 이번 시험은 SpaceX의 재사용 발사 기술의 핵심인 부스터를 여러 번의 비행에 걸쳐 재사용할 수 있다는 것을 증명하는 주요 이정표가 될 것.

Falcon9도 15년 12월 최초로 1단 부스터가 수직 이착륙에 성공한 이후, 회수된 부스터를 활용하여 로켓을 발사한 것은 17년 3월로 약 1년 3개월가량 시차가 있었음. 하지만 이러한 경험을 토대로 Falcon9의 업그레이드 버전인 Falcon9 블록 5 개발에 성공. 18년 5월 첫 비행을 시작으로 2019년부터 빠르게 재사용 횟수가 늘어나기 시작했으며, 현재 1단 부스터 당 약 20회 이상 재사용하며 상업용 발사체 시장을 장악하고 있음.

Falcon9 케이스처럼 9차 테스트에서 재사용 부스터의 사용을 성공적으로 수행하더라도 곧 바로 완전 재사용 발사체 개발이 완료되는 것은 아니지만, Starship은 기초부터 완전 재사용을 기반으로 만들어졌다는 점과 Falcon9을 통해 확보한 노하우로 인하여 기술 개발 속도는 더욱 가속화될 것으로 전망. 게다가 1단 슈퍼 헤비의 재사용에 따른 비용 감소 효과도 기술 개발 과정에서 긍정적인 영향을 줄 것.

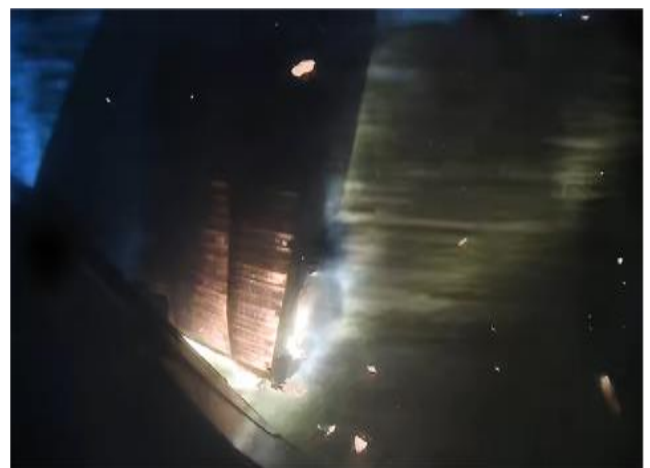
두 번째 관전 포인트는 7~8차 테스트에서 수행하지 못했던 Ship의 귀환 및 회수 테스트. 이는 완전 재사용 기술을 확보하기 위해서 매우 필수적인 시험, 두 가지 주요한 시험이 이뤄질 예정으로 능동냉각 기능을 가진 방열 타일을 포함한 여러 금속 타일 옵션을 테스트하여 Starship을 보호할 대체 재료에 대한 데이터를 확보할 예정. 또한 재진입 시 최대 동압 지점에서 의도적으로 상단부 후방 플랩의 구조적 한계를 시험할 계획. 이 같은 시험을 반복하는 이유는 일론 머스크가 밝힌 Starship 100회 재사용을 목표를 수행하기 위해서는 필요한 성능보다 더 강한 내구도를 갖추고 있어야 하기 때문.

그림 2. Starship의 방열 타일



자료: OrbitalToday, 미래에셋증권 리서치센터

그림 3. 4차 Starship 실험 중 하중이 집중되며 파괴된 플랩



자료: SpaceX, 미래에셋증권 리서치센터

그리고 2단 발사체의 재진입 시 비선형 구간을 극복하는 제어 과정보도 지켜볼 필요. 초음속 역추진을 통해 감속하는 Falcon9과 달리 Starship을 통해 재진입 시 동체 거대 플랩을 활용한 새로운 공력 제어 방식을 사용. Starship은 플랩을 활용해 낙하 시 발생하는 공기 저항으로 속도를 줄이다가 지면 근처에서 엔진을 재점화해 기체를 수직으로 세우는 복잡한 제어를 구현했으며, 이는 초음속-아음속 전환과 역추진을 모두 포함하는 매우 높은 난이도의 과정임. 이렇듯 높은 난이도의 우주 미션을 반복적으로 수행하기 위해서는 다양한 비선형 데이터의 수집이 필수.

세 번째는 슈퍼 헤비 부스터의 다양한 성능 시험과 신뢰성을 향상시키기 위한 데이터 수집할 예정. 해상 착륙 시도를 통해 여러가지 회수 경로에 대한 제어 및 각종 데이터를 확보하고 인위적인 엔진 비활성화를 통해 착륙 시험을 시행할 예정. 슈퍼 헤비 부스터는 원래 중앙 3개의 랩터 엔진으로 착륙 과정을 수행하지만 이번 시험에서는 인위적으로 하나의 엔진을 끄고 착륙을 진행할 계획.

그림 4. 착륙 마지막 단계에서 3개의 랩터 엔진으로 정밀하게 추력을 조절하는 Starship



자료: SpaceX, 미래셋증권 리서치센터

이를 위해서는 착륙 연소 과정에서 스로틀링 조절을 통해 엔진 추력에 변화를 줄 수 있어야 함. 또한 바깥쪽의 백업 엔진을 예비로 사용하여 로켓의 제어 시스템이 예상치 못한 추력 불균형을 감지하면 즉시 백업 엔진을 가동하여 자세를 안정시킬 수 있는지 여부 등을 확인하여 완전 재사용을 위한 신뢰성 확보 및 다양한 데이터를 수집할 예정.

이번에 시행되는 8개의 V2 스타링크 위성의 시뮬레이터 배치도 주목할 필요가 있음. 최근 SpaceX는 차세대 위성 개발을 통해 성능을 꺾하고 있음. 하지만 문제는 위성의 무게가 빠르게 증가한다는 점. 이에 스타링크 V2 위성은 현재 배치되고 있는 V2 MINI 버전 대비 약 1.5배 무거워 Starship 전용으로만 배치가 가능.

V2 위성은 과거 V1.5 위성 대비 약 10배 이상의 향상된 통신 용량을 가지고 있을 것으로 추정되고 대형화된 크기로 전력 향상과 신형 아르곤 추진 시스템을 통해 위성이 궤도에 진입하고 위치를 조정할 때 전 과정의 효율과 안정성을 높였음. 해당 위성이 본격적으로 배치된다면 스타링크의 위성망의 성능은 대폭 개선될 것으로 기대.

표 1. Stalink 위성의 버전별 성능 및 무게 변화

항목	V1.0	V1.5	V2.0	V2.0 미니
크기 (질량)	약 227kg	약 260kg	약 1,250kg, 길이 약 30m (태양 전지판 전개 시)	약 800kg
발사체	Falcon 9	Falcon 9	Starship (개발 중)	Falcon 9
궤도	550 km (초기)	540 km, 570 km 등	340 km, 525 km, 530 km, 535 km	340 km, 525 km, 530 km, 535 km
수명	5~7년	5~7년	5~7년	5~7년
주파수 대역	Ku-band, Ka-band	Ku-band, Ka-band	Ku-band, Ka-band, V- band, E-band	Ku-band, Ka-band, V- band, E-band
위성 간 레이저 통신 (ISL)	미탑재	탑재 (4개 레이저 송수신기)	탑재	탑재
추진체	크립톤 이온 추진기	크립톤 이온 추진기	아르곤 이온 추진기	아르곤 이온 추진기
5G NR g-NB (기지국 기능)	미탑재	미탑재	탑재 예정	탑재 (일부 기능)
특징	- 초기 버전 - 저궤도 인터넷 시험	- 레이저 통신 도입 - 서비스 범위 확대 (극지방 포함) - 지연 시간 단축	- 대형화 - 고성능, 대용량 - 5G 기지국 기능 - Starship 발사체에 최적화	- V2.0 핵심 기술 유지 - 크기 축소 - Falcon 9 발사 가능 - 빠른 배치 - V1.5 대비 향상된 성능
한계	- 지상 게이트웨이 의존도 높음 - 제한적인 서비스 범위 - 상대적으로 긴 지연 시간	- 궤도 조정 속도 제한적	- Starship 개발 지연 - 발사 비용 증가 - 우주 쓰레기 문제 우려	- V2.0 대비 제한적인 대역폭 및 사용자 수용 능력
상태	초기 버전	주력 버전	개발 중	주력 버전

자료: SpaceX, 언론 보도, 미래에셋증권 리서치센터

그림 5. 펄스 디스펜서를 사용한 위성 방출 과정 랜더링



자료: SpaceX, 미래에셋증권 리서치센터

그림 6. 신기술로 페어링 분리없는 위성 방출이 가능해진 Starship



자료: SpaceX, 미래에셋증권 리서치센터

Starship은 펄스 디스펜서라는 신기술을 사용하여 위성을 방출하는 독특한 방식을 사용할 예정. 펄스 디스펜서(Pez Dispenser)는 SpaceX가 차세대 스타링크 위성을 Starship에서 방출하기 위해 고안한 독창적이고 혁신적인 화물 배치 시스템. 이 기술의 이름은 사탕을 하나씩 밀어내는 장난감 펄스(PEZ)에서 유래했으며, 그 작동 방식과 장점이 기존의 위성 방출 기술과는 완전히 다른 구조. 과거 위성 배출 과정은 페어링을 분리하고 위성을 배출하여 버려지는 페어링으로 인한 비용과 더불어 지구 재진입 시 발사체의 내부 보호가 불가능했으나 펄스 디스펜서와 같은 신기술로 인하여 비용절감과 지구 재진입 시 발사체의 내부를 보호할 수 있게 된 것.

이번 9차 테스트는 스타십 시험 발사 최초로 재사용 부스터를 활용, 완전 재사용을 향한 첫 단추를 꿰는 주요 이정표가 될 것으로 전망. 과거 Falcon9이 부스터 회수 후 재사용까지 약 1년 3개월이 걸렸던 경험에 비추어 볼 때, 축적된 노하우로 스타십의 기술 개발 속도는 더욱 가속화될 것으로 기대됨. 또한 지난 테스트에서 실패했던 2단 Ship의 성공적인 귀환과 회수는 물론, 의도적인 엔진 비활성화를 통한 부스터의 비상 대응 능력 및 한계 내구성 시험, 그리고 '페즈 디스펜서'를 활용한 차세대 위성 배치 시험까지 모두 포함한다는 점에서, 이번 비행은 단순한 성공 여부를 넘어 100회 재사용이라는 궁극적 목표 달성과 상업적 임무 수행 능력을 증명하기 위한 핵심 데이터를 확보하는 종합적인 과정으로 평가할 수 있음.

Compliance Notice

- 당사는 본 자료를 제3자에게 사전 제공한 사실이 없습니다.
- 본 자료는 외부의 부당한 압력이나 간섭없이 애널리스트의 의견이 정확하게 반영되었음을 확인합니다.

본 조사분석자료는 당사의 리서치센터가 신뢰할 수 있는 자료 및 정보로부터 얻은 것이나, 당사가 그 정확성이나 완전성을 보장할 수 없으므로 투자자 자신의 판단과 책임하에 종목 선택이나 투자시기에 대한 최종 결정을 하시기 바랍니다. 따라서 본 조사분석자료는 어떠한 경우에도 고객의 증권투자 결과에 대한 법적 책임소재의 증빙자료로 사용될 수 없습니다. 본 조사분석자료의 지적재산권은 당사에 있으므로 당사의 허락 없이 무단 복제 및 배포할 수 없습니다.