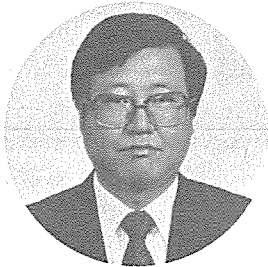


발사체

實質的 연구로 基礎학립해야



金 裕

〈忠南大工大교수·기계공학과〉

얼마전만 하여도 우주나 인공위성 등은 우리와는 전혀 관계가 없는 별개의 것으로 알아왔으며 아직도 많은 사람들은 이러한 것들은 몇몇 특정 국가의 독점물이라고 생각하고 있다. 그러나 우리가 안방에서 즐겨보는 TV중계, 일기예보 등은 모두 위성에 의한 것이며 모르는 사이에 우리는 이들을 상용하고 있는 것이다. 또한 국가차원에서 우주개발에 대한 의지가 표명되어 있어 이제 우주란 남의 일만이 아닌 우리 자신의 일이 되었다. 우주분야는 가장 대표적인 시스템 산업이라 할 수 있으며 Sub-System 중 발사체분야는 이의 개발에 막대한 초기투자가 요구될 뿐만 아니라 항상 공격용 군사무기로 전용이 가능하므로 당사국의 경제적, 기술적 측면 이외에도 국제정치가 관련되는 미묘한 분야라 할 수 있다.

◇역사적 배경

우주발사체와 관련된 최초의 문헌은 불란서 작가 Jules Verne의 소설 “De la Terre a la Lune”라 할 수 있다. 여기서 Verne는 달 왕복 여행의 방법으로 대형 포탄속에 사람을 태워 달로 발사한 후 지구로의 귀환은 낙하산을 이용하는 방식을 취하고 있다. 현대의 상식으로는 몇가지의 기초과학에 대한 개념이 결여되고 있다고 할 수 있으나 100년 후 아폴로 계획에 의한 우주인의 달 여행이 로켓에 의해서 그리고 최종귀환은 낙하산에 의하여 이루어 졌으므로 약간의 수정을 허락한다면 Verne의 방식도 그다지 틀린 것이라고 할 수는 없을 것이다. 그러나 이보다 1000여년전, 한 중국인이 소설이 아닌 실제로 달 여행을 시도한 적이 있었다. 이 사람은 커다란 대나무통 속에 흑색 화약을 충전하여 고체추진체를 이용한 우주비행체를 제작하고 비행석은 몸을 밧줄로 묶는 것으로 매치하였다. Verne와는 달리 이 경우 지구 귀환에 대한 고려를 한 흔적은 보이지 않고 있으며 어쨌던 점화 직후 폭발로 인하여 최초의 우주인은 사망하였다.

로켓트는 그 이후 명절의 축제놀이에도 사용되고 또한 군사목적으로도 이용되었으나 신뢰도 및 성능이 무기로 사용되기에는 미치지 못하여 기술적인 효과 보다는 상대방의 사기를 저하시키는 심리전의 용도로 이용되었다. 신뢰도가 높은 로켓트 시스템은 2 차대전을 전후하여 Double Base 추진제를 이용한 소형 고체 로켓트가 실전에 사용되었으나 우주 발사체로 적용 가능할 정도의 시스템은 독일에서 개발된 V-2 액체로켓트가 최초의 것이라 할 수 있다.

V-2 이전에도 미국, 소련 및 유럽의 몇 나라에서 상당한 기초연구와 실험은 수행되었으나 패전 독일의 V-2 관련 종사자 및 연구관련시설을 이용하여 현재와 같은 시스템으로 발전하였다고 하여도 과언이 아닐 것이다.

그후 미·소 양국은 핵탄두를 운반할 수 있는 장거리 로켓트개발에 박차를 가하였으며 일반에게는 그 진행상황이 별로 알려지지 않게 되었다. 미국은 종전후 공군에 의하여 우주관련 연구가 진행되었으며 X-1에 의한 최초의 음속 돌파비행, X-15에 의한 성층권 재돌입을 거쳐 오늘날 스페이스셔틀의 기본모델인 X-20 계획을 진행중이었다.

그러나 1957년 소련의 Sputnik 위성을 지구궤도에 올려 놓으면서 소위 Space Race라는 것이 시작되었다. 다급해진 미국은 정상적인 개발계획을 외면하고 정치적인 접근방식을 채택하였다. 가장 손쉬운 방법으로 V-2를 개량하여 실전에 배치되어 있는 Redstone 공격용 중거리 유도탄의 탄두부분을 빼내내고 대신 예전의 V-erne가 추천한대로 포탄형태의 쇠공을 탑재하고 그 안에 원충이를 태워 지구궤도를 돌게 함으로써 그들의 위신을 만회 하였다.

그후 머큐리, 제미니, 아폴로 Project가 진행되면서 일반 대중들도 Delta, Atlas, Titan 등 Project에 사용된 공격용 장거리 유도탄의 추진체 이름들과 친숙하게 되었다. NASA의 Lunar Landing Project는 미국 국민의 절대적인 성원과 정부의 무제한 지원에 힘입어 성공을 거두었으며 이로 인한 기술과급효과는 이후 해

아릴 수가 없을 것이다.

그러나 만일 미국이 당초의 X-20 계획을 예정대로 수행하였다고 한다면 오늘의 우주개발현황은 현재와 차이가 있으리라 생각되며 아마도 우주 공간을 실제 응용하는 방향으로 발전되었을 수도 있을 것이다. 우주과학은 통상 미래지향, 부가가치가 매우 높은 첨단과학이 결합된 시스템산업 등으로 표현되지만, 역사는 국방과 National Pridect가 수반하는 정치적 목적이 이의 개발에 대한 기록제가 되고 있음을 암시해주고 있다.

### ◇우주발사체

우주 발사체는 ① 추력발생 및 연료저장장치 ② 외형을 이루는 비행체 ③ 각종 제어 및 유도 조정장치 ④ Payload System으로 구성된다.

통상 Payload를 제외하고 이의 Housing을 포함한 모든 부분을 발사체, 추진체, 로켓트 등으로 불리는데 여기에서는 우주발사체라 함은 상기의 정의에 의해 설명하기로 한다.

발사체의 비행은 추진기관이 작동할 때에는 노즐을 움직여 연소가스의 방향변환을 이용하고 그 이외의 경우는 비행체의 적합한 곳에 장착되어 있는 여러개의 아주 작은 로켓트를 발사시켜 그 추진력을 이용하여 유도/조종을 한다.

로켓트의 가장 두드러진 특성은 추력발생 방법이라 할 수 있다. 보통의 Engine은 연소에 필요한 산소를 공기중에서 얻는데 비하여 로켓트는 필요한 산소를 자체공급해야 하므로 공기가 없는 우주공간을 비행할 수 있는 장점은 있으나 연료저장탱크가 대단히 커야 하는 단점이 있는데 대부분의 우주비행체는 초기중량 및 체적의 90% 이상을 추력발생장치가 차지하고 있다.

로켓트는 배기가스의 속도가 크고 연소압력이 높을수록 추진력이 증가하게 되는데 가스의 속도는 노즐을 통하여 이상적으로 팽창시켜 증가시키고 연소압력은 이로 인한 재질의 중량증가 등을 고려하여 최적 압력을 정한다. 통상 소형고체의 경우에는 1000Psia정도, 대형의 경우

500Psia 이하의 연소압력을 이용한다.

로케트의 추진이론은 고무풍선의 예를 들면 쉽게 이해할 수 있는데 풍선을 터지지 않을 정도로 부풀린 후 손을 놓으면 풍선속의 공기가 팽창하며 분사되면서 멋대로 날아다니는 것을 경험하였을 것이다.

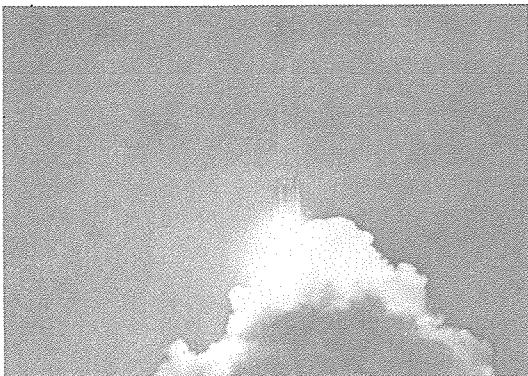
여기서 문제가 되는 것은, ① 풍선 내부압력이 급격히 떨어지며 일정하지 않고, ② 공기의 양이 제한되었고, ③ 날기 시작하는 시간의 예측이 곤란하며, ④ 풍선의 형상이 멋대로 변하는 것 등이다.

이들을 보다 공학적인 용어로 표현한다면, ① 초기연소압력이 높아 필요 이상으로 재질 중량이 증가하고 또한 추력예측이 불가능 하고, ② 추진제의 양이 제한되며, ③ 점화시기의 예측이 곤란하고, ④ 비행에 관련되는 각종 공학계수 산출이 불가능하다는 등으로 설명할 수 있다.

실제의 추진기관은 이상의 풍선에서야기되는 제반문제와 섭씨 2000도 이상의 고온 연소가스로 부터 비행체를 보호하는 문제 등을 공학적으로 해결한 것이라 할 수 있다.

### ◇발사체의 구분

발사체는 사용추진제, 유도장치의 종류, 용도단(stage)의 수에 의하여 구분하기도 하지만 이중 추진제의 종류에 따라 발사체의 형태 및 설계가 크게 영향을 받으므로 이를 중심으로 구분한다. 추진제는 우선 액체와 고체로 구분되며 이를 세분하면 다음과 같다.



### 고체추진제

**Base 추진제** : 하나의 원료에 산화제와 연료가 포함되어 있는 것으로 원료가 폭발성이 강하고 통상 입출방식(extrusion)으로 제작하므로 거의 소형에 국한되어 있다.

**Composite 추진제** : 산화제와 연료가 각각 다른 원료이며 이를 혼합하여 제작한다. 주조(Cast)를 하여 제작되므로 크기에 제한을 거의 받지 않으며 대부분의 군용 추진체는 Composite 추진제를 사용한다.

### 액체추진제

**Storable** : 대기상태에서 특별한 조치없이 저장할 수 있는 것을 말한다. 액체수소의 경우 대기압에서 비등점이 거의 절대영도에 가깝기 때문에 상온 상태에서는 맹렬히 끓기되어 증기압이 상승하므로 발사직전에 주입하며 unstorable 추진제이다.

**hypergolic** : 외부의 점화원이 없이 산화제와 연료가 접촉하면 자동발화하는 것을 말하며 이 경우 점화기는 따로 필요없다.

**연료공급장치** : 연료탱크를 불활성기체로 가압하여 공급하는 Pressurized시스템과 pump 시스템으로 구분하며 후자의 경우는 상대적으로 대형에 사용한다.

**추진제수** : 연료와 산화제가 독립적으로 공급되는 bi-propellant시스템과 한가지만 공급되는 mono-propellant 시스템으로 구분된다.

추진체를 기술할 때는 이상의 각종 구분과 용도 등을 섞어서 표현하는데, 예를 들어 미·소간에 군비축소의 쟁점이 되고 있는 MX 유도탄은 3 stage, solid propellant ICBM이 되고, space shuttle의 주 추진기관은 non-storable, non-hypergolic, turbo-pump feed, bi-propellant, liquid rocket라고 구분할 수 있다.

### ◇우주발사체의 현황

발사체의 성능과 외형에 가장 큰 영향을 미치는 것은 추진기관이며 이의 추진원리는 현재나

가까운 미래에도 고전적인 추진원리와 동일할 것이다. 바꾸어 말한다면 1000년전 사용된 불꽃놀이 로켓이나 20세기 첨단과학을 동원한 현재의 로켓이나 그 근본원리는 동일하다는 것이다. 단지 추진제와 제작과 관련된 공학적 분야의 발달이 계속되었다고 할 수 있다.

추진제의 성능을 나타내는 변수중 비추력(specific impulse)이 있는데, 이는 단위질량의 추진제가 발휘할 수 있는 힘을 말하며 단위는 초(second)이다. 예를 들면 비추력 240sec의 추진제라 하면 1 파운드의 추진제가 소모되면 240 파운드의 추력이 발생됨을 의미한다. 또한 스페이스셔틀의 main engine은 추력 400,000파운드 액체로켓 3개로 구성되어 있고 연소 시간은 대략 8분이다. 만일 비추력이 400sec라고 가정한다면 역으로 셔틀의 연료탱크의 크기를 추정할 수 있을 것이며, 참고로 이의 크기는 520,000gallon(10,300드럼) 정도이고 매초당 200드럼 이상의 연료를 소비함을 알 수 있다.

추진제 측면에서는 고체의 경우 비추력과 물성을 향상시키는 연구가 진행되어 왔으나 최대 비추력은 260sec를 넘지 못할 것으로 예상된다. 액체추진제는 군사용의 경우 언제든지 발사 가능하여야 하므로 비추력이 낮은 storable 추진제를 사용하였으나 우주비행체에는 비추력이 보다 큰 unstorable 추진제를 사용하는 경향이다. 대표적인 unstorable 추진제는 액체산소와 액체수소인데 예상 최대 비추력은 400sec 정도로 우수하지만 이들의 온도가 매우 낮아서 이로 인한 각종 공학적인 문제의 해결이 주요 연구과제가 되고 있다.

우주 발사체는 군용발사체를 그대로 이용하던지 아니면 이를 개량한 것이 많으므로 셔틀을 제외 한다면 추력이 큰 1단계는 거의 storable 추진제를 사용하고 추력이 적은 2·3단계에 cryogenics 추진제를 사용하던지 아니면 이러한 방향으로 개량하고 있다. 이상 추진제와 관련된 제반문제는 제작과 관련된 공학적인 문제를 제외한다면 기초연구는 거의가 '60년대에 완성되었다고 할 수 있으며 어느면으로는 이상 더 발

전의 여지가 없는 고전적인 분야라고 할 수 있다.

발사체는 연료탱크가 거의 대부분을 차지하므로 외형상으로는 별 차이가 없어 보이지만 현재 이용되고 있는 발사체는 새로운 유도/조종장치, 고성능 turbo-pump를 사용한 연료 공급장치 및 재질개선과 그간의 결함이 축적된 고성능 엔진 등 예전의 것에 비하면 대단히 진보되고 개량된 것이다.

### ◇미래의 발사체

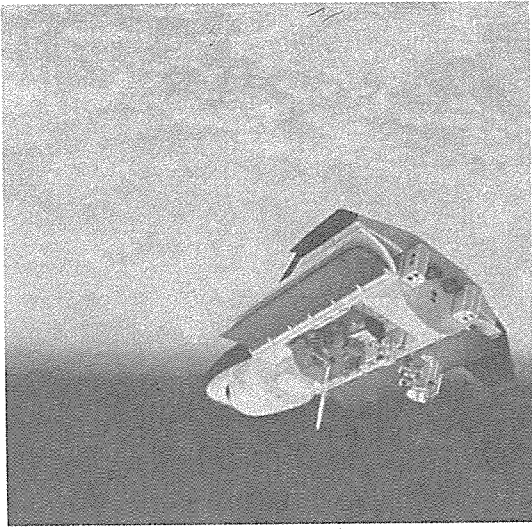
추진기관분야는 현재의 발사체가 연소에 의하여 고온의 배기가스를 얻는 chemical 로켓인데 반하여 연료를 nuclear reactor, 전기에너지(예를 들면 spark)나 태양에너지를 이용하여 이를 가열하여 고온의 배기가스를 얻을 수 있는 새로운 추진기관에 대한 연구가 진행중이다.

그러나 이들은 현재 실험단계에 있을 뿐만 아니라 실용된다고 하더라도 발생 추력이 적으므로 보조 추력장치로 사용될 수는 있을 것이나 발사체의 주 추진기관으로 쓰이기에는 아직은 요원한 실정이다.

일전 추락한 소련의 정보위성은 위성의 추력 발생 장치에 nuclear reactor를 사용하고 있었다. 따라서 미래의 우주발사체도 당분간은 외형상으로는 현재와 거의 비슷하지만 추진제가 cryogenics으로 대체되고 보다 정교한 유도/조정장치를 이용할 것으로 생각되며 전자분야의 경우와 같은 (진공관에서 집적회로의 발전) 획기적인 변화는 당분간 없을 것으로 전망된다.

### ◇우리나라의 우주산업

정부의 2000년대 과학기술개발 과제중에는 우주기술분야도 포함되어 있으며 이의 실행을 위한 기초작업이 진행중인 것으로 알려지고 있다. 그러나 우주기술이란 광범위하고 간혹 잘못된 인식되는 경우도 있어 차체에 이에 대하여 정의를 한다면 "관련되는 모든 과학기술분야 및 정치,



경제를 포함하는 비 기술적 영역을 총괄 조직화하여 이를 우주공간에서의 행위에 적용하는 시스템기술"이라 할 수 있다.

예를 든다면 발사체나 위성만에 관련되는 기술은 일종의 부품기술이라 할 수 있으며, 극단적인 예로 우주인의 식품가공을 우주산업이라고 하기에는 좀 이상한 것과 유사하다. 우주와 관련되는 모든 산업은 세가지 장애물, 즉 정치, 경제, 과학기술을 모두 극복해야 하며 발사체의 경우도 예외일 수는 없을 것이다.

우주개발 선진국의 발사체와 관련된 대부분의 기술은 1960년대 초반에 거의 완속되었고 또한 10년전 이미 한국형 지대지 장거리유도탄 개발경험을 보유하고 있는 우리의 실정은 과학기술에 관한한 낙관적이라고 할 수 있다. 백보양 보한다 하더라도 우리의 현 기술여건이 반세기 전의 V-2 정도의 수준은 이미 보유 내지 최소한 관련기술의 수용태세는 되어 있다고 하여야 할 것이다. 문제는 현존 기술능력을 최대한으로 활용할 수 있는 조직과 연구여건의 조성이 남은 과제인 것이다.

경제에 관한한 사정은 매우 비관적이라 할 수 있다. 발사체의 경우 기술 파급효과, 고도의 부가가치를 포함한 미래지향 첨단산업 등 상투적인 미사여구를 동원하더라도 협소한 시장과 투자에 대한 이윤을 감안할 때 현상태에서 경제적

인 설득은 거의 무의미하다 할 수 있다. 그러나 한가지, 우리의 국민 총생산과 정부의 예산규모 등을 감안한다면 이의 개발을 뒷받침할 수 있는 경제력은 보유하고 있다고 할 수 있다.

정치란 오묘한 것이어서 일반 문외한은 도저히 알을 예측할 수 없는 분야이지만 그러나 여러가지 현여건을 감안한다면 우주개발은 우선 순위 최하위의 정책 사항인 것으로 추측된다.

### ◇신념과 끈기로 지속적인 연구를...

이상의 우리실정을 고려한다면 발사체에 대한 기술현황은 국가의 정책적 뒷받침만 있다면 저고도 과학위성을 진입시킬 수 있는 발사체의 개발을 할 수 있는 잠재력 보유국이라 할 수 있다. 금세기 초 라이트 형제가 최초의 비행에 성공하였을 때만 하더라도 어느 누구도 그것이 오늘날의 항공기로 진화되리라고는 예상하지 못하였을 것이며 같은 일이 우주분야에는 반복되지 않는다고 장담할 수 없을 것이다. 무한한 우주공간을 생각해 보면 첨단과학의 집합체라고 하는 우주비행체도 예전의 복엽기 보다 훨씬 초라한 것이며 관련기술 또한 하나의 모래알 정도일 것이다.

우주에 관한한 아직껏 뚜렷한 실적이 없는 우리로서는 무엇보다 중요한 것은 할수 있다는 신념을 갖는 것이다. 비록 현재의 정치적, 경제적 여건은 우호적이라 할 수는 없으나 과학기술은 하루아침에 이루어지는 것이 아니므로 주어진 여건하에서 연구를 위한 연구가 아닌 실질적인 연구를 통하여 우주과학의 기초를 다짐으로써 미래를 대비하는 것이 과학인으로서 의무가 아닌가 생각한다.

또한 우주개발은 초기투자가 많은 것에 비해 효과가 매우 불투명한 장기간을 요하는 산업이므로 중도에 포기를 한다면 득보다 실이 많을 것이다. 이러한 점들을 감안하여 정책의 결정에는 신중을 기하여야 하며 도중하차시 발생하는 국고손실과 관련연구진이 불필요한 지탄의 대상이 되는 일이 없도록 하여야 할 것이다.