

# 레일 건과 바켓 시스템

—우주수송수단의 재검토—

## 레일 건의 개념과 원리

고압 가스의 팽창력을 이용하는 전통적인 것이라고도 말할수 있는 대포에 의한 발사는 기술적으로는 극히 단순한 일이다. 이 방식 같으면 현재 우리들이 보유하고 있는 기술만으로도 지구주위 선화궤도에 인공위성체를 쏘아 올리는 궤도발사용 런처를 단기간내에 개발할 수가 있을 것이다.

그러나 한편으로는 대포에 의한 고속은 아무래도 한계가 있다. 또 많은 연료가스나 화약을 연소시키는데서 오는 에너지의 상당량이 폐열로서 쓸데없이 버려지는 메카니즘은 에너지의 효율이라는 점으로 볼때 이상과 거리가 멀다. 또 장래에는 지구에서 쏘아올리는 일뿐만 아니라 달 등 대기가 없는 천체에서 자재를 발사해야할 필요성이 생기게 될것으로 본다.

이와같은 작업에 사용할 경우 대량의 산소나 고압가스를 사용하는 대포는 코스트면에서 결정적으로 불리하게 된다.

그래서 근년에 미래의 머스트라이버의 결정판으로 많은 연구원의 시선을 집중 시키고 있는것이 EML (Electro Magnetic Launcher) 즉 '전자 가속 런처'이다.

현재 전자가속런처는 크게 세가지의 다른 방식으로 나누어진다. '레일 건', '리니어 모터' 그리고 '솔레노이드 쿠엔터 건'이다.

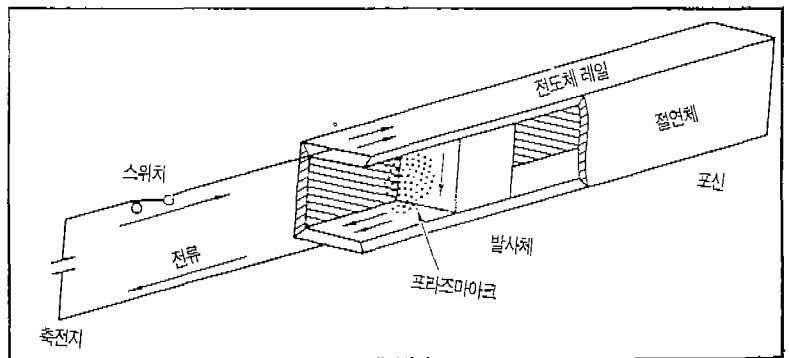
먼저 레일 건으로 불리우는 시스템은 EML중에서도 가장 옛부터 그 원리가 알려져 있다. 기록에 의하면 1844년에 그것을 사용할 구상이 있었다고 한다.

그 원리는 극히 단순하다. 도체로 된 두개의 레일 사이에 역시 도체로 된 탄환을 끼워, 레일의 하나에서 직류전류를 흘려보내고 또 다른 하나의 레일에 환류시킨다. 그러면 전류에 직교하는 쪽에서 자장이 생기고 게다가 전류와 자장이 교차하고 있는 평면에 대해 수직방향으로 '로렌츠 력'이라고 불리우는 힘이 생겨 탄환을 추진시키는 것이다. 이 원리를 응용하면 보통 대포보다 훨씬 빠른 속도로 탄환을 투사할 수가 있다고 기대된다.

이 레일 건의 원리를 더 구체적으로 보면 매우 높은 전압의 전류를 한쪽 레일로부터 탄환의 뒤에 달린 얇은 금속판을 통하여 다른 쪽의 레일에 흘린다. 이때 금속 판에는 높은 전류에 의해 플라즈마가 생기고 이 플라즈마에 의해 말한 로렌츠력이 작용하여 그 압력이 아주 고속으로 탄환을 밀어 내어 발사하게 되는 것이다.

이 원리가 처음 발표 되었을 때는 모두 새로운 획기적인 연구라고 했었다. 다만 문제는 초고압의 전류를 순간적으로 흐르게 만드는 일이 가장 큰 과제였다. 이 원리는 실험실에서는 매우 효과적으로 작동되어 구체적인 실물 제작에 들어 갔었다.

제1차, 제2차 세계대전 당시에는 무기개발을 위해 독일이나 일본에서도 레일 건의 연구가 활발이 추진되어 왔다. 그러나 레일 건에는 순간적으로 방대한 전류를 발생시킬수 있는 전류



레일건의 원리

가 필요하나 당시에는 그와같은 훌륭한 전원이 존재하지 않았다. 또 레일과 탄환이 접촉하고 있지 않으면 안된다는 제약때문에 양자의 마찰이 생겨 원리에서 생각했던 만큼의 속도도 낼 수가 없었다. 결국 당시의 기술력으로 이러한 문제를 풀지 못하고 연구는 그대로 포기되고 말았다.

그러나 60년대 후반에 레일 건의 연구에 새로운 전기가 시작되었다.

호주 국립대학의 리처드 마셜등은 '호모폴러(동극발전기)'라고 불리는 발전기를 도입함으로써 레일 건의 능력을 비약적으로 향상시키는데 성공했다.

호모폴러(호모폴 발전기)의 원리는 또한 비교적 단순한 것으로 1831년 마이켈 패라다에 의해 처음으로 제시되었던 것이다. 도체로 된 원판에 자장을 수직으로 걸어 원판을 회전시키면 원판의 주축과 가장자리축에 전압차가 생긴다. 거기서 도선과 가장자리축과 원판의 축 사이를 연결하면 원판에 방사상으로 전류가 흐르게되어 대단히 빠른 동작으로 강력한 직류전류를 낼게 되는것이다. 마셜의 연구팀은 출력 550메가줄(55만키로줄)의 세계최대

호모폴러를 사용하여 길이 5미터의 레일 건으로 3그램의 탄환을 초속 5.9km의 속도로 발사하는데 성공했다.

뒤에 이것을 미국의 국방부가 주시하게 된다. 1978년에 미 국방부는 여러가지 전자가속 런처의 개념을 연구하고 있는 과학자들을 모아 전자가속런처의 최초 검토회의를 열었다. 그 결과 레일 건이 가장 군사적인 응용가치가 높다고 인정되어 DARPA(국방고도연구계획국)의 후원으로 강력한 소형 호모폴러의 개발을 포함한 레일 건의 연구를 추진하게 되었다.

뒷날 레일 건은 SDI의 주력무기중 하나로 선정되었으나 SDI연구는 그후 국제 정세의 변화등으로 규모가 축소되어 레일 건의 지구궤도 배치의 이야기도 흐지부지 되고말았다.

그러나 이 사이에 레일 건의 능력은 상당한 향상을 본것으로 알려져있다.

어쨌든 그 성과가 어떠한 형태로든 궤도를 향한 발사 시스템으로 응용될 가능성이 적지않다.

**핵폐기물 버리는데 이용**

레일 건을 사용하여 페이로드를 우주에 쏘아 올리려는 연구는 1981년 미국의 바틀 콜롬부스 연구소의 E·라이스 등의 연구가 최초의 예라고 보아진다.

그들은 NASA산하의 루이스연구센터의 위탁을 받아 핵폐기물을 버리는 방법의 일환으로서 이 연구를 했다. 이것은 거대한 레일 건에 의해 태양계 밖의 항성간 우주에 핵폐기물을 쏘아보내 골치꺼리인 핵 쓰레기를 버리겠다는 것이다.

이후고 이 연구에 호주 마셜도 참가하여 1983년에 그들은 연명으로 대규모 궤도발사 시스템인 ESRL (Earth to Space Railgun Launcher: 지구우주레일 건 런처)의 구상을 발표했다. 이것은 지구 적도상의 섬에 각각 두기의 대형 런처를 중심으로하여 대규모적인 종합발사시설을 건설하려고 하는 것이다.

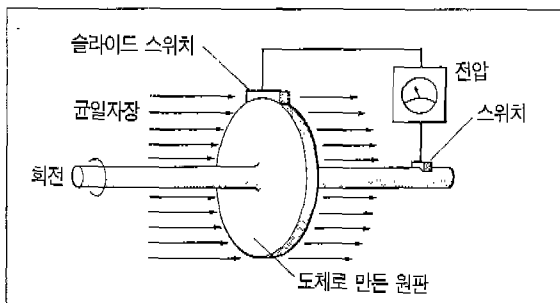
이 구상에는 핵폐기물의 투사뿐만 아니라 지구 주위 회전궤도에 페이로드를 발사하는 계획도 포함되어 있었다.

각 레일 건의 궤도 길이는 2,040m이며 산을 뚫어서 1기는 수직으로 다른 1기는 동향으로 양각20도로 건설되는 것은 지구궤도 투사용이다.

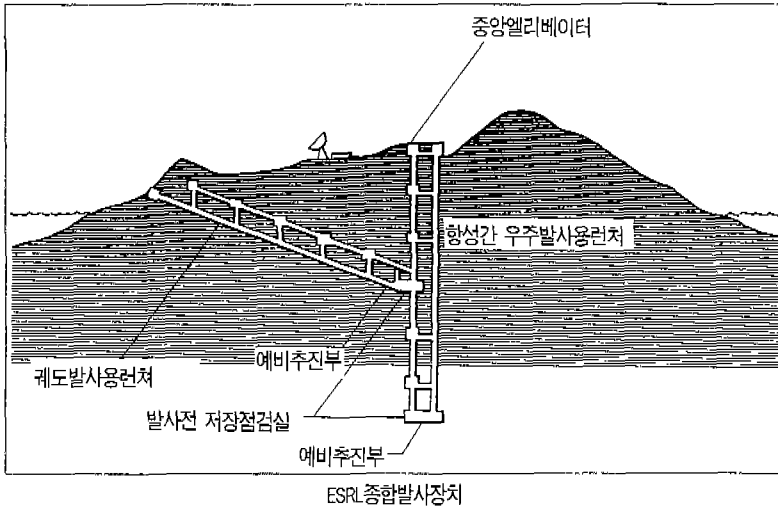
이 레일 주위를 뿅뿅이 1만기 이상의 호모폴러가 에워싸는 형식으로 설치되어 통과할때까지 계속 전력을 공급한다.

지구의 궤도에 화물을 발사할 경우는 탄환길이는 6m이며 중량은 6.5톤이고 그중 페이로드는 650g이다. 탄환은 레일 위를 최대 2,500G로 가속되어 초속 약 7km로 투사된다.

탄환에는 부스터가 내장되어 있고 투사후 이것으로 다시 가속하여 고도



호모폴러의 원리



460km의 저궤도를 향한다.

항성간 우주에 핵폐기물이나 유독 물질을 투기하는 경우의 탄환은 훨씬 소형으로 길이 107m, 중량 2,055kg이며 그중 250kg이 페이로드다. 발사시에는 1만G의 대가속을 받아 초속 20km로 발사된다.

탄환은 지구의 인력권을 탈출한 후 그대로 태양의 인력도 뿌리치고 항성간의 우주로 날아가 버린다.

라이스 등은 2020~2050년경까지 ESRL시설을 적도상의 8개소에 건설하는 것으로 구상했었다.

지구궤도발사용 ESRL 1기는 하루에 8회씩 발사를 하지만 그 전부가 설세없이 가동하지 못하기 때문에 1일 평균 궤도투입량은 톤으로 연간 1,080톤 전후가 되고 8기 모두가 가동하면 연간 투수량은 9천톤에 달한다. 궤도투입중량 1kg 비용은 1981년의 계산으로 탄환의 내열 껍질을 강철로 만들 경우 310달러정도이며 또 같은 조건으로 항성간 투사를 할 경우에는

930달러가 된다고 계산했다.

### 바켓 시스템

전자가속 런처의 제2방식은 '리니어 모터 추진'이다. 즉 투사궤도측에 다수의 추진용 전자속을 나란히 놓고 그 극성을 재빠르게 바뀌게 함으로써 투사체측의 자석을 차례차례 끌어당기거나 밀거나 하면서 추진시킨다는 것으로 리니어 모터카의 추진원리로서 일반에게도 잘 알려져 있다.

이 원리도 비교적 일찍부터 알려져 있으며 1930년대에 이미 미국에서는 리니어 모터 추진의 실증 실험이 시작되고 있었다.

이 방식을 발사시스템에 쓸것을 처음 제안한것은 영국의 SF작가 아더 C 클라크이다.

1950년 그는 달표면에서 페이로드를 발사하기위한 유효한 수단에 대한 구상을 발표하고 있는데 그중에서 달로부터의 탈출 속도가 초속 2.4km로 작

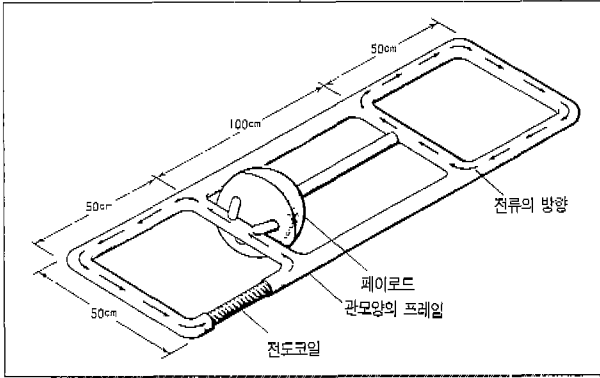
다는것, 공기저항을 생각지 않아도 좋다는것, 태양발전에 의해 전력을 풍부하게 입수할 수 있다는 것 등으로 리니어 모터가 이 목적에 가장 좋은 수단일것이라고 결론짓고 있다.

그리고 1970년대에 들어와서는 이 아이디어는 프린스턴대학의 제랄드 오닐에 의해 본격적으로 전개하게 된다.

오늘은 연구실의 학생들과 함께 연구한 유명한 '스페이스 코로니' 즉 우주촌 구상중에서 달표면에서 모든 건설자재를 조달할것을 중요한 전제조건으로 정했다. 그리고 이를 위한 발사수단으로서 리니어 모터식 마스 드라이버가 가장 유리하다고 생각했다.

그의 구상은 다음과 같은 것이었다. 달표면위에 길이 3.2km의 가속궤조를 깔고 여기에 '바켓'이라고 부르는 소형 리니어 모타 카를 주행시킨다. 달의 자원을 직경 10cm, 길이 50cm의 컨테이너에 채워 바켓에 넣고 초속 2.4km까지 가속하였다가 급 브레이크를 건다. 그러면 컨테이너만 쏙 빠져 달 뒷면의 집적지점까지 2일정도 걸려 날아간다. 이 시스템을 사용하여 매초 1-2개의 화물을 규칙적으로 투사해 주면 연간 100만톤의 화물을 실어 보낼 수 있다는 것이다.

1977년 오늘날은 매사추세츠 공과대학(MIT)의 헨리 코무르와 공동으로 상전도 코일을 사용한 바켓의 최초 실증 모델 '마스드라이버-1'을 제작하여 33G의 가속을 기록했다. 초전도 코일



바켓의 구조

을 사용한 1979년의 '마스드라이버-II'의 개발과 평행해서 코르는 지구에서 궤도상의 화물투입에도 리니어 모터를 사용하는 구상을 정리했다. 이것은 전장 7.8km의 가속구조를 사용하여 1톤의 투사체를 1000G까지 가속하여 처음속도 12.3km로 발사한다는 극히 대규모의 것이었다. 이 시스템에서는 바켓을 사용하지 않고 투사체 자체에 코일이 짜 넣어져 있었다.

일본에서도 동력로 핵연료개발사업단과 민간기업과의 협력에 의해 수직 운반시스템의 실험장치가 만들어져 이 원리에서 발전할 가능성이 이미 실증되고 있다.

위의 두가지 방법은 전회의 마스드라이버와 함께 모두 지구의 인력권을 탈출하려는 방법에 대한 여러가지 연구의 하나이다.

지구중력권으로부터 벗어나기 위해

이 리니어 모터식 마스 드라이버는 레일 건과 함께 전자가 속란처의 주류로서 지금도 한창 연구가 추진되고 있고 차례 차례 새로운 구상이 등장하고 있다.

서는 적어도 최초의 가속도가 초속 2km이상은 되어야 하는 것이라고 연구되어 있다. 이 속도로 지구 밖의 일정 거리에 이르면 지구중력의 견인력에 의해 떨어지는 일 없이 지구 궤도를 돌게 된다는 원리인 것이다.

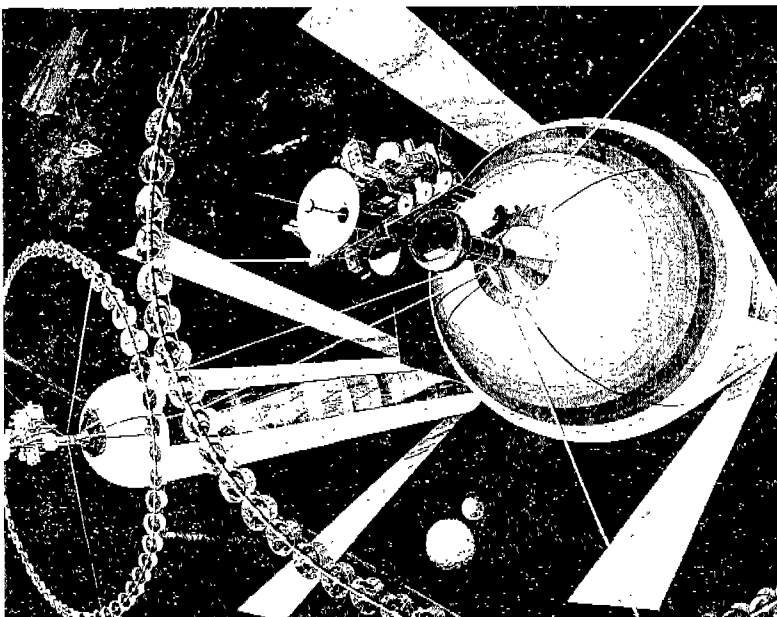
또한 바켓 시스템은 달의 뒷쪽에 가고 거기서 자원을 쏘아 올려 이쪽에 있는 우주기지촌까지 가져 온다는 것이다.

오늘날이 구상한 원통형의 우주촌은 여러개의 거주구를 연결하면 20만 명에서 수백만명의 사람이 그속에서 살 수 있으며 원통을 회전 시키는데 따라 거주구에 인공중력을 만들어 사람의 자세와 동작을 가능케 한다는 것이다. 또 원통 옆에 붙은 열고 닫히는 장방형의 거울을 이용해 우주촌에 쬐는 태양광을 조절함으로써 인공적으로 낮과 밤, 그리고 계절까지도 만들어 낸다는 것이다.

뿐만 아니라 원통 끝에 달린 컨테이너는 농업용으로 이곳에서 우주촌에 사는 사람들의 식량과 부식물을 생산. 하고 원통의 중심부에 있는 공간에서 이들을 가공하여 식품도 만들고 필요한 여러가지를 만든다는 것이다.

우주촌의 에너지는 태양광이 기본이고 그 밖의 자원은 달로부터 공급 받는다고 구상하고 있다.

오늘의 과학은 옛날 사람들로서는 미친 이야기에 불과하다고 할 공상을 현실적으로 실현시키고 있다. 따라서 이러한 구상도 단순히 허황된 구상만은 아닌 것이다.



오늘들이 구상한 우주촌의 모양