

# VOYAGER MISSION과 SATURN(土星)

(上)

吳仁煥(美 메리랜드大)

□...최근 Voyager 1호의 Saturn (토성) 근접통과를 계기로 NASA에서는 흥분된 분위기를 이루고 있으며 신문과 TV 등에서 많이 취급되고 있다.

이와 때를 맞추어 Voyager Mission의 배경과 Mission 수행 과정, 그리고 거기에서 얻는 과학적 정보가 무엇을 의미하는가 등에 대하여在美科協 吳仁煥씨의 해설을 실는다. <편집자>.....□

## 차례

1. 태양계와 Saturn (토성)
  - 1) 태양계의 기원과 위성 (Planets)
  - 2) Saturn에 대하여
2. Voyager Mission과 Saturn 근접통과
  - 1) Voyager Spacecraft의 구조와 탐색연구 목적
  - 2) Voyager 1 & 2의 순항일정 (Mission Summary)
  - 3) Voyager 1 & 2의 Saturn 근접통과
  - 4) Voyager 2의 토성 통과계획과 천왕성 (Uranus in 1986) 및 해왕성 (Neptune in 1989) 접근시도
3. Voyager 1이 보내온 자료와 중간분석결과
4. 태양계 연구를 위한 NASA의 노력

### 1. 태양계와 Saturn (토성)

#### 1) 태양계의 기원과 위성 (Planets)

거의 50억년의 역사를 지니고 있는 태양계의 기원과 형성과정을 놓고 주로 다음의 두가지 설로 대변할 수 있는데 Tital theory와 Nebular theory가 그것이다.

Tital theory라는 것은 Chamberlin 등이 주장한 것으로 태양 주위를 지나던 별이 있었고 그 별의 인력에 의하여 태양을 둘러싸고 있던 가스

물체들이 떨어져 나오면서 태양 주위를 돌게 되었으며 이 개스체들이 현재의 위성을 형성하게 되었다는 설이다. Nebular theory라는 것은 18세기 중엽 Kant와 Laplace가 주장했던 것으로 태양 생성 이전에 존재하던 미립자의 가스 및 먼지들이 오랜 기간 동안 서로의 인력으로 덩어리를 이루고 그로부터 태양과 위성들이 동시에 생성되었다는 설이다.

태초의 개스체가 뭉치면서 서서히 회전을 시작하고 상호 인력에 의한 수축작용으로 그 회전이 더욱 빨라지면서 떨어져 나가던 개스체들이 태양 주위를 돌면서 현재의 위성을 형성하게 되었다는 것이다. 따라서 모든 위성들이 같은 방향으로 태양 주위를 공전하고 있으며 거의 동일한 궤도면을 갖게 되었다.

이 두가지 설가운데 어느 한쪽도 태양계의 모든것을 설명하고 있지는 못하고 있으나 많은 천문학자들은 후자의 Nebular theory가 가능성이 더 크다고 믿고 있다.

이렇게 하여 태양을 공전하고 있는 위성들은 수성(Mercury), 금성(Venus), 지구(Earth), 화성(Mars), 작은 혹성띠(Asteroid Belt), 목성(Jupiter), 토성(Saturn), 천왕성(Uranus), 해왕성(Neptune) 그리고 명왕성(Pluto)등이며 수성과 금성을 제외하고는 모두 몇개씩의 달(예,

지구는 달 1개, 목성16개, 토성15개등)을 갖고 있다. 그리고 화성과 목성의 궤도 사이에 자리 잡고 있는 작은 혹성의 띠(Asteroid Belt) 등으로 태양계를 이루고 있다. 그림1-1과 도표 1-1에서 보여주는 것으로 각 위성의 공전 궤도와 각개 위성들의 크기를 지구를 기준으로 하여 비교하고 있다.

그림 1-1

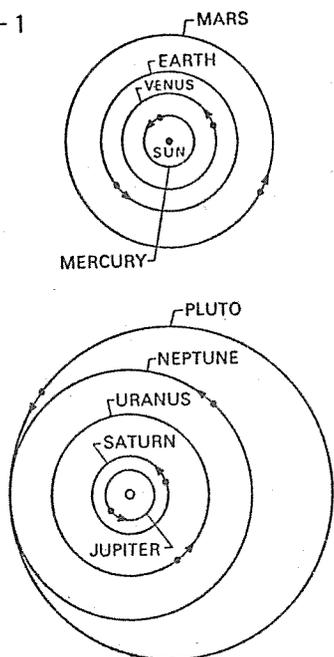
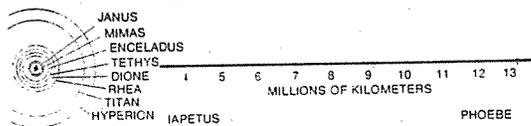


도표 1-1

| Some Approximate Planetary Data   |         |   |   |                                    |  |   |                                  |                                  |          |
|-----------------------------------|---------|---|---|------------------------------------|--|---|----------------------------------|----------------------------------|----------|
|                                   | MERCURY | VENUS   | EARTH   | MARS                               | JUPITER  | SATURN  | URANUS                           | NEPTUNE                          | PLUTO    |
| Distance from sun (A.U.)          | 0.4     | 0.7   | 1   | 1.5                                | 5  | 10  | 20                               | 30                               | 40       |
| Mass in terms of earth's mass     | 1/50    | 1/2   | 1   | 1/2                                | 318  | 95  | 15                               | 17                               | 1/1000   |
| Radius in terms of earth's radius | 1/10    | 1   | 1   | 1/2                                | 11   | 9   | 4                                | 4                                | 1/10     |
| Rotation rate                     | 59 days | 243 days retrograde   | 24 hours  | 24 1/2 hours                       | 10 hours   | 10 hours  | 11 hours                         | 16 hours                         | 6.5 days |
| Velocity of escape (mi/sec)       | 2.5     | 10.5  | 7   | 5                                  | 37   | 35  | 15                               | 14                               | 23       |
| Approx effective temperature (°C) | 450     | 235   | 230   | 220                                | 130  | 75  | 50                               | 40                               | 40       |
| Observed gases in atmosphere      | -       | CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O, HCl, HF, O <sub>2</sub> | N <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O, CO <sub>2</sub> | CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O | H <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , NH <sub>3</sub> | H <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , H <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> | H <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> | H <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> | -        |
| Number of known satellites        | 0       | 0   | 1   | 2                                  | 16   | 15  | 5                                | 2                                | 1        |

<sup>1)</sup>Temperatures on the sunlit sides of planets, or at their surfaces, may be much higher. The sunlit side of Mercury, for example, has a temperature of over 600°K, and the surface temperature of Venus is also over 500°K.

10개의 달이 있는 것으로 알려졌다. 그리고 토성은 다른 위성과는 달리 그 주위에 아름다운 띠(ring)를 두르고 있는데 토성에서 가장 먼 것이 A ring, 가까이 닥오면서 B ring 그리고 C ring이라고 부르며 A ring과 B ring 사이에 띠가 없는 간격(4000km가량)이 있는데 이를 Cassini Division이라고 부른다. (그림 1-2 그림 1-3



## 2) Saturn(토성)에 대하여

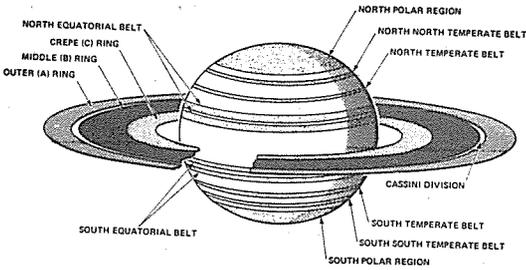
태양계 내의 9개 위성 가운데 우리가 여기에서 알아보려는 것은 Saturn이며 지난 11월12일 Voyager 1호가 근접 항진을 하면서 많은 사진과 과학자료를 보내온 것은 모두 잘 아는 사실이다. 이 Saturn의 특징을 보면 태양에서 8억 8천 7백50만 Mile 떨어져 있으며, 지구에서는 빛으로 1시간25분이나 걸리는 거리에 떨어져 있다. 공전 주기는 29.5년이며 자전 주기는 10시간14분정도, 반경은 60,000km 밀도는 물의 밀도(1)와 비슷하며, 토성의 대기는 주로 메탄가스(CH<sub>4</sub>), 수소분자(H), 암모니아 등으로 구성되어 있으며 온도는 110°K(-163°C) 정도로 알려져 있다. 토성 주위에는 1년전까지만 해도

이번 Voyager 1호에 앞서서 토성을 통과했던 Pioneer 1호(1979년)는 A ring 밖에서 띠 두개를 더 발견했는데 이들이 F ring과 G ring이라고 한다. 이때 토성의 달 두개를 발견했으며 S11과 S12라고 한다.

이번의 Voyager Mission은 신비에 싸인 토성과 그 띠를 근접 통과하면서 사진 촬영과 과학자료를 수집하도록 되어있다. 이번 Mission의 또 한가지 목적은 토성의 달 가운데 가장 크고 대기권을 갖고 있는 Titan의 근접 관측이다. Titan은 그 대기권의 성분이 특수하여 Titan에 생명체가 존재할지도 모른다고 추측해 오던 곳이다. 지구의 위성(혹은 달)에서 생명체가 살 수 있지 않을까 하는 호기심과 그추적은 끊임없이 계속되어 왔으며, 토성의 띠(ring)의

기원과 발전과정을 알아내려는 노력은 태양계 기원설 가운데 Nebular theory를 개발시키는데 동기가 되기도 했다. 그림1-3은 종래까지 알려졌던 토성의 10개의 달과 궤도를 보여주고 있다.

그림 1-2



1) Voyager Spacecraft의 구조와 탐색연구목적

NASA의 Deep space probe를 전담하고 있는 Jet Propulsion Lab(Pasadena, California)에서 Voyafer Mission을 수행하고 있다.

Voyager 1과 2는 identical twin으로 불리울 정도로 그 기능과 목적을 같이 하도록 계획되었으며 무게가 각기 1톤 미만이고, 몸체는 세 부분으로 나누어진다. 첫째가 넓은 접시 모양의 안테나로 지구와 Voyager간의 모든 통신(Command Control and Dara transmission)을 맡고 있으며, 두번째는 안테나 뒷면에 Voyager의 두뇌격인 Primary Computer 3개와 비상시에 쓸 backup computer 3개가 부착되어 있어서 모든 작동명령, 과학자료수집, 그리고 Voyager 몸체의 주기적인 회전과 방향조정 등을 명령하는 두뇌역할을 하는 부분이다. 세번째로는 몸체의 양쪽으로 뻗은 팔과 같은 boom인데 여기에는 과학자료 등을 수집하기 위한 촉각(과학기재와 그 Seusor)들이 달려있다. 실제로 이들 Seusor device들은 T.V. 혹은 tele-metry camera, 적외선 및 자외선 기계들이며 여기에서 모든 과학자료가 수집되고 있으며 앞서 말한 Computer brain의 명령으로 지구로 송신되고 있는 것이다. 이들 실험과 송신을 위한 동력원으로는 소형 원자력 발전기를 쓰고 있는데 이는 태양에서 멀어져가는 Voyager Mission

에는 태양 전지가 부적합 했기 때문이다. 이번 Voyager Mission이 목성, 토성, 천왕성 및 해왕성을 추적하고 있으나 특히 Saturn을 위한 탐색 연구 분야를 열거하면 다음과 같다.

- SATURN SCIENCE EXPERIMENTS .....
- Magnetic Fields Investigation .....
- Cosmic Ray Investigation .....
- Planetary Radio Astronomy .....
- Infrared Interferometer Spectrometer and Radiometer Radio Science .....
- Imaging .....
- Low-Energy Charged Particles .....
- Plasma .....
- Plasma Wave .....
- Ultraviolet Spectrometer .....

이번 Voyager Mission이 Saturn을 지나면서 앞서 말했던 토성의 띠에 대한 Puzzle을 풀어보고자 노력하고 있는데 그 띠의 화학적 성분은 물론, 그 띠의 기원이 어디에서 시작되었는지를 밝혀보려는 것이다. 토성의 달이 아니면 제 3의 물체가 지나가다가 끌려들어와 깨져서 펼쳐진 것인지 아니면 토성의 생성 초기에 그 주위를 둘러싸고 있던 작은 물체들이 달을 미처 형성하지 못하고 흩어져서 띠를 이루고 있는 것인지 등을 밝혀 보려는 것이다. 여기서 앞서 말한 태양계의 기원연구와 유사한 점을 볼 수 있을 것이다. Voyager 1호는 띠의 밑을 지나 위로 올라가는 사이 약 20분 동안 토성띠의 두께, 띠를 구성하는 물질의 크기와 성분, 띠와 띠 사이의 거리등등을 측정하게 될 것이다.

1979년 전초병격으로 지나간 Pioneer II호가 발견한 A ring 바깥 부분에서 발견한 F and G ring을 확인하는 것도 큰 목적중의 하나이다. 또 한가지 특기해야 할 것은 토성의 달 가운데 가장 큰 Titan의 근접 탐색이다. 이 달은 지금까지 천문학자들이 태양계 내에서 메탄 가스로 구성된 대기권을 갖고 있으며 따라서 원시적 생명체가 있을 수 있는 조건을 갖추고 있을지 모른다고 추측해 오던 곳이다. 역시 앞서간 Pioneer II호는 이 Titan의 대기권에서 메탄가스

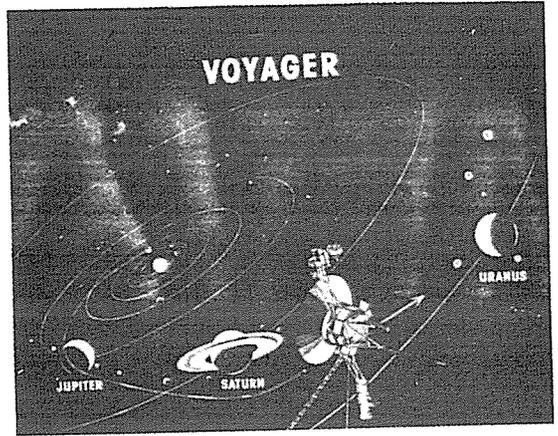
(CH<sub>4</sub>) 뿐만아니라 여기에서 수소(H)와 탄소(C)가 분리되고 있다는 확증을 보내왔는데, 이번 Voyager I 호는 아주 근접통과를 하면서 더욱 자세한 정보를 보내올 것으로 과학자들은 기대하고 있으며 흥분상태에 있는 것이다. 왜냐하면 수소와 탄소는 생명체를 구성하는 필수원소이기 때문이다.

## 2) Voyager 1 & 2 의 순항일정 (Mission Summary)

모든 deep space spacecraft들이 그렇듯이 발사초기에 지구 인력권에서 벗어난 후에는 태양인력에 의존하여 free flight를 하게 되는데 지구인력권을 벗어날때의 속도가 목성과 토성 등으로 가는 항진 시간을 좌우하게 된다. 그러나 rendezvous를 위하여 자체의 연료를 분사하여 그 속도를 가감하거나 궤도를 수정할 수는 있으나 연료때문에 제한을 받고 있다. 따라서 발사전에 각 위성들의 궤도 요소를 검토하고 언제 어디에서 rendezvous를 해야 할 것인가 등을 사전 Computer Simulation을 통하여 계산한 다음, 발사시기와 필요로 하는 연료등을 결정하게 된다. 왜냐하면 Spacecraft가 항진하는 몇년동안 각 위성들도 그 위치를 옮기고 있기 때문이다. 이러한 발사시기는 아무때가 가능한 것이 아니며 몇년이상, 혹은 몇십년이상까지의 장기 조사를 통하여 가능한 발사시기를 찾아내야 하는데 이러한 시기를 launch Window라고 부른다. 이러한 window는 1주일 혹은 1달이 될 수 있으나 그 시기를 놓치면 몇년 혹은 몇십년까지 기다려야 된다. 특히 주기가 80여 년이나 되는 Halley 살별의 rendezvous를 위한 launch window를 놓쳤다고 가정해 보면 짐작이 될 것이다. 그림2-1에서 보는 것은 Voyager Spacecraft가 지구를 떠나 목성, 토성 그리고 천왕성을 향하여 (Voyager II의 경우) 항진하고 있는 모습이다. 목성과 토성등의 위성을 근접통과 할때는 그 위성들의 인력에 의하여 마치 Sling Shot에서 날아가는 것과 같이 Voyager는 그 궤도가 바뀌고 속도가 증가하게 되는데

그림 2-1

Voyager sends pictures and data back to Earth from Jupiter (1979), Saturn (November, 1980) and Uranus (1986)



이는 사전에 모든 계획된 항진이며 그후 자체 연료로 궤도를 보정하면서 토성으로 갈 수 있도록 설계되어 있는 것이다. Voyager I이 발사된 것은 Cape Canaveral (Fla.)에서 1977년 9월 5일 오전 8시 46분 (EDT)에 발사되었으며 이보다 16일 먼저 발사된 Voyager II를 앞질러서 10억km (625million mile)를 항진하여 1년반만에 목성에 도착한 것이 지난 79년 3월 5일경이었다. Voyager I 호는 늦게 출발했으나 짧고 빠른 항진 Course를 택했기 때문에 1977년 12월 15일경에 Voyager II호를 앞지르게 되었다.

그리고 그후 토성에 최근접 통과를 한 것이 지난 80년 11월 12일 오후 8시 10분경 (EDT)이었다. 3년 2개월 정도의 지나긴 여정이었다.

한편, Voyager II호가 목성을 통과한 것은 Voyager I 호 보다 19일 늦게 4월 25일 이었고 1981년 8월 26일경에 토성근접통과를 하게될 예정이다. 이번 Voyager mission은 두개의 Spacecraft가 차례로 목성과 토성을 지나게 하면서 앞서간 Voyager I호가 못다한 탐색 혹은 보내온 과학자료의 분석결과에 따라서 그것을 더 탐색하기 위해서 그다음의 Voyager II호의 mission을 수정 보완하고 있는 것이 특징이다.

아래에 열거한 것은 Voyager mission 항진 과정을 Summary한 것이다.