

Stellar

별 볼일 있는 날

글. 김동훈 MBC경남 기술국 사원

Solar system

Sun

Low mass star

Brown dwarf

Jupiter

Stellar 스스로 빛나는 별

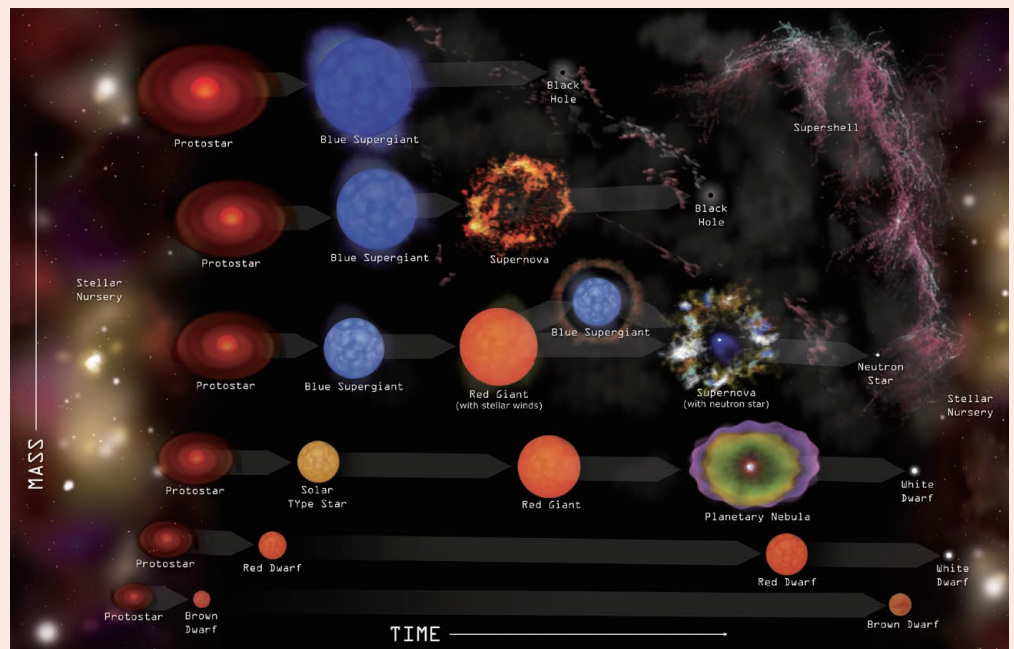
‘Stellar’. 라틴어로는 이렇게 쓴다. 우리말로로는 스스로 빛나는 별, 즉 항성을 뜻한다. 고대 라틴어에서 ‘t’는 단순한 철자가 아니라, 별과 별, 그리고 자신을 잇는 성스러운 기호로 여겨졌다고 한다. 별을 신의 메시지처럼 여기며 점을 치고 신화를 만들어냈던 과거 사람들을 떠올리면, 그 말도 꽤 설득력 있다.

필자는 한때 별에 꽤 진심이었다. 대학도 그쪽 전공이었고, 별을 보겠다고 전국 천문대를 찾아다니는 적도 있다. 새벽까지 별만 올려다보며 밤을 지새우던 날도 많았고, 별이 나오는 영화는 다 챙겨봤다. 최근 넷플릭스에서 나온 ‘삼체’를 보면서도 쌍성계의 개념이나 태양계(Solar system) 외부의 항성 시스템을 표현한 방식이 제법 그럴듯하다는 생각이 들었다.

실제로 우주에 있는 대부분의 항성계는 쌍성이나 다중성이다. 그런데 우리 태양계는 특이하게도 단 하나의 항성, 태양만을 중심에 두고 돌아간다. 아이러니하게도, 그 ‘단 하나’ 덕분에 우리가 이렇게 지구에서 살아가고 있는지도 모른다. ‘삼체’처럼 복잡하지 않은 구조 덕분에 안정적인 환경이 만들어졌기 때문이다.

그래서 이번엔, 취미 삼아 짧게 ‘별의 일생’에 대해 이야기해보려 한다. 밤하늘을 올려다보면 그저 반짝이는 점 같지만, 그 안에는 수백만 년을 살아가는 존재의 시간이 담겨 있다. 누군가는 그 빛을 보고 소원을 빌지만, 나는 그게 어떤 삶의 흔적인지 아는 게 더 재미있다.

정해진 운명 ★

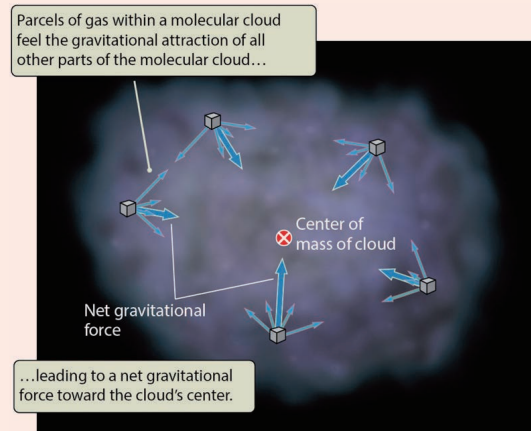


고등학교 지구과학 시간에 별에 관하여 간단하게 설명하는 자료가 위의 사진이다. 별의 운명은 이 사진 한 장으로 설명이 가능하다. 첫 번째 사진은 좌측의 Protostar(별의 초기 단계, 원시성)의 질량에 따라 별의 운명은 Brown(갈색왜성)부터 Supernova(초거대 질량을 가진 별의 대폭발) 단계를 거친 Supershell(대폭발 이후의 거대 가스 공간)까지 마치 수학 공식처럼 정해져 있다는 뜻이다. 즉, 별은 태어남과 동시에 자신의 운명이 결정되는 존재이다. 그렇다면 자신의 운명을 결정 짓는 Protostar는 어떻게 만들어지는 것일까?

A Star is born

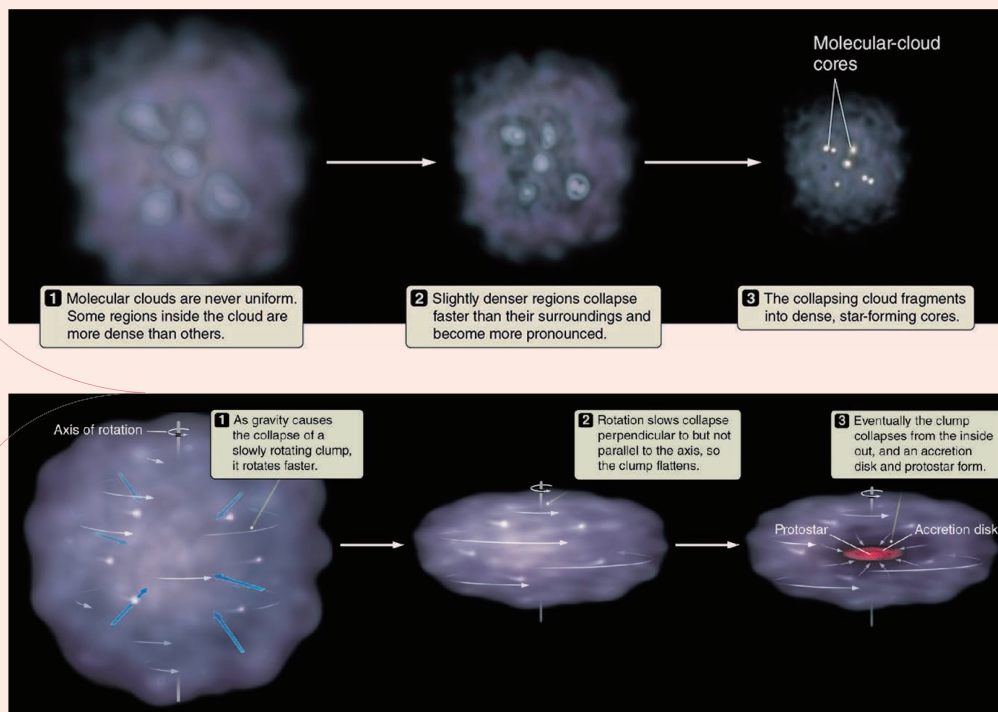


Protostar가 생성되기 위해서는 먼저 생성 이전의 환경부터 고민해볼 필요가 있다. 우주 공간은 빈 공간으로 생각하기 쉽지만, 사실은 어마어마한 가스 먼지들로 구성되어 있다. 우주를 유유히 맴돌던 가스 먼지들은 어느 날 서로가 만유인력에 의해 서로 뭉치는 경우가 발생한다. 그러다 한순간 무게가 무거운 쪽을 중심으로 갑작스러운 수축 현상이 일어나는데 이를 molecular cloud collapse라 부른다.



점차 수축한 먼지들은 부딪히면서 거대한 에너지를 만든다. 이 과정이 지속 반복되다 보면 거대한 에너지가 먼지들의 수축압력을 뚫고 나오는 현상이 일어나는데, 바로 스스로 빛나는 항성, 즉 Protostar가 시작된 것이다.

※ 위의 자료는 Protostar 형성의 단적인 예시이며, 대부분은 다음 사진과 같이 거대한 구름대에서 다발적으로 molecular cloud collapse 현상이 일어난다.



※ 특정 방향으로 회전을 시작한 molecular cloud는 질량중심을 향하여 더욱 모이게 되며, 중심부는 주변부의 질량을 자꾸 끌어들이는다.

※ 임계점이 지나면 중심부에서 에너지가 방출된다.

죽음을 향해 폭발하는 자 ★

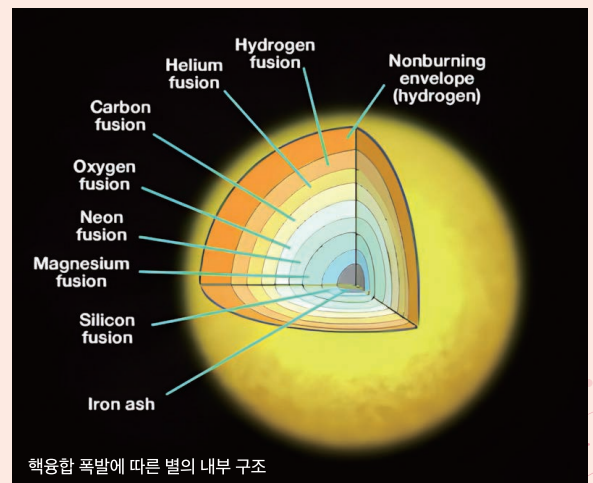
특정 임계점을 지나 에너지를 방출하는 Protostar 가 된 별은 스스로가 가진 질량을 태워 빛을 내는 데 사용한다. 이때 질량이 높은 별은 수축하는 압력이 높아 강력한 빛을 낼 것이며, 상대적으로 질량이 낮은 별은 적은 에너지가 방출되어 약한 빛을 낼 것이다. 우측의 그림은 항성의 절대적인 밝기와 Spectral Type에 따라 질량에 따른 별의 group을 나타낸 것이다. X축은 O type으로 갈수록 온도가 뜨거우며, Y축은 -로 갈수록 밝기가 빛난다. 즉, 무거운 별은 엄청난 에너지와 밝기를 자랑할 것이며, 상대적으로 가벼운 별은 적은 에너지와 밝기를 나타낼 것이다.

그러나 이와 같은 폭발은 스스로가 소멸의 길로 가는 과정일 뿐이다. 자신의 운명이 정해져 있는지 모른 채 수축과 폭발을 반복하기만 한다.

폭발의 순서는 이렇다.

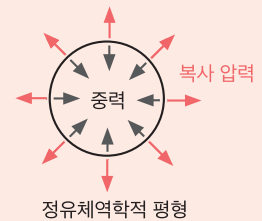
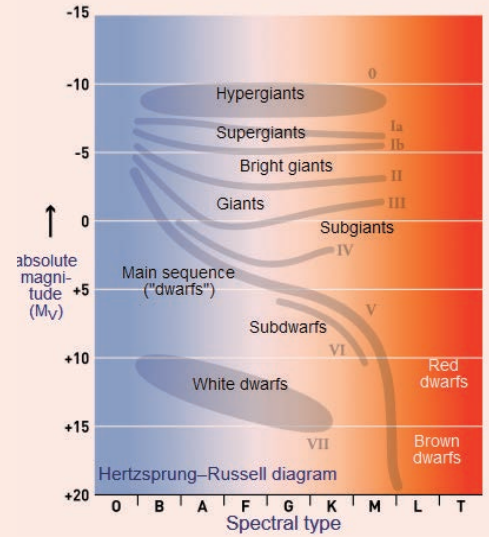


먼저, 수소들이 지속해서 수축과 폭발을 일으키는데 이를 수소핵융합반응이라고 부른다. 모든 수소를 태우게 되면 외곽에 수소 껍질을 남기게 되고 수소핵융합반응으로 만들어진 헬륨을 이용하여 헬륨핵융합반응을 시작한다. 이 과정은 원소 주기율표대로 따른다. 물론 Protostar의 질량이 많다면 최대 철핵융합 반응까지 진행하게 될 것이다.



※ 별의 핵융합반응 순서는 $H \rightarrow He \rightarrow C \rightarrow O \rightarrow Ne \rightarrow Mg \rightarrow Si \rightarrow Fe$ 순이다.

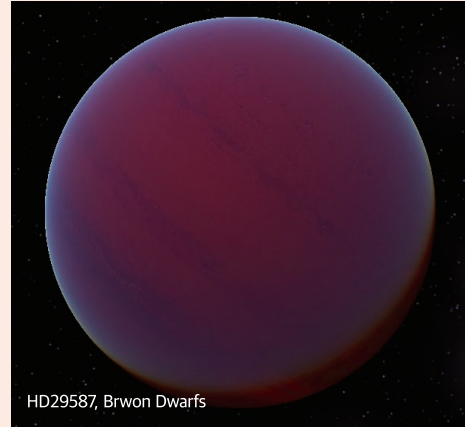
※ Fe 이상의 원소는 Supernova 시 고온 고압의 환경에서 생성된다.



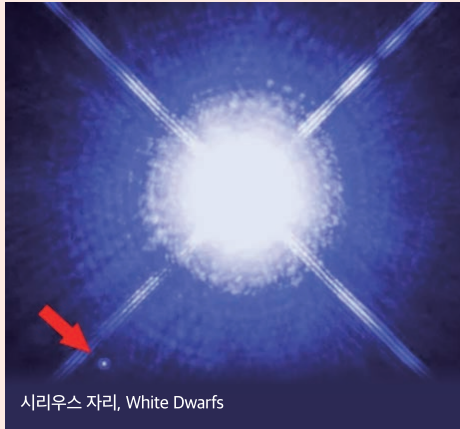
찬란한 죽음의 유산



본인의 질량을 태운 항성은 시간이 지나 이제 대폭발의 시대만 남았다. 질량이 매우 작은 경우 갈색왜성으로 남는다. 더 이상 핵융합 반응을 할 수 없는 단계라 차갑게 식은 별이라고도 부른다. 그 때문에 분명 존재는 할 것이지만 밝기가 볼 수 없을 정도로 매우 어두워 우주공간에서 찾기가 어렵다.



HD29587, Brown Dwarfs

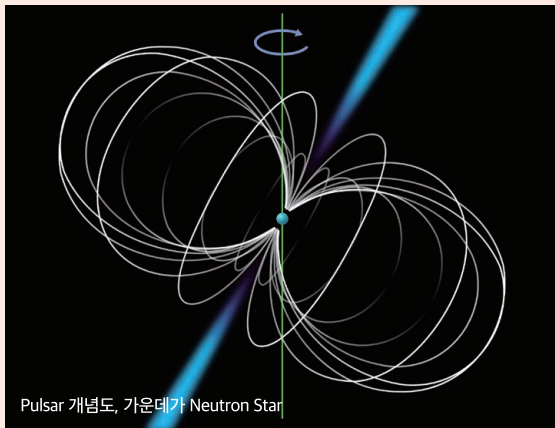


시리우스 자리, White Dwarfs

이보다 질량이 조금 무거운 별은 백색왜성으로 남는다. 우리 태양이 이에 속하는데, 핵융합 이후 연료가 모두 소진된 별은 외곽층을 모두 날려버린 후 마지막 남은 핵이 백색왜성이 된다.

조금 더 질량이 조금 무거운 별(태양 질량의 1.1 배 ~3배)은 Supernova(초신성 폭발) 현상을 겪는다. Supernova를 겪게 되면 별의 핵융합 현상보다 더욱 높은 초고온, 초고압 환경을 겪게 되며, 이때 철 이상의 원소가 만들어지게 된다. 예를 들어 우리

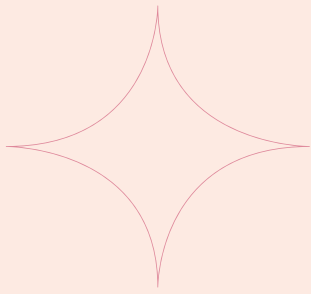
지구는 철 이상의 원소가 매우 풍부하게 존재하고 있는데 이는 Supernova 발생 시 만들어진 원소들이 태양계 생성 때 영향을 주었기 때문이다. 즉, 우리 태양계는 최소 한 번 이상의 Supernova 현상 이후 만들어진 시스템이며, 초거대 Protostar의 흔적인 것이다.



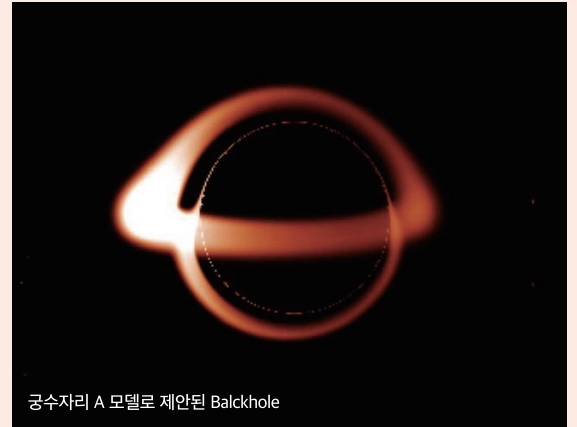
Pulsar 개념도, 가운데가 Neutron Star

Supernova 이후에는 남은 질량에 따라 Neutron Star와 Blackhole 그리고 Supershell로 남게 된다. 중성자별은 원자 공간에 양성자와 전자의 거리가 물리학이 정해진 공간보다 더욱 좁게 모여있는 구조이다. 밀도는 매우 무거우나 별의 중력붕괴 단계까지는 가지 않았으며, 일부 중성자별은 빠르게 회전하여 복사빔을 방출한다. 이를 Pulsar라고도 부른다.

마지막으로 무거운 별(태양 질량의 3배~)은 Blackhole 단계로 접어든다. Neutron Star 단계에서도 중력붕괴가 진행되어 강력한 밀도를 가진 별은 강력한 중력으로 인해 빛조차 빠져나올 수 없다는 설명으로 유명하다. 거대 은하 중심에는 은하계를 중력으로 잡을 만큼의 강력한 블랙홀이 존재하는 것으로 알려져 있다.



존재가 알려지면서 공포의 대상(?)으로 알려져 있지만, 사실은 거대 질량을 가진 Protostar의 마지막 단계일 뿐이다. 우리 태양은 블랙홀이 되려면 3km까지 압축되어 폭발하여야 하므로 전혀 걱정하지 않아도 된다. 시공간이 틀어져 탈출 자체가 불가능한 Event horizon(사건의 지평선)을 소재로 한 크리스토퍼 놀란의 InterStellar 영화도 유명하다.



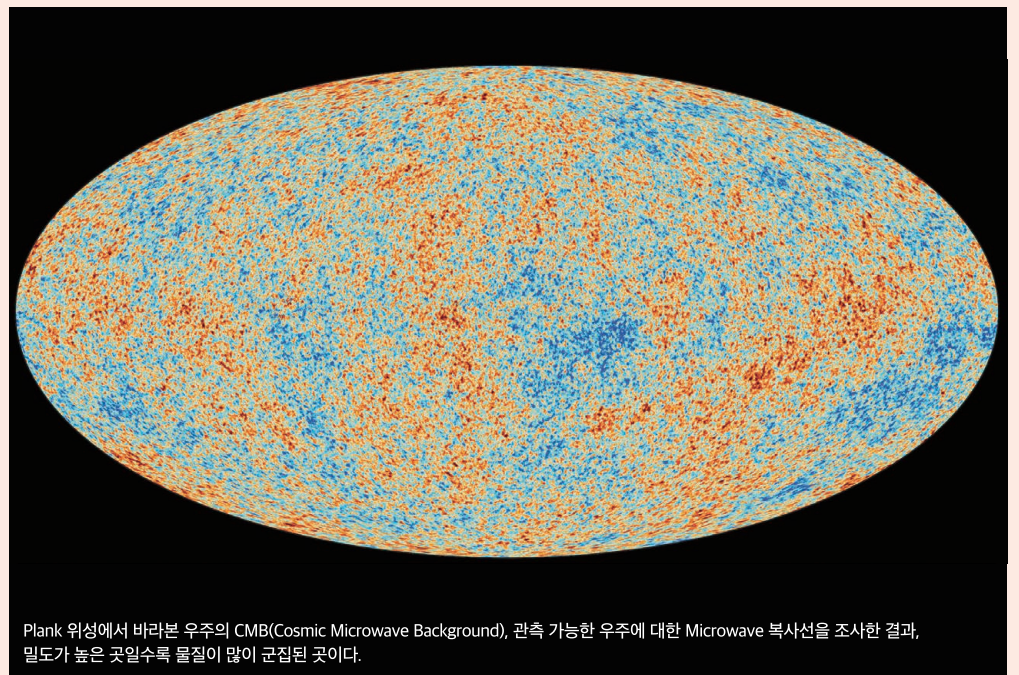
그 이후



이렇게 항성은 각각의 Protostar의 초기 질량에 따라 각기 다른 운명을 맞이하게 된다. 그렇다면 그 후 별들은 어떠한 단계를 거치게 될까?

Blackhole과 같이 거대한 질량을 통해 흡수하는 녀석도 있지만 폭발로 인한 잔해들이 molecular cloud collapse 현상을 일으켜 또 다른 Protostar를 탄생시키는 경우도 있다. 또 다른 별의 시작이기도 하다.

하지만 대우주 시스템을 고려하면 우주는 가속 팽창하는 시스템이므로 시간을 거듭할수록 공간이 멀어져 Protostar의 생성 확률이 낮아질 것이다. 즉, 뜨거운 항성의 단계로 접어드는 별의 개수는 점점 줄어들 것이며 거대 질량을 통해 폭발하던 Supernova 현상도 점차 줄어들 것이다. 향후에는 지구와 같은 풍부한 자원을 가진 외계행성은 더욱 보기도 힘들 것이다. 즉, Cold Universe(차가운 우주) 단계에 들어설 것이다. 그렇지만 아직은 기후이다. 적어도 수백억 년 이상의 미래이다. 🌌



Plank 위성에서 바라본 우주의 CMB(Cosmic Microwave Background), 관측 가능한 우주에 대한 Microwave 복사선을 조사한 결과, 밀도가 높은 곳일수록 물질이 많이 군집된 곳이다.