

# 인류는 우주의 끝을 볼 수 있을 것인가?

## 항성간 영구 추진 로켓의 원리

### 광자·반양자 로켓

반물질추진의 가장 이상적인 로켓은 광속으로 분사하는 시스템 즉 광(잔자파) 그 자체를 방출하여 비행하는 「광자 로켓」이다.

1953년 독일의 로켓 기술자 오이겐 쟁거는 대소멸에 의해 생기는 단파장의 광선인 감마선을 방출하여 비행하는 광자로켓에 관한 최초의 이론적 해석을 발표했다. 당시 알려져 있던 발물질은 양전자뿐이었으므로 쟁거는 전자와 양전자의 대소멸을 상정했다.

오늘날과 같은 발물질추진의 개념이 처음으로 제창된것은 1975년 체트추진연구소의 D. 파파이로우에 의해서였다.

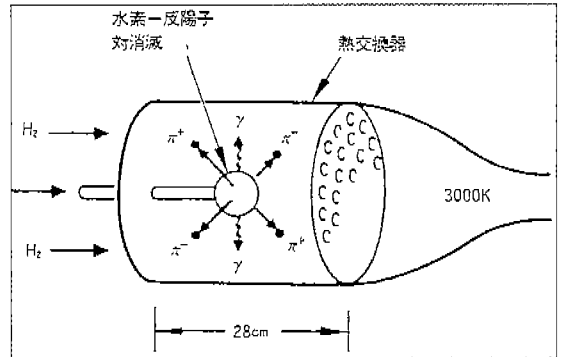
1976년에는 로버트 포워드가 반물질 로켓에 의한 알파 쉐타우리에 대한 무인탐사계획을 제안하였고 이어서 80년에 반물질추진에 관한 상세한 해석을 했다. 그 결과 명백히 밝혀진 것은 현실의 반물질추진은 완전한 광자 로켓으로는 되지 않는다는 사실이었다.

대저 대소멸반응에 있어 질량을 추진에 이용할수있는 광선으로 직접 변경할수있는것은 전자-양전자

반응 정도다. 예로서 양자-반양자 반응의 경우 우선 몇개의 입자가 생성되어 단계적인 반응이 연속해서 일어난다. 또 실제로 반물질은료로서 우주선에 탑재가 가

능한것은 양전자가 아니고 물질로서 취급되는 「반수소」와 같은것이 된다. 예로서 정물질에는 수소의 원자핵인 양성자, 반물질에는 반수소의 원자핵인 반양자를 사용한다.

1982년에 미국 유나이티드 테크놀로지 연구센터의 브라이즈 캣센티가 행한 시산에 의하면 2단식 반물질 로켓에 500톤의 페이로드를 실어 순항속도 0.1광속(초속 3만 km)로 가속해서 목적의 별 계열까지 보내는데 필요한 반수소연료는 18.9톤이며 우주선의 총중량은 1만 9,600톤이 된다고 했다. 이것과 거의 같은 미션을 파루스 핵융합 로켓「다이다로스」로 실행할 경우 우주선의 총중량은 600만톤 가까이 된다고 영국 혹성간협회가 계산하고 있다. 반물질추진이 얼마나 우수하기를 알 수 있을 것이다.



제3세대 반양자로켓의 개념도

포워드는 그 외에도 좀더 간단한 반물질추진 시스템 “제1세대의 반양자 로켓”의 아이디어를 내놓고 있다. 이것은 연소실에서 대소멸반응을 일으켜 그 에너지를 열로 바꾸어 추진제를 데워서 분사한다라는 것으로 종래형의 추진시스템과 혼합된 형태였다. 이렇게 하면 수 밀리그램의 반양자로 수톤의 추진제-수소나 물을 가열할 수가 있다.

연소실에 반양자(P-)와 수소분자(H2)를 보내서 대소멸반응을 일으킨다. 그로인해 생기는 파이 중간자나 감마선을 텅스텐의 흡수체로 정지시켜 열로 바꾼다. 이 흡수체/열교환기에는 구멍이 열려있으며 수소가 이 구멍을 통과할때 고온으로 가열되어 노즐로부터 분사 하게 된다. 이 추진 시스템은 광속하고는 비교대상이 되지 않으나 스페이

스셔들의 2배정도의 속도는 달성될 것이라고 포워는 말하고 있다.

그러나 우리들이 반물질을 만드는 기술은 겨우 시작에 불과하다. 거대한 입자가속기를 움직여 겨우 얼마 안되는 수의 반입자를 만드는 데 지나지 않으며 그것을 어떻게 저장하느냐 하는 것이 문제라고는 하나 현재 이미 일본의 우주과학연구소 등에서는 반물질의 양산과 저장에 관한 기초연구가 시작되고 있다. 아마도 반물질이 최초로 실용되고 있는 곳은 의학이나 과학연구 분야가 되겠지만 미공군이 반물질 추진의 연구를 시작했다는 뉴스도 있다. 반물질 추진의 등장은 혹시 예상이상으로 빠를지 모르겠다.

### 아광속 로켓

항성간 비행을 지향하는 우주선이 직면하는 최대의 난문제중 하나가 대량의 연료를 어떻게 해서 가지고 가느냐 하는 것이다. 반물질 추진이 아닌 우주선이 항성간 비행에 필요한 상대론적 속도(광속에 비교할 수 있는 속도)까지 가속하는 데는 상상을 초월하는 양의 연료가 필요하게 된다. 단순히 계산하면 연료도 2배적재하면 된다. 그러나 이 경우 연료뿐만 아니라 그것을 탑재하기 위해 우주선의 구조중량도 증대하고 그 증대분만큼 다시

연료를 탑재하지 않으면 안된다. 그러나 실은 여기에 커다란 빠뜨림이 있다. 장대한 항성간 공간을 광속의 수십퍼센트로 여행을 하는데 필요한 연료를 처음부터 전부 싣고 가려고 하면 출발시의 우주선 중량은 엄청나게 무겁게 된다. 그렇다면 우주를 비행하면서 연료를 보급할 수 있으면 어떨까?

우주공간은 우리들의 상식에서 볼때 아무것도 없는 진공이라고 해도 좋으나 실제로는 대단히 희박하면서도 여러가지 원자나 분자들의 별 사이의 물질이 가스나 먼지상태로 존재한다. 이것들은 항성에서 분출하거나 어떤 새로운별이 폭발하여 흩뿌려지거나 혹은 은하의 형성당초부터 남아있었던것 들이다. 그 분포는 장소에 따라 커다란 차이가 있으며 먼지나 가스가 배후 항성의 빛을 완전히 흡수해 버릴만큼 농밀하게 모여 직경 수광년에 달하는 「암흑성운」을 만들고 있는 경우도 있다. 성간물질로 특히 많은것은 수소와 헬륨이다. 그래서 만약 이것을 우주선의 연료로서 사용하면 우주선은 자체의 연료를 사용하지 않고 언제까지나 가속을 계속할 수 있을거라는데 착안했다.

1959년 미국의 벨 연구소 전기통신공학자 존 피어스가 알고있는 한 세계에서 처음 별 사이의 가스(수소)를 연료로 하는 추진 시스템에 관한 논문을 발표했다. 이것은

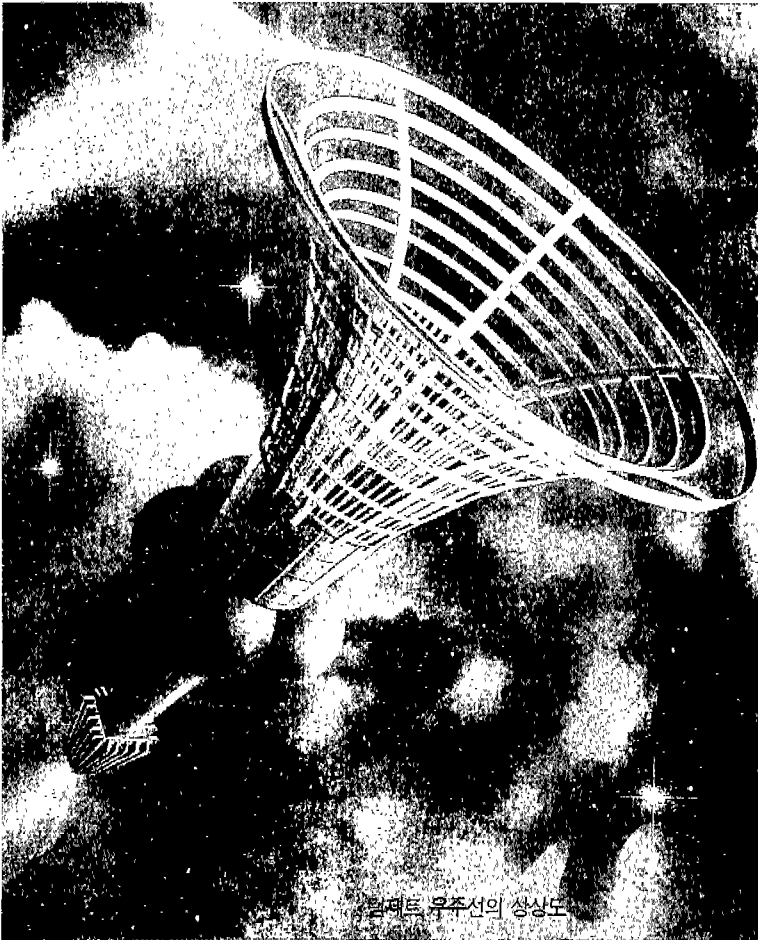
지구의 대기권내에서의 램 제트 엔진의 원리를 그대로 우주공간에 응용한 「항성간 램 제트」로 직경 100미터의 깔대기모양의 스퀴프를 이용해 별사이의 가스를 향해 고속으로 활동시킴으로서 그 동압으로 수소를 자동적으로 흡수 압축하여 핵융합추진을 하려고 한것이였다. 그러나 피어스는 현실적으로 이와같은 소규모이며 단순한 메카니즘으로는 도저히 충분한 가속은 불가능하다고 하여 실용화의 가망은 없다고 결론했다.

### 램제트의 힘으로

그러나 그 다음해 로스알라모스 국립연구소의 로버트 버서드는 거대한 스케일로 같은 아이디어를 다시 검토했다. 그는 항성간 램 제트 우주선의 중량을 1,000톤으로 하고 이것이 정상가속 1G로 비행하는 것을 조건으로 다음과 같이 계산했다.

우주공간에 평균해서 1cm당 한개의 수소원자가 존재한다고 가정했을 경우(별사이 물질의 밀도를 수소원자로 환산하면 이 정도가 된다)램 스퀴프 상단의 직경은 4,000km로 하지 않으면 안된다. 그러나 수소밀도가 1,000배 높은 별구름안을 통과한다면 스퀴프의 직경은 120km 정도이면 된다.

물론 이만큼 거대한 스퀴프를 실



제로 만들 기술은 지금의 우리들 지식에서는 상상도 못한다. 그러나 은하내 수소의 태반은 전리한 수소이온(수소의 원자핵 즉 양자)이다. 수소이온같으면 자장에서 거두어 들일수가 있으므로 스크프의 벽을 면이 아니고 자장을 만들어 내는 "바구니 구조"로 할 수 있다.

이 바구니는 전후에 반경 수천 km에 걸쳐 퍼져있는 「쌍극자자장」을 만들어 내어 건져 올린 수소이온을 램압으로 압축하면서 우주선 내의 핵융합로에 보낸다. 여기서

핵융합반응에 의해 생성한 프라즈마는 들어오는 수소이온을 상회하는 속도로 뒤에서 분사하여 우주선을 가속한다. 이 추진방식을 고안한 사람의 이름을 따서 「버서드 럼제트」라고 한다.

버서드 럼제트를 사용하는 우주선은 질량비(우주선 출발시의 총중량과 연료를 제외한 구조중량의 비)가 원리적으로 무한대로 되기때문에 우리들이 현재 보유하는 기술의 연장상에 있는 아이디어 중에는 연료를 보급하지 않고 언제까지나

비행을 계속할 수 있는 유일한 추진시스템이다.

럼제트의 가속을 유지해 나가면 이윽고 우주선은 점점 광속에 근접해 가고 이에 따라 상대성이론에 따라 시간의 지연이 커진다. 가령 항로의 중간점까지를 1G로 가속을 계속하고 잔여는 감속한다라는 이상적인 비례방법을 하면 선내시간으로 20년후에는 은하계의 중심인 태양계에서 약 3만광년에 도달할 수가 있다. 단 그 사이에 지구에서는 몇만년이나 경과하고 있으나 이 사고 방식을 확대하면 50년간의 비행으로 160억광년을 여행하여 관측가능한 우주끝에 다가가게 될 수도 있다는 계산이 나온다.

무엇보다도 이것을 실현하는데는 해결하지 않으면 안되는 문제가 산적되어 있다. 그 중에서도 중요한 것이 자장의 보관유지이다. 럼스쿠프는 반경 수천 km범위에 있는 수소이온을 적어도 90%의 확률로 수집하지 않으면 안된다. 그렇지 않으면 자장에 흡수되지 않고 새어나가는 수소가 커다란 항력을 우주선에 주어 가속을 둔화시키는 원인이 된다. 또 우주선이 광속에 가까워지면 가까워질수록 펌 스크프가 만드는 자장에 돌입하는 입자의 질량이 상대적으로 증대되어 제어가 어렵게 된다. 또 버서드 럼제트는 태양내부에서 진행하고 있는 수소-수소의 핵융합반응을 상징하

고 있으나 수소는 오늘날의 핵융합 연구가 착수하고 있는 중수소나 삼중수소(트리튬)에 헬륨3 등의 연료에 비해 한결 연소시키기 어렵다.

이상 여러가지 요인을 계산에 넣으면 버서드 럼 제트 우주선의 중심부에서의 자장강도는 적어도 1만터스러(1억가우스)는 필요하게 될 것이다. 이만큼 강대한 자장을 발생하는 코일을 기존의 재료로 만들면 무시무시한 내부응력(코일을 외측에 눌러펴서 파괴하려는 힘)에 견디지못해 튀어 날아가 버리고 만다.

그 때문에 항성간 럼제트의 선체에는 다이아몬드의 단결정을 사용할 것을 생각하고 있다.

### 우주의 끝까지

항성간 럼제트가 가지는 중요한 과제의 하나는 흡입한 별 사이에 있는 가스의 운동량을 죽이는 일 없이 핵 융합을 일으켜 유입시 보다 큰 속도로 분사하여 그 운동량을 가능한 한 헛됨없이 추진에너지로 전환하는 일이다. 광속에 가까운 속도까지 가속한 우주선에서 보면 별 사이의 가스는 광속에 가까운 속도(초속 30만 km)로 날아와서 순간적으로 뒤에서 날아간다. 이 얼마안되는 순식간에 핵융합을 일으키면서 운동량을 짜내는 것은 용이하지 않다.

이런 어려움을 회피하는 교묘한 방법으로 제안된것이 「자장 렌즈형 럼제트」이다. 럼제트 우주선의 진행방향의 먼 전방에 거대한 전도체의 네트로 된 「자장렌즈」을 띄운다. 이 네트상의 렌즈는 통과하는 수소가스의 궤적을 '초점'을 향해 굽히는 역할을 가지며 그 초점에 우주선의 본체가 있다. 렌즈와 우주선의 거리를 충분히 길게 취할 수가 있다면 렌즈의 자장 자체는 약해도 관계없다.

이 방식에 대해 상세한 연구를 발표하고 있는 다мага와대학의 이시하라교수에 의하면 양자의 간격을 태양과 지구사이 정도(약 1억 5,000km)로 유지되면 자장강도는 수 가우스 정도 즉 완구의 자석정도도로도 부족함이 없을 것이다. 다만 자장렌즈는 항상 어떤 방법으로든 그 위치를 유지해 주지 않으면 안되며 또 렌즈의 수치를 보정하는 수단도 필요하다. 그러나 그와같은 문제도 거대한 럼 스쿠프를 만드는 어려움에 비하면 아무것도 아니다.

단 자장 렌즈방식으로는 우주선이 이광속영역에 도달하면 종래 항성간의 럼제트 이상으로 별 사이의 가스로 부터의 운동량의 회수가 곤란하게 된다. 버서드 럼제트로선 쌍극자 자장의 전반분을 별과 별사이의 가스 흡입장치 뒷반분을 배출용의 노즐이라고 생각함으로써 충분한 공간적 여유를 확보할 수가

있으나 자장렌즈방식으로는 이 방식을 쓸 수 없다. 또 장장을 럼 스쿠프나 노즐에 이용할 경우도 하전 입자가 자력선에 감겨붙어 생기는 싱크로트론 방사에 의한 에너지의 감쇠가 큰 문제로 된다. 그래서 이시하라는 우주선의 후방에 핵융합로와 겸용인 지름 1,000km의 장대한 노즐을 붙이는 것으로 문제를 해결하는 아이디어를 제시했다.

자장 렌즈에 의해 우주선의 스쿠프에 모여진 수소 이온은 자장을 이용한 속도 변조장치를 통과하여 한줄로 이어지는 입자의 흐름으로부터 단속적인 펀치(입자의 덩어리)상태로 변해진다. 이것은 현재 입자가속기등의 실험에서도 이용되고 있는 기술로 이 과정에서 입자의 운동량이 상실되는 일은 없다. 이렇게 하여 수소이온의 덩어리가 차례차례 노즐에 흘러들어 1,000km를 주행하면서 당구식으로 핵융합반응을 되풀이하면서 속도를 올려간다. 이 사이에 입자가 가득한 운동량을 서서히 우주선의 추진력으로 전환해 가는것이다.

항성간 럼제트는 질량비의 벽을 넘는 우주추진 시스템의 아이디어로서 극히 유익한 존재이다. 만약 이것이 언제인가 실현된다면 우리들은 이 우주의 끝에 이르러 시공 영역의 모든것을 자신의 것으로 할 수가 있을 것이다.