머나먼 천체 탐사 행로

핵융합로켓의 내일과 우주개척의 꿈

태양을 중심으로 그 주위를 돌고 있는 혹성은 모두 9개, 지구까지 합하면 10개라고도하고 달을 빼고 9개라고도 한다. 사람이 달 표면에 처음으로 착륙한 것이 1969년, 그로부터 30년이 가까워오는 지금 사람은 달 이외에 금성, 화성, 목성, 토성등 여러 혹성을 탐사하는데 성공했지만 구체적으로 사람이 착륙한 곳은 달 밖에 없다.

미국은 1990년부터 우주탐사구상(OSEI)계획을 추진중에 있으며 미.러 양국에 의한 우주정거장 건설계획은 양국의 위성 갈아타기 실험등을 통해 착실히 한발한발 성숙되어 가고 있다.

인간이 스스로 우주인을 자처한 지 겨우 30년 미만이지만 기술문명의 최첨단을 가는 세계과학자들의 태양계탐사를 향한 꿈의 실현에 쓰일 우주비행의 새 시스템을 알아본다.

우주탐사의 수순

본지는 지난 수개월에 걸쳐 일련의 기획물로 각국의 우주비행체 즉 스페이스 프레인계획을 알아본 바 있다.

그에 따르면 일단 우주정거장까지의 왕복을 위해 보통의 공항에서 출발하여 우주정거장 또는 목적하는 궤도에 도달한 뒤 역추진 로켓으로 방향을 바꾸고 다음은 동력없이 활공 상태로 내려와 대기권에 재돌입하게 되고 그 때 다시 로켓에 점화하여 처음 이륙한 공항까지 돌아온다는 구상이다. 헤르메스, 호프, 호톨등 여러 계획이 내부구조나 연료체계등에 다소의 차이는 있을 뿐 원리적으로는 비슷비슷하다.

지금까지 달 이외의 지구주변 혹성 가운데 무인탐사를 해 본 별은 금성, 화성, 목성등이며 이들 무인탐사선의 탐사결과로 여러가지 미지의 사실이 알려지고 있다.

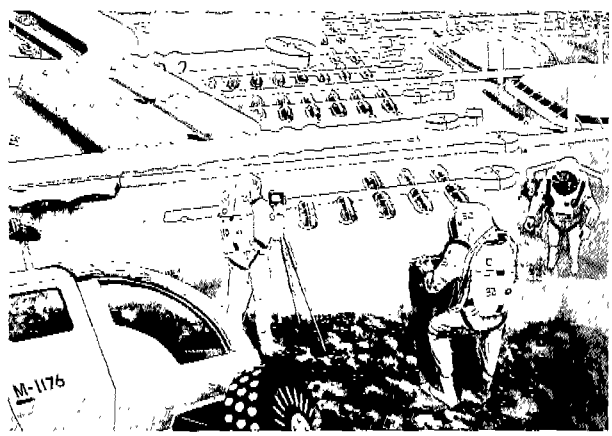
그러나 그보다 더 먼 토성, 천왕성, 해왕성, 명왕성등에 대해서는 계획이 있을 뿐 아직은 이렇다 할 구체적 움직임은 없는 상태이다.

이런 계획을 요약하면 미국은 달착륙 50주년 기념으로 2019년까지 화성에 사람을 보낸다는 계획아래 현재 우주정거장 건설과 우주에서의 공간활동, 갈아타기, 인원의 교체, 물자수송등을 시험하고 있다.

한편 러시아는 당초 구 소련이 2010년까지 화성에 사람을 보낸다는 원대한 계획이 있었다. 러시아가 그것을 승계하여 미국과 손잡고 현재 미르위성에 의한 공동연구가 추진중이다.

이러한 화성의 유인탐사 계획은 본격적인 우주개발시대의 도래를 말하는 것으로 활동영역을 더욱 확대해가는 구체적 제1보로 평가되고 있다.

화성은 인류가 지구권 밖으로 진출



화성에서 건설될 우주 중간기지의 개념도

하려할 때 비교적 빠른 시기에 정주하게 될 것으로 보이는 유일한 천체이다. 화성의 대기에는 이산화탄소가 풍부하게 존재하고 지하에는 물이 동결된 상태로 묻혀있는 것으로 밝혀지고 있다. 화성은 인류에게 있어 다음거주지로 될 뿐 아니라 여기서의 경험이 다른 혹성의 탐사 개발에 중요한 기초가 될 것이며 중간 전초기지로 삼을 수 있을것으로 생각되고 있다.

그러나 가까운 장래에 화성에 항구적인 기지나 거주시설을 건설한다고 생각하면 지금까지의 화학 로켓으로는 필요로하는 수만톤의 자재를 운반하고 몇백명의 사람이 왕복하기에는 아무래도 그 힘이 모자란다.

로켓의 성능을 아주 고수준으로 높이는데는 높은 비추력과 큰 비출력의 두가지 요건을 동시에 만족시켜야 한다는 조건이 필요하다. 연료의 연소에 의해 생기는 추력은 연료의 유량비로 다는 값이며 그것은 연료의 배출속도에 비례하는 것이다. 따라서 비추력이 높으면 그만큼 연료가 유효하게 쓰인다는 뜻이 된다. 비출력은 로켓의 출력을 기체의 총질량(무게)으로 나눈 것이라고 정의하고 있다. 기체의 단위 중량당의 추력은 비출력에 비례하는 것으로 이 값이 크면 그만큼 가볍고 강력한 엔진이라는 뜻이된다.

고성능 로켓 필요

현재 일반적으로 쓰이고 있는 화학로켓은 대량의 추진제를 불태워 뒷쪽으로 내뿜게 되는데 비출력은 크지만 비추력은 적다. 즉 대기권 중에서는 산소를 대기권에서 흡수하여 불 태우는 것이 제트기의 원리이다. 로켓은 대기권을 넘어 공기가 없는 곳을 지나야 하기 때문에 산소의 공급을 위하여 고체 또는 액체산소를 실어야하며 연료가 될 화학약품으로 액체수소 또는 케로신같은 것을 이용한다. 이 약품을 산소로 불태워 내뿜는 힘, 즉 출력에 비해 운반할 수 있는 무게, 즉 비출력은 그다지 크지 못하다. 그래서 로켓을 3단으로 만들어 대기권에서는 제1단, 대기가 희박한 곳을 지날때는 제2단 로켓을 그리고 완전히 대기권 밖에서는 3단 로켓을 이용하게 되는데 이때 불태우는 산소와 연료의 무게가 대부분이고 실제 필요한 위성 또는 탐사선의 무게는 적어질 수 밖에 없다는 뜻이다.

그래서 지구 궤도가 아닌 그보다 더 먼 천체에까지 가려면 보다 강력하고 더 무거운 탐사선을 운반할 수 있는 아주 강력한 로켓이 필요해진다.

현재의 로켓으로는 음속의 4-5배 즉 마하 4-5로 비행한다고 하더라도 달까지 가는데 상당한 시간을 요한다. 그만한 시간을 날아가지면 연료와 산소의 양도 더욱 많아진다. 이점이 바로 지금까지 달은 물론 우주 천체 탐사의 취약점이었다.

그래서 이 취약점을 극복하려는 최초의 시도가 이미 본지에서 다룬 바 있는 핵추진 로켓, 즉 원자력 로켓이다(본지 3,4월호 참조) 그러나 핵분열을 응용한 원자력 로켓은 핵분열을 일으키는 원자로의 기본 형태가 연구되던 단계에서 예산의 가중을 이유로 1973년이후 중단되고 말았다.

핵분열식 로켓은 비출력이 높지만 냉각제를 겸한 추진제의 배출속도를 너무 높일 수 없어 비추력이 무한대로 커지지 못하는 제약이 있다. 그것은 핵분열에서 나는 고열을 냉각해야하고 냉각이 안되면 용기가 녹아버리는 결점이 있기 때문이다.

여기에서 사람들은 핵물질에서 나는 고열을 취하는 방법으로 핵융합을 생각하게 되었던 것이고 이 방법은 방금 여러 기관에서 개발이 진행되고 있다.

핵분열과 핵융합은 현재 핵물질 이용의 상반된 두가지 방법인 것이다. 핵분열이 주로 핵물질인 우라늄 235를 쓰는데 반해 핵융합쪽은 중수소, 3중수소가 연료로 쓰인다. 다만 중수소의 핵융합에서 강력한 에너지가 생길때 거의 대부분이 중성자 에너지의 형태로 생기기 때문에 이번에는 핵분열시의 방사능 보호와 같이 중성자 차폐의 방호용기나 방호벽이 필요해진다.

그렇지만 중성자 차폐장치는 방사능 방비와 같이 아주 힘든 것은 아니다. 또 중수소와 헬륨을 반응시켜 핵융합을 생성시키는 방법도 있다. 여기서는 해로운 중성자는 없어지지만 헬륨 3을 구하기가 매우 어려운 결점이 있다.

핵융합 프라즈마 로켓

인공적으로 핵융합 반응을 일으키게 하는데는 기본적으로 관성폐쇄법과 자장폐쇄법의 두가지 방법이 있다.

관성폐쇄식 핵융합 로켓에서는 레이저나 또는 입자법에 의해 연료 펠렛을 압축하고 가열하여 핵융합반응을 일으키게 하여 에너지를 얻게 된다.

원리적으로 말하면 핵융합 로켓은 추력을 얻기 위해 프라즈마와 자장(磁場)의 상호작용을 이용한다. 특히 관성폐쇄식 핵융합 로켓의 경우 레이저빔과 입자빔의 조사에 의하여 핵융합을 일으키고 이것이 무수히 반복되는 힘으로 추진력을 얻게 되는 것 이다.

최초의 시동에 의해 핵융합을 얻은 뒤 다음에 또 조사하기 위해서는 전력을 얻어야하는데 이때도 역시 프라즈마와 자장의 상호작용(전자유도)를 이용한다.

이 로켓을 만들려면 먼저 연료 펠렛을 만들어야 하는데 여기에는 중수소-헤륨3, 또는 중수소-3중 수소등이 연료로 쓰인다. 이 형식은 최초의 시동점화가 쉽고 최종적으로 이용되는 전하입자의 에너지 효율도 큰 것을 얻을 수 있다.

다음으로 연료 펠렛의 구조를 생각해보면 추력을 증대시킬 목적으로 핵융합 연료의 주위에 추진재를 놓고 레이저 빔이나 입자 빔을 조사한다. 그림에서 보는 바와같이 핵융합 프라즈마는 두개의 관문을 통과하면서 추력을 발생하게 된다.

자장폐쇄로켓

자장폐쇄식 핵융합로켓은 이미 1960년대후반기에 실용화를 위한 여러 이론이 제출되어 가장 낙관적이었고 특히 미러형에 의한 여러가지 제안이 있었다.

미러형 핵융합은 두개의 강력한 소레 노이드 코일에 의해 프라즈마를 코일 중심부에 넣고 봉해버리는 방식이다. 이때 한쪽의 봉쇄를 약간 약하게 해주면 거기를 통해 내부의 프라즈마가 선택적으로 흘러나오게 되는데 이 유출 프라즈마로 추력을 얻는 방식이다.

그러나 이 방식은 비교적 간단한 반면 장시간의 운전에 용기가 피로하기 쉬운 결점이 있어 이론적으로만 가능한 것으로 연구자들은 보다 나은 방식을 찾고 있다.

그 방법이란 바로 트카마크형이라고 부르는 방식이 핵융합 로켓에 이용되고 있다.

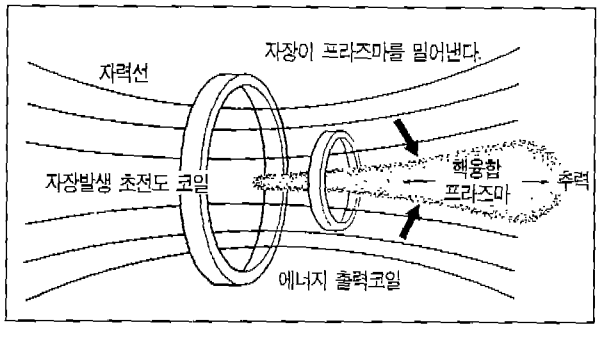
이 장치는 도너츠 모양의 용기안에 고온 프라즈마를 봉입하여 핵융합을 일으키게 한다. 이 자력장 용기의 일부에다 자기적 노즐을 만들고 거기에 프라즈마의 흐름을 생기게 만들어 추력을 얻는 방식이다.

핵융합의 프라즈마 밀봉의 성능을 피로 시키지 않고 추력 발생용의 자장 배치를 설계하는 것이 이 방식의 포인트로 되고 있는 것이다.

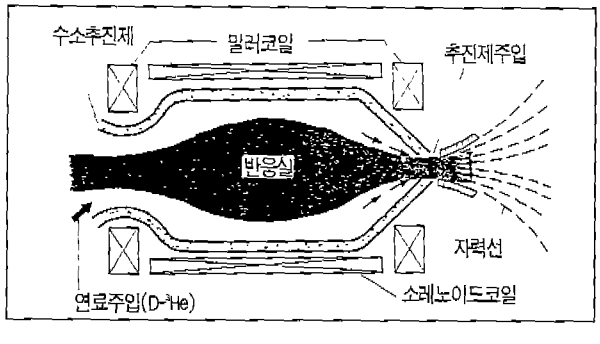
이 방식의 문제점은 프라즈마를 강력한 자장으로 덮어 씌우듯 밀봉하기 때문에 자장발생용 코일이 핵융합 반응과정에서 발생하는 중성자의 조사를 받는 일이다.

그 때문에 앞에서 지적한대로 무겁고 두꺼운 차폐체와 거기서 생기는 폐열을 배출하는 배열장치가 소요된다. 또 중성자 발생량이 많은 중수소-3중 수소의 융합반응을 피하고 중수소와 - 중수소의 반응이나 중수소와 헤륨 반응쪽을 택하게 될 것으로 보고 있다.

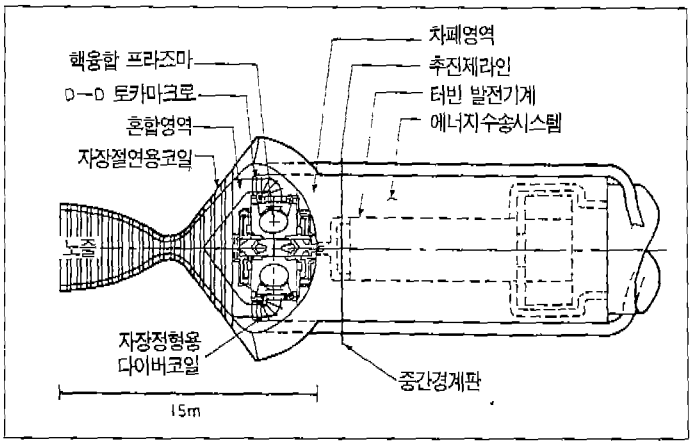
관성폐쇄식 핵유합의 모식도



밀러형 핵융합 반응 장치도



그러기 위해서는 현재보다 어려운 프라즈마 밀봉 기술이 요구된다. 이런 저런 문제때문에 프라즈마 밀봉 기술이 가장 요긴한 문제라고 볼 수 있다. 그래서 각국의 과학진들은 핵융합로 개발에 있어 이 문제의 해결에 전력을 기울이고 있는 실정이다.



토카마크형 핵융합장치 모식도

끝으로 이런 핵융합원리를 이용한 로켓이 어떻게 우주공간을 비행할 것인가에 대하여 생각해 본다.

핵융합의 반응실에서는 초전도 소레노이드 코일이 강력한 자장을 생기게 한다. 고온 프라즈마로 화한 핵융합연료는 전도성 때문에 자장의 침입을 막게하고 자장을 밀어 넓히면서 팽창하여 자장을 압축하게 된다. 그러나 프라즈마는 팽창되는데 따라 압력이 저하되어 끝내는 자장의 압력쪽이 커지게 된다. 그렇게 되면 자장은 프라즈마를 밀어 내게되고 프라즈마는 방향을 바꾸게 되어 반응실밖으로 방출되게 된다. 그 반작용에 의해 코일이 힘을 받아 로켓이 추력을 얻게 되는 것이다.

그리고 핵융합반응에서 생긴 에너지의 일부는 자장중에 놓인 코일에 의해 다음의 레저 빔을 조사하기 위해 축적되는 것이다. 코일을 통과하는 자장의 묶음이 프라즈마에 의해 압축되고 변화하기 때문에 자장유도의 법칙에 따라 코일중에 기전력이 생기게 된다. 한번의 조사에 필요한 에너지를 내는데 필요한 게인은 픽업코일 효율과 반비례한다.

핵융합 추진의 우주선이 만들어 지려면 연료나 추진제를 저장하는 탱크와 핵융합 로켓을 시동하는데 필요한 5MW가량의 원자로와 배열을 위한 히트 파이프, 승무원실, 차폐체등이 있어야 하며 이들 장치를 완성시키는 기술개발도 동시에 추진되어야할 기술적 과제이기도 하다.

천체탐사의 노정

인간이 개발한 기술이 아무리 일추월장하고 불가능이 없다고 하더라도 먼 우주의 저쪽에 있는 천체를 탐사하기에는 아직도 먼 노정이 가로놓여 있다.

첫째로 우주를 날아갈 초고속의 로켓은 궁극적으로 핵분열이나 핵융합 로켓에 의존할 수 밖에 없는데 이 두가지 연구가 모두 아직은 겨우 시초에 불과한 단계이며 어쩌면 핵융합쪽이 먼저 실용화될 가능성마저 없지 않다.

현재까지 화학로켓을 이용하여 탐사장치를 보내 대강이나마 실체를 어느정도 파악한 태양계 위성은 60년대에 달에 이어 무인 탐사를 끝낸 화성을 비롯하여 72년에는 금성을 탐사했으며 74년에는 목성을 탐사한 적이 있었고 1980년에는 토성의 사진탐사에 성공했었다.

그리고 미국의 부시 대통령은 1979년부터 99년까지의 20년간에 지구로부터 가장 먼 해왕성에 대한 탐사를 계획한 적이 있었다. 그 후 클린턴 정부에 의하여 재정긴축을 이유로 계획은 축소되고 말았다.

이렇게 되면 무인탐사에서 남은 천체는 천왕성과 명왕성만 남게 되는데 핵추진 로켓이 실용화되어 현재의 화학 로켓보다 우수한 성능을 발휘한다면 태양계 천체 전부의 탐사가 이루어질 날도 그리 멀지는 않을 것 같다.

지금 인류는 우선 달보다는 화성에 중간기지를 설치할 공산이 크다. 그것은 달이 전혀 생명의 유지를 허용치 않는 죽음의 천체인데 비해 화성은 땅속에 동결된 지하수를 가지고 있고 이산화탄소는 이것으로 산소를 만들기 쉽기 때문이라고 한다.

21세기, 때는 우주 개척의 새 기원이 될 듯하다.