

우주 수송수단의 여러기술

중력 탈출장치, 마스 드라이버

Dr. Craft, Yerieke

인류는 머지않은 장래에 달과 화성에 기지를 건설하게 된다.

우주공간의 교통·수송도 동시에 준비되고 그 수단도 장족의 진보를 보일 것이다.

그러하여 인류는 달·화성을 기지로 다시 더 먼 우주로 갈 것이다.

그중 결정적 열쇠가 될 우주수송기술을 살펴본다. 그 첫째 방법이 화물을 발사하는 대표형 마스드라이버가 될 것이다.

서 장 중력의 샘으로부터 탈출

우주개발의 파이오니어 중에서도 가장 뛰어난 미래전망은 달을 「제7의 대륙」이라고 불렀다. 그것은 이들 천체가 탐사되고, 식민지되고, 개척되어야 할 터전이라는 것-지난날 인간이 지구라는 혹성상에서 미답의 대지를 탐험하고 개척해왔던 것같이 시사했다.

오늘날, 그저 소수의 인간과 수백kg 정도의 위성체들이 매년 지구궤도에 발사되고 있다. 이것은 지상에서 식민지와 개척의 역사, 예컨대 북미대륙의 개척사에 비유한다면 초기의 탐험단계에 해당된다. 콜럼부스가 작고 취약한 3척의 배를 이끌고 대해를 항해한 단계에 해당될 것 같다. 그러나, 몇천

몇만의 인간이 타당한 값으로 바다를 건너게 된것은, 그로부터 수백년 뒤의 일이다. 더 대형이며 우수한 배가 등장하고 난 뒤 처음으로 북미대륙으로 본격적인 이주가 가능하게 되었던 것은 다 아는 바이다.

달을 비롯한 태양계의 어디엔가에 지구인류를 이주시키거나 여행하기 위해서는, 사람이나 물건을 우주에 수송하는 능력을 현재보다 현격하게 다르게 향상시키지 않으면 불가능하다.

실제로 그렇게만 된다면 매년 많은 사람들과 수백만톤의 물자를 우주에 보내게 될 것이다. 그러나 오늘날 우리들의 우주수송 능력이 그 단계에 이르기에는 아주 부족한 상태에 있다. 사람이나 물자를 지상에서 우주 궤도에 올려 보내는 비용은 아직도 엄청난 거액이며, kg당 수천달러가 소요된다. 당연히, 우주에 갈 수 있는 사람의 수도 극히 제한되지 않을 수 없다.

우주로의 수송을 곤란하게 하고 있는 근본적인 이유는 우리들이 지구 중력 샘의 바닥에 있기 때문이다. 중력은 우리들을 강력한 사슬로 이 샘의 바닥에 묶어 놓고 있다. 그 덕분으로 인간은 지구에서 내던져지지 않고 있다. 그러나 반대로 이 샘에서 탈출하여 우주로 날아가기 위해서는, kg당 62.5메가 주르(J) (6,250만주르)의 에

너지를 필요로 한다. 이것은 1g의 균일 중력장에서 수직으로 6,400km를 상승하는 작업량에 해당한다. 이는 세계의 최고봉인 에베레스트 높이의 10km 못 미친다.

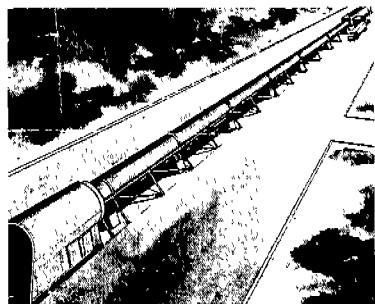
우주선이 지구중력의 샘을 나와 상승하기 위해서는 에너지의 공급과 그것에 반작용하는 것이 없어서는 안된다. 지금의 로켓은 그 두가지를 스스로 안고 날아간다. 에너지는 화학연료의 형태로 로켓에 탑재되어 있고, 로켓은 이 에너지를 사용하여 추진체를 분사하고 그 반작용으로 위성체를 가속한다.

이와같은 화학 로켓은 「자기 의존형」 시스템이다. 그러나, 그 연료의 태반은 단순히 연료 그 자체를 운반하기 위해 쓰여지고 있다. 이 때문에 위성체의 중량대 발사 중량의 비(질량비)가 작아지고 결과적으로 우주여행은 대단히 비싼비용을 들이게 된다.

1960년대에 유인우주선을 달에 보내기 위해 쓰여진 3단식 새틴로켓을 예로 하자. 새틴 5호는 2,530톤의 화학연료를 탑재하여 이륙한뒤 50톤의 아폴로 우주선을 지구중력권에서 벗어나는 속도까지 가속해 주지 않으면 안되었다. 이 경우 발사중량에 차지하는 위성체 중량의 비율은 약 2%가 된다. 이 관계를 그대로 지상의 탈것에 비유

해 보면 4인승 자동차 1대의 중량이 약 20톤이나 된다는 계산이 나온다. 에너지 소비량도 좋지 않다. 새틴 5호 로켓이 사용한 연료를 전력으로 환산하면 626만 kw/h에 상당 하므로 위성체 운반에 kg당 125 kw/h를 소비했다는 계산이 된다. 지구탈출 코스트에는 상한과 하한을 둘수가 있다. 상한은 과학 로켓에 의한 현재의 수송코스트로 이것은 스페이스 셔틀의 kg당 1만달러에 해당한다. 이것보다 아주 낮게 설정되는 하한은 지구중력의 셈에서 물건을 들어 올리는데 필요한 에너지의 단가에 의해 결정된다. 탈출에 필요한 에너지는 전력환산으로 17.4kw/h에 상당하며 여기에 kw 시 당수 센트의 전기요금을 곱하면 최소의 수송 코스트는 1달러를 밑돈다.

이 하한선에 접근하기 위해서 인류는 자기 의존형의 화학 로켓을 졸업해야 할 것이다. 그리고 지구에서 에너지와 운동량의 양쪽, 또는 어느쪽인가 한쪽을 받아 이용하는 '타력의존형'의 시스템을 생각해 본다. 본고에서는 먼저 가까운 미래의 발사 시스템으로 기대되는 '마스 드라이버'를 알



마스 드라이버형 가스대포, 적도근방 2000m급 산의 서쪽 경사면에 동쪽을 향해 2도 각도로 건설된다. 미국의 아이디어다.

아보고 이어 지구규모 이상의 발사 시스템을 이용하는 사고실험적인 아이디어를 소개하고자 한다.

마스 드라이버

우주에 화물을 발사하는 대포

우주에 페이로드를 대포식으로 발사한다는 아이디어 - 현재는 마스 드라이버(질량투사장치)라고 불리는 장치를 누가 처음 생각해냈는지는 분명치 않다. 그러나 이 아이디어를 처음 사람들의 인상에 남게한 것은 프랑스의 유명한 작가, 주르 베르누일 것이다.

그는 1865년에 '지구에서 달로'라는 소설을 발표했고, 그 중에서 대포로 우주에 진출한다 라는 구상을 그리고 있다. 이 스토리는 대단히 유명해서 굳이 설명을 하지 않으나 소설의 핵이 되는 아이디어는 다음과 같은 것이다.

뉴욕의 '대포 클럽'이 달의 생명유무를 확인하기 위해 거대한 대포를 만들어 사람이 들어가 있는 포탄을 달에 쏘 올릴 계획을 세운다. 대포의 건설지는 적도가 천정을 지나는 장소, 즉, 달의 공전궤도면에 겹치는 저위도지방이 아니면 안된다. 그래서 플로리다주 스톤스힐이 건설지로 선정되어 땅속에 수직으로 포신의 길이 270미터의 거대한 대포 '콜럼비아드'가 제조되게 된다. 이 대포에 3인승의 포탄을 장전하여 20만 파운드의 면화약을 폭발시켜 단숨에 달에 보내지게 한다는 것이다.

물론, 실제 대포로 유인 포탄을 발사 하지는 못한다. 포신의 길이 270미터의 대포를 가지고 단 한번의 가속으로 달까지 도달하는데 필요한 속도 초속 11km(마하33)를 얻으려고 한다면 포탄에는 약 2만G가 걸리며 인간은 놀려 으깨져 그 형적조차 남기지 못할 것이다. 베르누가 쓴바와 같이 내부에 쿠션을 전면에만 정도의 방법으로 흡수될만한 충격은 아니다. 아마도 그는 그것을 알고 있었으리라.

왜 그러면 베르누가 굳이 대포라는 수단을 취했나 하면 당시는 아직도 우주 로켓이라는 개념이 존재치 않았기 때문이다. 러시아의 콘스탄틴 치올코프스키가 다단식 액체연료 로켓에 의한 우주비행을 제안한 것은 그로부터 30년이나 뒤의 이야기가 된다. 만약 당시 우주로켓의 개념이 존재하고 있었다면 베르누는 주저할 것 없이 그것을 사용하는 것으로 했을 것이다.

단순한 포를 쏘아올리는 시스템으로서 사용하면 발사시의 가속이 너무 커져서 유인비행에는 쓸수 없다는 것은 당시에도 분명했기 때문이다. 그러나 역으로 말한다면 아주 큰 가속이 걸려도 거기에 견디어 낼수 있을 것 같은 종류의 페이로드에는 대포가 여전히 유력한 발사 시스템일 수 밖에 없다. 베르누 이래, 오랜 세월이 걸쳐 검토된 적이 없던 대포에 의한 발사가 캐나다의 대포기술자 체럴드 부울은 이것을 로켓보다 싸게 먹히는 궤도 진입 수단으로서 1960년대부터 한창 어필하고 있었다.

1968년 부울은 서인도제도의 발바도 슌섬에서 미국과 캐나다가 공동으로 실시하고 있던 장거리포의 개발계획 HARP(고 고도연구계획)을 위해 시험 제작한 구경 419mm의 2개의 포를 나란히 놓은 초고속포를 가지고 발사실험을 했다. 이 때 그는 중량 90kg의 포탄을 고도 121.9km 까지 쏘아올리는데 성공했다.

부울의 고속포는 '다단식 연소법'에 따른 것으로 통상의 대포와는 달리 시간을 두고 단계적으로 추약을 연소시켜 포탄을 가속케 한다. 그러기 위해 단일 연소의 포와 같이 페이로드에 거대한 가속도가 더해지는 일이 없이 빠른 속도를 얻을 수가 있다. 그러나 60년대에는 우주에 대량의 공업용 자재를 보낼만한 수요도 없었고, 대포를 사용할만한 미션이라고 하면 소형 인공위성을 발사할 정도였다. 그런데 당시의 포는 다단 연소포라고 해도 그 달성 속도로는 궤도까지 진입하기에는 불충분했다. 또 위성의 구조는 발사시의 충격을 견디어 낼것 같지 않았다. 그래서 대포에 의한 위성의 발사는 실험을 보지 못하게 되었던 것이다.

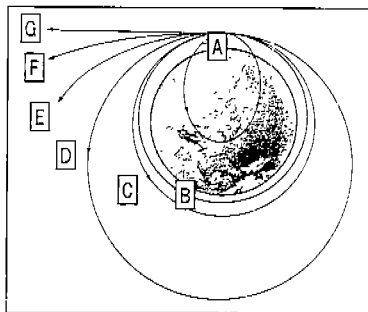
한편 그후의 부울은 그 기술을 이라크가 매수하게 되고 1988년 이후 바비론 프로젝트라는 이름아래 이라크 영내에서 중동 중요도시를 사정내에 두는 '슈퍼건'의 개발에 종사하고 있었다. 사정거리 960km의 포는 완성되고 시험발사에도 성공했으나, 90년 3월에 부울은 누군가에 의해 암살당하여 이

포가 실제로 유효한 것인지도 의문시되고 있다.

중력으로부터의 탈출

지구를 벗어나는 속도의 계산원리

지상의 물질은 지구의 중력에 의해 지표에 속박되고 있다. 지표에서 수직으로 물질을 쏘아 올렸을때 그 속도가 초속 7.8km보다 늦을 때는 물질은 중력에 의해 궤도에 오르지 못하고 타원을 그리며 지표에 되돌아 떨어져 버리게 된다. (A)이 속도보다 약간 늦은 정도라면 지표에 가까운 궤도를 잡지만 궤도에 오랫동안 체류할 수가 없다. (B)만약 똑같은 속도라면 지구의 중심과 일치하는 원궤도를 잡고 (C) 그보다 빠를때는 타원궤도를 잡는다. (D)그리고 이 속도가 지구중력권 탈출속도 초속 11km라면 페이로드는 포물선을 그리며 우주로 향하고 (E)또 이것보다 아주 빠르면 쌍곡선을 그리면서 우주로 향한다 (F)그리고 쏘아 올리는 속도가 커질수록 물질이 잡는 코스는 직선에 가까와 진다. (G)다만 이 모식도에서는 편의적으로 공기저항을 무시하고 있다.



지구중력 탈출의 원리도

라이트 가스포

90분마다 화물위성 발사

한동안 가장 단순한 마스 드라이버는 잠시동안 잊고 있었으나 1990년 화약이 아니고 압축공기를 사용하여 페이로드를 궤도에 진입케 하는 대포(라이트 가스 건)를 개발하려는 독특한 아이디어가 미국의 로렌스 리버모어 국립연구소의 존 헌터와 로테릭 하이드에 의해 제창되었다. 이 방식은 대단히 단순하나 하루에 수회 정기적으로 페이로드를 쏘아 올릴수가 있다. 그리고 쏘아 올려진 페이로드가 지구 저궤도의 저장소에 상당한 양이 모여지면 셔틀이나 스페이스 플레인등의 우주선이 이것들을 모아 우주 스테이션으로 운반한다는 것이다. 쏘아 올리는 데 사용하는 대포는 대단히 거대한 것으로 지구적도부근의 2천m 높이의 산 서쪽 경사면에 따라 동향으로 건설된다. 산의 동쪽은 바다가 바랍직하다. 발사할때에 써보(탄환을 받치는 자재)가 함께 튀어나와 낙하하기 때문이다. 대포의 포신은 길이 1,215m의 2단식이며 제1단은 직경 6m, 길이 515m이고 제2단은 직경 1m, 길이 700m로 탄환은 이 제2단의 밑동에 장전된다. 발사에 있어서는 우선 제1단의 포미에 들어있는 메탄과 공기의 혼합가스에 점화한다. 가스는 급격히 팽창(폭발)하고, 길이 15미터, 무게 1800톤의 피스톤을 가속한다. 피스톤의 반대쪽에는 9바르(약9기압)의 수소가스가 차 있으며, 이 수소가 압축되어 내부에 충격

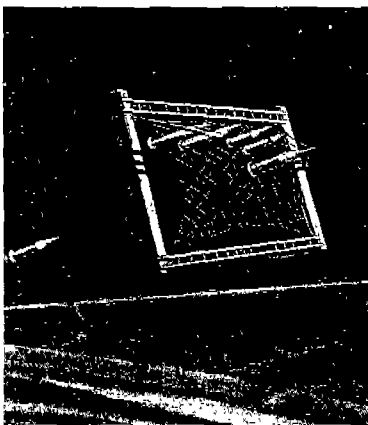
파가 발생한다. 충격파는 다가오는 피스톤과 제1단 끝의 칸막이판 사이를 몇번씩이나 반사. 왕복하면서 급격히 충격압력이 높아져, 마침내 칸막이 판이 세차게 날아가며 그 건너의 탄환이 발사된다는 구조이다.

탄환발사시의 가속은 최대 3,700G, 평균 2,400G이다. 탄환은 제2단 포신 안을 지나 초속 5·8km로 발사되어 대기권 밖까지 날아간다.

그후, 탄환은 부스터를 분사하여 지구의 저궤도에 진입하여 '저장소'로 향한다.

한편 포신은 탄환이 포신을 빠져나감과 동시에 소음기를 겸한 폐쇄기를 닫고 수소가스를 넣는다. 가스는 다른 용기에 회수되어 다음 발사에 대비한다. 이 탄환은 전장 543cm, 중량 2톤이며 페이로드의 중량은 300kg이다. 발사의 사이클은 90분에 1회이며, 연간 200일을 가동하면, 1년에 3,200발, 1,050톤의 하중을 궤도상에 보낼수가 있다는 것이다.

더구나 그들의 예측으로는 시스템



탄환저장소의 상상도

전체의 건설비용은 약 4억 7,200만달러가 든다는 것이다. 다만 탄환 한발의 비용은 현단계에서는 예측이 안된다는 것이다. 연료가스의 가격은 현시점으로 한발분이 850달러에 지나지 않으나 탄환용 단열 실드를 현재의 탄소/탄소계 재료로 만들려고 하면, 그것만으로도 6만달러가 든다.

그러나 가령 탄환 한발의 발사비용이 총액 10만달러라고 하더라도 페이로드 1kg 비용은 300달러로 현재 개발중의 발사 로켓, ALS의 비용보다 낮다. 또 환경의 영향이나 연료의 폐사이를 연소에 의한 재사용등의 이점을 생각하면 이 계획은 검토할 가치가 있다.

만약 이 구상이 실현되면 그 수요에 따라 비용은 저하 될것이고, 또 장래 기술발전에 의해 발사능력도 향상될 것이다. 헨더 등은 금후 25년 이내에 그 발사속도가 초속 10km이상으로 향상되는 것을 기대하고 있다.

고압가스이용

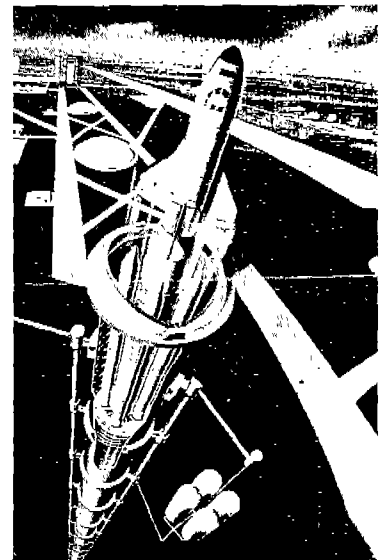
마하까지 가속가능

고압가스를 사용한 발사 시스템의 연구는 근년 일본에서도 행해지고 있다. 89년 5월 하자마조(건설업체명)는 CAL시스템이라는 압축공기 발사시스템을 발표했다. 이것은 지하의 공동안에 100기압의 압축공기를 저장해 두고 이것을 발사용 수직갱의 바닥에서 분출시켜 로켓을 가속하고 난 뒤에야 비로소 로켓연료에 점화한다는 것이다.

발사용 수직갱은 깊이 2,000m, 직경 10m라는 거대한 것이다.

통상의 화학로켓으로는 점화에서 최종속도의 불과 10%의 속도에 도달할 사이에 이미 탑재연료의 40%를 소비해 버린다. 따라서 최초의 단계만이라도 외부의 에너지에 의해 가속시켜 줄 수가 있다면 로켓에 실을 연료를 대폭 줄일 수가 있다. 예로서 H-II로켓을 CAL로 마하까지 가속하고나서 점화한다면 정지궤도에의 투입능력은 현재의 2톤에서 27톤으로 향상된다고 한다. 가속중의 로켓 자세제에는 리니어 모터가 사용될 예정이다.

89년 시점에서의 시산으로는 그 건설총공비는 4,600억엔이 되나 9-10년간 사용하면 지상 발사기지에 비해서도 운용비용면에서 유리하게 된다고 한다. 실용면에서 평가하면 CAL시스템은 장래적으로 대단히 유망한 발사 시스템이라고 할 수 있다.



일본서 구상한 CAL 시스템의 모식도