

3R 관점에서 혁신에 성공한 기업들, 스페이스X와 캐터필러

이종민 연구위원, 철강연구센터 (fermi@posri.re.kr)

목차

1. 제품 수명 주기를 연장하는 3R
(Reuse, Repair, Remanufacturing)
2. 재사용(Reuse, Repair) 발사체를 통한
원가절감으로 상업 우주 시대를 연 스페이스 X
3. 재제조(Remanufacturing)를 통한 생산원가절감을
실현한 캐터필러
4. 종합 및 시사점

Executive Summary

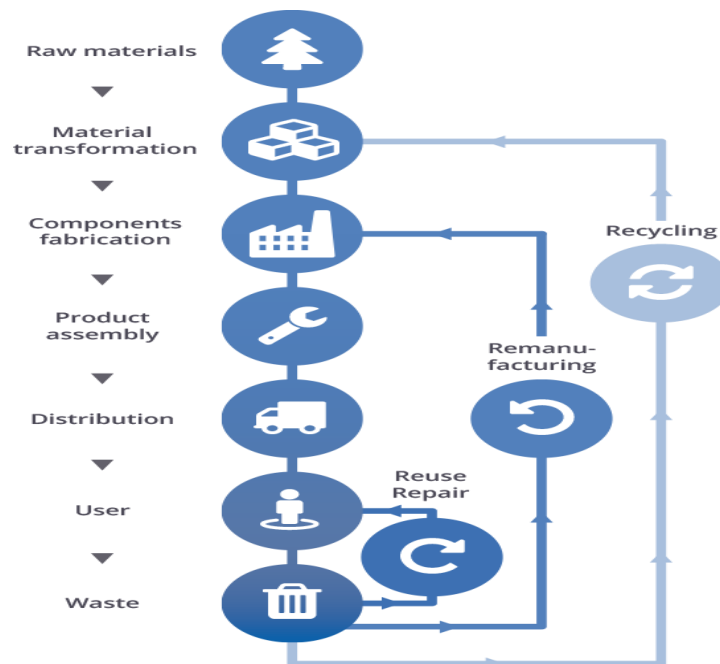
- 순환경제 관점에서 제품의 수명 주기를 연장하는 방법은 크게 Reuse(재사용), Repair(수리), Remanufacturing(재제조)의 3R로 구분
 - Reuse(재사용), Repair(수리)는 사용된 제품을 소비자가 다시 소비하는 형태를 의미하며, Remanufacturing(재제조)은 사용 후 제품을 체계적으로 회수한 후 일련의 과정을 거쳐 원래 성능을 유지할 수 있도록 만드는 형태
 - Remanufacturing(재제조)은 제품 회수 후 비파괴 분해, 세척검사, 보수 및 조정, 재조립 과정을 통해 제품 원래의 성능을 유지할 수 있도록 제조하는 것으로, 에너지 및 자원절감 효과가 우수한 자원순환 방법
- 일론 머스크가 인류를 화성에 보낸다는 비전으로 설립한 Space X는 재사용(Reuse, Repair) 발사체를 통한 원가절감으로 상업 우주 시대를 연 대표적인 혁신 기업
 - 재사용 증가에 따른 수리 비용은 '17년 U\$1,300만 수준에서 '22년 U\$100만 수준으로 92% 하락했으며, '22년 기준 발사 비용은 U\$6,700만 수준으로 집계. 이는 아리안 로켓 등 경쟁업체 발사 가격의 1/5 수준에 불과
 - 스페이스 X 발사체의 평균 재사용 주기는 '17년 팰컨 9의 경우 356일이었으나, '21년에는 27일, '22년에는 21일로 단축
 - 스페이스 X는 1단 로켓의 재사용뿐만 아니라, 부품도 적극 재활용
 - 적재한 화물을 보호하고 공기저항을 최소화하기 위해 적재 화물을 덮는 페어링 및 화물과 우주인을 국제우주정거장으로 실어나르는 데 사용하는 카고 드래건(Cargo Dragon)과 크루 드래건(Crew Dragon)의 캡슐도 재사용
- 글로벌 건설장비 제조업체인 캐터필러(Caterpillar)는 1973년부터 재제조(Remanufacturing & Rebuild operations) 프로그램을 시행
 - 동사는 이 프로그램을 통해 자체 완제품의 생산원가를 절감하고, 재생산된 부품을 판매. 재제조된 부품은 신규 부품 대비 45~85% 가격 수준에 판매되며, 재제조되는 부품의 수는 약 8,000종에 달함
 - 재제조된 부품 사용 시, 신규 부품 대비 온실가스 배출량이 65~87% 감축
- 최근 경영트렌드는 환경 보전과 함께 자원 및 에너지의 효율적 사용이 기업 경쟁력의 중요 요소로 부각
 - 산업 성장을 위한 천연자원의 무분별한 채취와 사용이 구시대적 관행으로 전략 하면서, 제품수명 주기 연장을 위한 3R(Reuse, Repair, Remanufacturing)이 기업 경쟁우위의 원천으로 부상

1. 제품 수명 주기를 연장하는 3R(Reuse, Repair, Remanufacturing)

□ 순환경제 관점에서 제품의 수명 주기를 연장하는 방법은 크게 Reuse(재사용), Repair(수리), Remanufacturing(재제조)의 3R로 구분

- Reuse(재사용), Repair(수리)는 사용된 제품을 소비자가 다시 소비하는 형태를 의미하며, Remanufacturing(재제조)은 사용 후 제품을 체계적으로 회수한 후 일련의 과정을 거쳐 원래의 성능을 유지할 수 있도록 만드는 형태
 - Remanufacturing(재제조)은 제품 회수 후 비파괴 분해, 세척 검사, 보수 및 조정, 재조립 과정을 거쳐 제품 원래의 성능을 유지할 수 있도록 제조하는 방법으로 에너지 및 자원 절감 효과가 우수한 자원순환 방법
 - 환경면에서 경제적 우선순위는 제품 초기 제작 단계부터 소재 및 에너지 사용을 줄이는 감량화(Reduce)가 가장 높은 것으로 평가되며, Reuse/Repair(재사용, 수리), Remanufacturing(재제조) 순으로 인식

[제품의 수명 주기 프로세스]



자료: the European Remanufacturing Network

- 본 이슈리포트는 3R(Reuse, Repair, Remanufacturing) 관점에서 혁신에 성공하여 높은 성과를 이룩한 Space X와 캐터필러 사례를 살펴보고 시사점을 얻고자 함

2. 재사용(Reuse, Repair) 발사체를 통한 원가절감으로 상업 우주 시대를 연 스페이스 X

□ 스페이스 X(Space Exploration Technologies)는 테슬라(Tesla) CEO로 유명한 일론 머스크(Elon Musk)가 '02년 5월, 인류를 화성에 보낸다는 비전으로 설립

- 일론 머스크는 애초부터 소련 해체 이후 방치되어 있던 러시아의 오래된 로켓을 사서 핵탄두를 제거한 뒤 활용하는 전략을 구상
 - 하지만, 당시 불거진 미국과 러시아의 지정학적 갈등과 러시아 측의 과도한 가격 제시로 해당 발사체를 구입하는 데 실패
- 미국으로 돌아오는 비행기 안에서 로켓에 들어가는 재료 원가를 계산한 뒤, 회사를 설립하여 로켓을 자체 제작하기로 결심
 - 공동 창업한 페이팔(Paypal)을 매각해 확보한 U\$1억8,000만 중 U\$1억을 투자하여, '02년 스페이스 X를 설립
- 일론 머스크의 사업 계획은 당시 NASA 등의 우주개발 비용을 고려할 때, 비현실적 플랜으로 여겨져 조롱의 대상이 되기도 했음
 - 사업 초기 목표는 '03년 내에 1단 로켓, 2단 로켓, 동체, 부품 조립, 발사대 설치, 발사까지 단돈 U\$3,000만에 완수하는 것
 - 스페이스 X 최초의 발사체는 팰컨 1(Falcon 1)로 '06.3월에 첫 발사를 시도하고, '08년에는 민간기업 최초로 액체 연료를 활용해 지구 궤도에 도달
 - 팰컨 9는 역추진하여 지상에 착륙한 데 이어 세계 최초로 해상 바지선에 착륙하는 데 성공. '17년에 팰컨 9 재사용에 성공함으로써 스페이스 X는

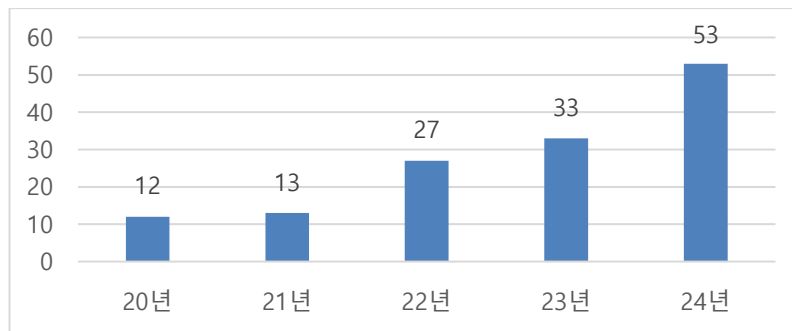
현재 세계에서 가장 많은 위성을 쏘아 올린 기업(5,000개 이상)으로 자리매김함

□ 스페이스 X의 사업 성공의 근본은 재사용 발사체를 통한 극적인 원가절감에서 기인

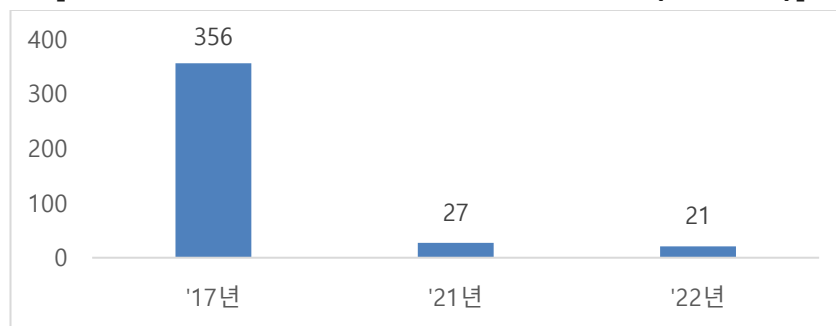
○ '23.11.20. 기준, 팰컨 9의 1 단 로켓 중에서 가장 많이 재사용된 로켓은 B1058 로켓으로, 총 18 번의 발사에 사용

- B1060 로켓은 지금까지 17번의 발사에 사용됐고, B1061 로켓과 B1062 로켓은 각각 16번 사용
- 스페이스 X 발사체의 평균 재사용 주기는 '17년 팰컨 9의 경우 356일이었으나, '21년에는 27일, '22년에는 21일로 단축
- 재사용 증가에 따른 수리 비용은 '17년 U\$1,300만 수준에서 '22년 U\$100만 수준으로 92% 하락했으며, '22년 기준 발사 비용은 U\$6,700만 수준으로 집계. 이는 아리안 로켓 등 경쟁업체 발사 가격의 1/5 수준에 불과

[스타링크 임무를 제외한 민관 발사 제공 횟수]



[팰컨 9 발사체 연도별 평균 재사용 주기(단위: 日)]



○ 스페이스 X는 1 단 로켓의 재사용뿐만 아니라, 부품도 적극 재활용

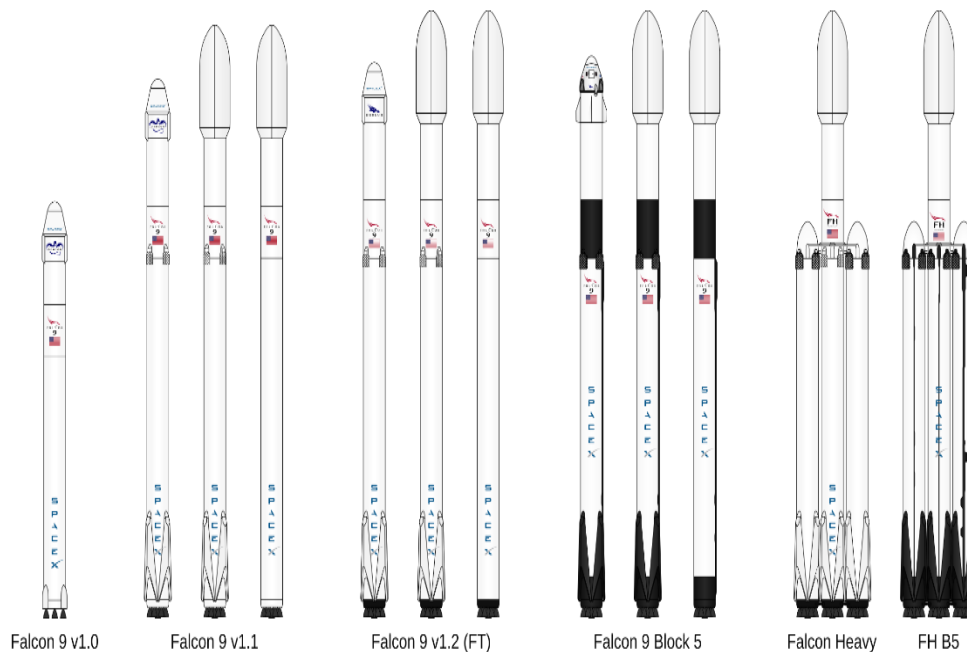
- 적재한 화물을 보호하고 공기저항을 최소화하기 위해 적재 화물을 덮는

페어링 및 화물과 우주인을 국제우주정거장으로 실어나르는 데 사용하는 카고 드래곤(Cargo Dragon)과 크루 드래곤(Crew Dragon)의 캡슐도 재사용

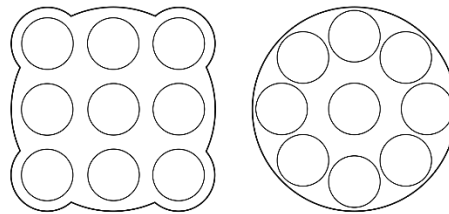
○ 원가절감을 위한 수직 계열화 및 극한의 비용 효율화를 추구

- 현재, 동사는 엔진과 발사체 등 전체 부품의 85%를 캘리포니아 호손 지역에서 직접 제조
- 일론 머스크는 테슬라 등에서 발휘했던 원가절감 노하우를 스페이스 X에 적용하면 기존 업체 제품 대비 원가절감이 가능하다고 판단해, 수직계열화를 적극 추진
- 규모의 경제를 통한 제조단가 하락도 원가절감의 한 방법인데, 팰컨 9는 9개의 소형 엔진을 클러스터 형식으로 묶은 방식으로 대형 로켓 엔진 하나가 아닌, 소형 로켓 엔진 여러 개를 대량 생산하여 제조 단가를 절감
- 항공 업계는 팰컨 9의 개발 비용은 U\$3 억인데, 비슷한 성능의 발사체를 NASA가 개발했다면 U\$40 억 수준이었을 것이라고 추정

[팰컨 시리즈 로켓 형태]



[펠컨 9 v1.0 및 v1.1 엔진 구성 형태]



3. 재활용 생산(Remanufacturing)을 통한 생산원가절감을 실현한 캐터필러

- 글로벌 건설장비 제조업체인 캐터필러(Caterpillar)는 1973년부터 재제조(Remanufacturing & Rebuild operations) 프로그램을 시행
 - 동사는 건설기계 종합 생산 부문에서 세계 1위 기업으로, 특히 재제조 분야에서는 40년 이상 신제품과 동등한 성능, 신뢰성 및 보증을 제공하는 제품을 생산, 공급하는 선두 기업임
 - 미국, 유럽, 인도, 브라질 및 싱가포르 등에 재제조 공장을 운영
 - 동사는 재제조 프로그램을 통해 자체 완제품의 생산원가를 절감하고, 재생산된 부품을 판매
 - 예컨대, 디젤차 연료분사장치는 수십만 마일(Mile)마다 흡이 마모되어 교체해야 하지만 캐터필러는 레이저 기술을 활용해 흡을 원래 상태로 되돌려 U\$3였던 제조원가를 1/6 수준인 U\$0.5로 절감
 - 재제조된 부품은 신규 부품 대비 45~85% 수준에 판매되며, 부품의 수는 약 8,000종에 달함
 - 재제조된 부품 사용 시, 신규 부품 대비 온실가스 배출량이 65~87% 감축되는 효과가 발생

[캐터필러의 부품 순환 및 재제조 프로세스]



*고장 전 교체를 권장합니다.
실패 후 교체하면 부분 크레딧이 발생할 수 있습니다.

자료: 캐터필러 공식 한국 웹사이트

- 캐터필러는 재제조 제품이 새 제품과 동일한 성능을 낼 수 있도록 제품개발 단계에서부터 내구성이 강한 부품을 제작
 - '06.9월, 스티븐 피셔 캐터필러 부사장은 Business Week에서 '부품을 1/100cm 두껍게 설계하면 생산비가 U\$1 추가될 수 있다. 하지만 그 덕분에 부품을 두 번, 세 번, 혹은 네 번 이상 재활용할 수 있다면 충분히 그럴 가치가 있다.'고 언급
 - 동사는 '23년에 수명이 다한 제품의 88%를 회수하여 다시 사용했으며, 이때 고객으로부터 회수된 부품의 철 무게는 1억 4,700만 파운드(6.7만 톤)에 달함
 - 캐터필러에 제품, 부품을 반납한 고객에게는 재제조 부품을 할인된 가격으로 구매할 수 있는 코어 적립금(Core credit)을 지급함으로써 재구매를 유도하여, 고객의 브랜드 충성도를 제고
 - 캐터필러는 자재 비용이 운영 비용의 65%를 차지하는 상황에서 새로운 장비 판매보다 분해와 재제조가 쉬운 부품을 생산하고, 재제조 프로그램을 도입하여 성장동력으로 구축

- 동사는 기존 제품의 수명을 연장하는 캐터필러 인증 재구축(Cat® Certified Rebuild Program) 서비스도 운영
 - 고객이 새 장비를 구입하는 비용보다 훨씬 적은 비용으로 기존 제품을 업데이트해, 수명을 늘려주는 서비스를 운영
 - 숙련된 전문가들이 350개 이상의 테스트를 통해 약 7,000개의 부품을 자동 교체하여 최신 엔지니어링 업데이트를 진행
 - 캐터필러는 이와 같은 과정을 거쳐 중고 장비의 안정성을 높이고, 지속적인 검증과 A/S, 중고 장비 인증 서비스를 제공함으로써 고객 신뢰도를 제고

4. 종합 및 시사점

- 최근 경영트렌드는 환경 보전과 함께 자원 및 에너지의 효율적 사용이 기업 경쟁력의 중요 요소로 부각
 - 산업 성장을 위한 천연자원의 무분별한 채취와 사용이 구시대적 관행으로 전략하면서 제품수명 주기 연장을 위한 3R(Reuse, Repair, Remanufacturing)이 기업 경쟁우위의 원천으로 부상
- Space X와 캐터필러는 상기 3R 관점에서 발상의 전환을 바탕으로 기존 경쟁업체 대비 경쟁우위를 확보한 혁신 기업의 대표 사례라고 평가
 - Space X는 그동안 막대한 비용 때문에 민간 부문에서는 어렵다고 인식되었던 우주 사업 분야를 발사체 및 주요 부품의 재활용 및 수리(Reuse, Repair)를 통해 명실상부한 선도 업체로 각인
 - Space X는 발사체 재활용 및 부품 재수리, 재활용을 통해 기존 NASA 등이 우주 사업에서 수행했던 비용 대비 1/10 이하 수준으로 원가절감을 실현
 - Space X의 사업모델 및 원가절감은 자원 재활용 등 순환경제 측면에서 볼 때 他산업 및 기업에도 시사하는 바가 큼
 - 캐터필러의 순환경제 시스템은 자재 비용 절감과 충성 고객층 확보 측면에서 높은 성과를 창출
 - 캐터필러는 제품을 생산할 때부터 재제조 제품이 새 제품과 동일한 성능을 낼 수 있도록 내구성을 강화해 제작하고 있으며, 기존 제품의 수명을

연장시키는 서비스도 제공

- 캐터필러 인증 재구축 서비스는 고객이 새 장비를 구입하는 비용보다 훨씬 적은 비용으로 제품을 업데이트해 기존 제품의 수명을 연장하는 방식. 이 과정에서 350개 이상의 테스트를 거치고, 약 7,000개의 부품이 자동으로 교체됨
- 동사의 <2020 지속가능 보고서>에 따르면 이와 같은 순환경제 시스템을 통해 온실가스 배출량을 2006년 대비 51%가량 줄였고, 신재생에너지를 에너지원으로 사용하는 비율을 33% 달성하며 목표치(20%)를 넘겼다고 밝힘

□ 국내 기업들도 생산, 정비 공정 활동에서 발상의 전환으로 3R(Reuse, Repair, Remanufacturing) 관점의 전반적인 검토가 필요한 시점

- 순환경제 측면에서 잠재된 낭비 요소를 제거하고, 새로운 원가절감 요소가 있는지 지속적으로 모니터링함으로써 추가적인 경쟁우위 요소 발굴이 필요
- 이와 함께 제품 설계 및 신규 설비 도입 시, 부품 재활용(Reuse) 및 재제조(Remanufacturing)에 대한 설계 작업이 반영되어야 함

이 자료에 나타난 내용은 포스코경영연구원의 공식 견해와는 다를 수 있습니다.

[참고자료]

[보고서/논문]

삼성증권, 2024.1.17., "상업우주 2.0. 이미 불붙은 우주경쟁의 도화선"

한국생산기술연구원(KITECH) 자원순환기술지원센터 & 한국 건설기계부품재제조협회,
2019.01, "건설기계 부품 재제조기술 가이드라인"

한국추진공학회지 Vol. 23, No. 6, pp. 72-86, 2019, 이금오, "Space X의 발사체 개발 전략
분석" Caterpillar 2023 Sustainability Report

DBR, '21.8월호 Issue 1, "제품 만들 때부터 중고 활용 전략, 브랜드가치 높이고 신규
수익원 창출"

[홈페이지]

Space X 웹사이트 (spacex.com)

Caterpillar 웹사이트 (www.caterpillar.com)

European Remanufacturing Network (www.remanufacturing.eu)