

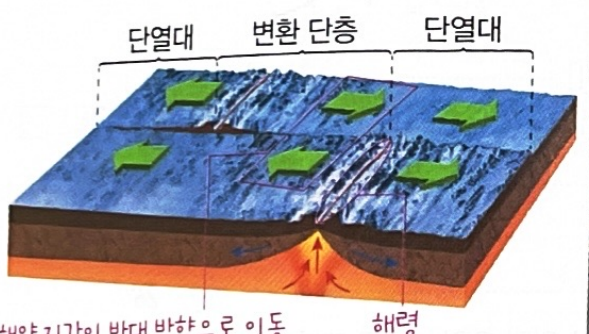

\* 빙하의 이동 흔적은 빙하기에 빙하가 확장, 간빙기 녹을 때 형성  
 \* 대륙이동의 증거는 보통 **고생대** \* 대륙 이동: 가만, 대 → 해, 확장

# 01 해저 확장설의 증거와 판 구조론

\* 맨틀 대류설 발표 당시 인정 \* 오랜 시간 동안의 평균으로  
 1. 해저 확장설의 증거 (+ 변환 단층) 지자기 북극 = 지리상 북극

- (1) 해령에서 멀어질수록 해양 지각의 연령이 증가함
- (2) 해령에서 멀어질수록 심해 퇴적물의 두께가 증가함
- (3) 베니오프대(섭입대)에서의 진원 분포: 해구에서 대륙 쪽으로 갈수록 진원의 평균 깊이가 점차 깊어짐
- (4) 해저 고지자기 줄무늬와 해저 확장: 해양 지각에서 정자극기와 역자극기가 만드는 해저 고지자기 줄무늬가 해령의 열곡과 거의 나란하며 해령의 열곡을 축으로 대칭을 이룸

2. 판 구조론의 정립: 해저 확장설이 발표된 이후 심해 퇴적물의 두께와 해양 지각의 연령 분포, 변환 단층, 베니오프대(섭입대), 해저 고지자기 줄무늬 분포 등 여러 가지 현상을 통합적으로 설명하려는 연구가 이루어지면서 판 구조론이 출현함 **발산형 경계** 북극은 암석권의 판 구조론의 정립 과정: 대륙 이동설 → 맨틀 대류설 → 해저 확장설 → 판 구조론 **두께가 얇다**

변환 단층	섭입대 주변의 진원 분포
해령과 해령 사이에서 해령에 수직한 방향으로 발달하는 단층으로, 해양 지각이 서로 반대 방향으로 어긋나게 이동하는 구간임	해구 부근에서는 지진이 섭입대 부근에서 발생하는데, 해구에서 밀도가 작은 판 쪽으로 갈수록 진원의 깊이가 깊어짐
 <p>단열대    변환 단층    단열대</p> <p>해양 지각이 반대 방향으로 이동    해령</p>	 <p>대륙판 → 밀도가 작음    해구    해양판 → 밀도가 큼</p> <p>유라시아판    태평양판</p> <p>섭입대</p> <p>진원 깊이</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 0 ~ 70 km</li> <li>• 70 ~ 300 km</li> <li>• 300 km 이상</li> </ul> <p>진원의 깊이가 깊어짐</p>

북극! 북반구 + 남반구 -  
 아래쪽    위쪽

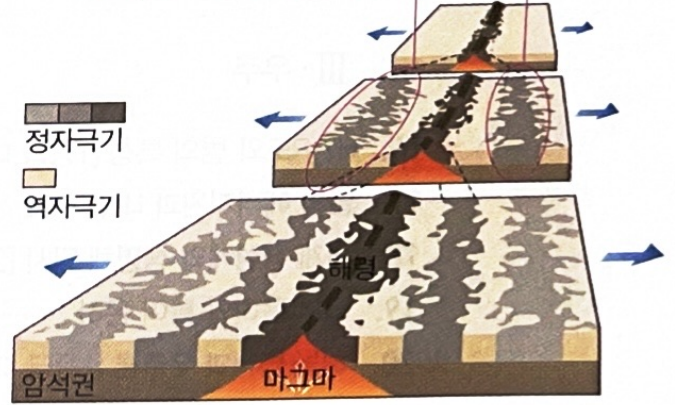
★ 문제 풀이 (풀림)

지질 시대 동안 지구 자기장의 방향은 정자극기와 역자극기가 반복되었고, 해저 암석에 기록된 정자극기와 역자극기가 만드는 고지자기 줄무늬는 해령과 거의 나란하게 띠 모양으로 나타나. 또한 해령을 축으로 좌우 대칭으로 분포하는데, 이것은 해령에서 새로운 해양 지각이 형성되면서 양쪽으로 확장되었기 때문에 나타나는 거야.

고지자기극은  $\sin \theta = \sin \delta$

판게아 < 로라시아, 곤드와나

해령에서 동일한 시기에 형성되어 양쪽으로 확장됨 → 해저 확장설의 증거



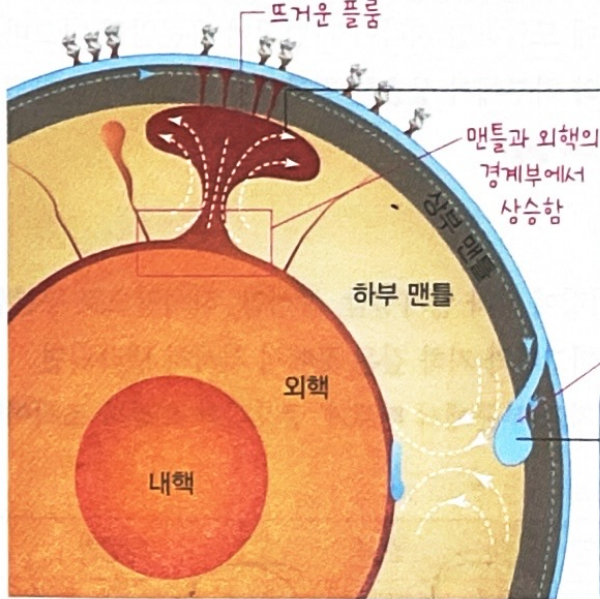
\* 홈스: 지각이 맨틀 위에 떠 있다



## 02 플룸 구조론과 열점

### 1. 판 구조론과 플룸 구조론

- (1) 판 구조론 : 판과 상부 맨틀의 상호 관계가 중심이며, 판의 경계에서의 지각 변동을 설명하기 위해 대두되었음
- (2) 플룸 구조론 : 판과 맨틀 전체의 상호 관계가 중심이며, 열점에서의 화산 활동과 같이 판의 내부에서 일어나는 화산 활동을 설명하기 위해 대두되었음



- 뜨거운 플룸은 맨틀과 외핵의 경계부에서 뜨거워진 물질이 원통형의 통로를 만들어 암석권까지 상승함
- 뜨거운 플룸이 지표 가까이 상승하면 마그마를 생성하고 화산 활동을 일으킴
- 뜨거운 플룸은 주변의 맨틀보다 온도가 높아 지진파의 속도가 느림

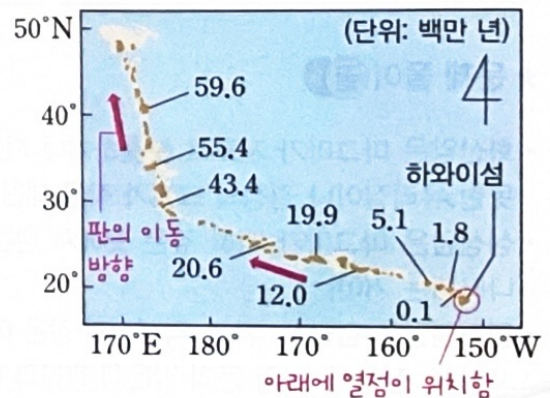
- 차가운 플룸은 판이 섭입하는 지역에서 섭입되는 해양판에 의해 형성되며, 섭입된 해양판이 상부 맨틀과 하부 맨틀의 경계 깊이에 계속 쌓이다가 밀도가 커지면 하강함
- 차가운 플룸은 주변의 맨틀보다 온도가 낮아 지진파의 속도가 빠름

### 2. 열점과 화산섬 *뜨거운 플룸 상승 → 열점에서 마그마 생성 → 지각을 뚫고 분출(화산 활동) → 화산섬과 해산 형성* *여러개의 화산섬이 생성될 수 있다. \* 화산 이동 잘 확인하기!*

- (1) 열점 : 플룸 상승류가 지표면과 만나는 지점 아래 마그마가 모여 있는 곳
- (2) 열점은 판의 내부에도 존재함 → 판의 내부에서 일어나는 화산 활동을 설명할 수 있음
- (3) 열점에서 마그마가 분출하여 형성된 화산섬들은 판의 이동에 따라 이동함 → 열점에서 멀어질수록 화산섬의 나이가 많아짐

#### ★ 문제 풀이 **꿀팁**

- 열점은 하와이섬 아래에 위치하며, 이동하지 않고 지하 깊은 곳에 고정되어 있어. 열점에서 마그마가 분출하여 형성된 화산섬은 대체로 북서쪽으로 이동하면서 나란하게 배열되고, 새로운 화산 활동으로 새로운 화산섬이 계속 형성되는 거야.
- 그림에서 하와이 열도 화산섬의 나이는 대체로 북서쪽으로 갈수록 많아지며, 약 4천 3백만 년 전을 기준으로 태평양판의 이동 방향이 북북서 → 서북서로 바뀐 것을 알 수 있어.





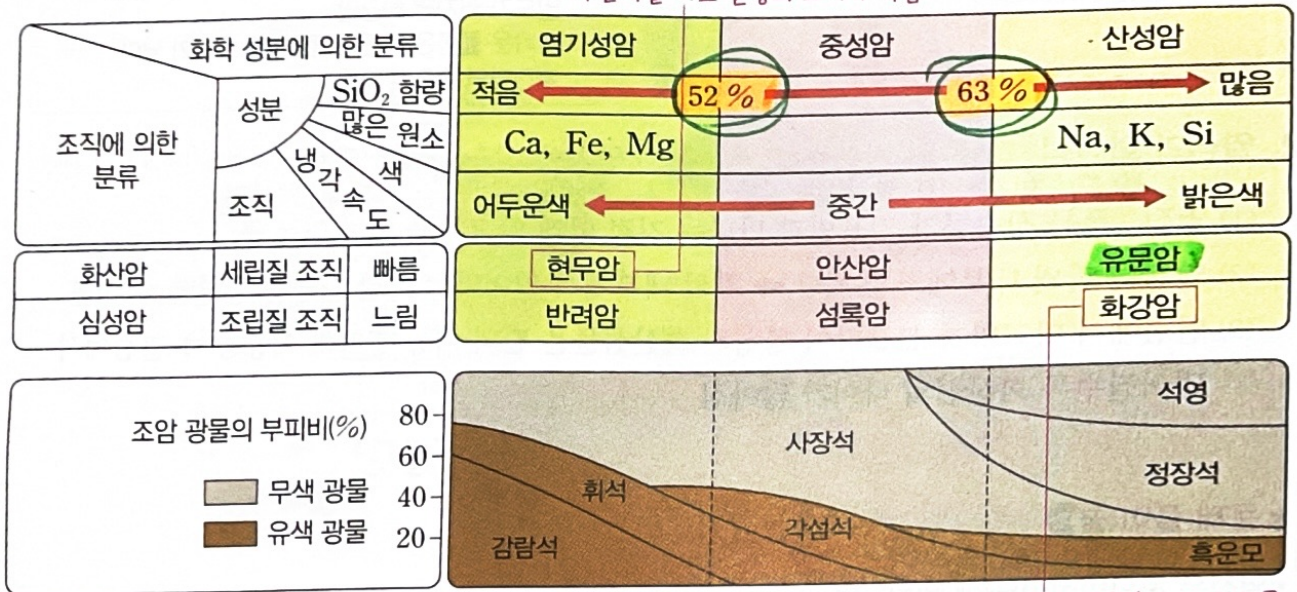
# 03 마그마의 생성과 화성암의 분류

## 1. 마그마의 생성 장소

- (1) 발산형 경계, 열점 : 맨틀 물질이 상승함에 따라 압력 감소에 의해 현무암질 마그마가 생성됨
- (2) 섭입형 경계 현무암질 마그마, 유문암질 마그마, 안산암질 마그마 생성
  - ① 섭입하는 해양 지각에서 빠져나온 물이 연약권으로 유입되면서 연약권의 용융점을 낮추어 현무암질 마그마가 생성됨 \* 맨틀 깊이가 부딪혀 용융됨
  - ② 이 마그마가 상승하여 대륙 지각의 하부에 도달하면 지각이 가열되어 유문암질 마그마가 생성되며, 이때 생성된 유문암질 마그마와 하부에서 상승한 현무암질 마그마가 혼합되면 안산암질 마그마가 생성됨 주로 안산암질 마그마 분출

## 2. 화성암의 분류

- (1) 화학 조성에 따른 화성암의 분류 : SiO<sub>2</sub> 함량에 따라 염기성암, 중성암, 산성암으로 구분함
- (2) 산출 상태와 조직에 따른 화성암의 분류 : 마그마가 지하 깊은 곳에서 서서히 냉각되면 조립질 조직을 나타내는 심성암이 되고, 지표 부근에서 빠르게 냉각되면 유리질 조직이나 세립질 조직을 나타내는 화산암이 됨



### ★ 문제 풀이 (꿀팁)

- 화산암은 마그마가 지표로 분출하거나 지표 가까운 곳에서 빠르게 냉각되어 형성되니까 결정을 형성하지 못한 유리질이나 결정의 크기가 작은 세립질 조직을 나타내.
- 심성암은 마그마가 지하 깊은 곳에서 천천히 냉각되어 형성되니까 결정이 크게 성장하여 조립질 조직을 나타내는 거야!
- 염기성암은 감람석, 휘석, 각섬석과 같은 어두운색 광물의 함량이 많으니까 어두운색을 띠고, 산성암은 사장석, 정장석, 석영 등의 밝은색 광물의 함량이 많으니까 밝은색을 띠는 거야!





## 나만의 비법 정리

### 역암은 쇠철성 퇴적암

해령에서는 주위보다 높게 솟아오른 지형 때문에 중력에 의해 판이 기그러지면서 판을 밀어내는 힘이 작용한다.





외핵 2500km - 5100km (약)

온도: 연약권 > 암석권



# 04 퇴적 구조

## 1. 퇴적 구조 퇴적 당시의 자연 환경, 지층의 역전 여부를 판단하는 데 도움을 줌

사층리	점이 층리	연흔	건열
			
기울어지거나 엇갈린 모양의 층리가 보임	퇴적물 입자의 크기가 위로 가면서 감소함	퇴적물 표면에 물결 자국이 보임	가뭄에 논바닥이 갈라진 것과 같은 무늬가 보임
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 물이나 바람의 일정한 흐름에 따라 퇴적물이 공급되거나 흐름의 방향이 바뀔 때 나타남</li> <li>• 사막이나 수심이 얇은 해안에서 잘 형성됨</li> </ul> <p><i>삼각주, 하천</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 수심이 깊은 <u>호수나 바다</u>에서 큰 입자가 먼저 가라앉고 작은 입자가 큰 입자 위로 쌓일 때 나타남</li> <li>• <u>대륙대</u>와 같은 깊은 바다에서 잘 형성됨</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 수심이 얇은 물밑에서 잔물결이나 유동하는 물의 작용이 퇴적물 표면에 새겨져 나타남</li> <li>• <u>바다나 호수의 가장자리</u>에서 잘 형성됨</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 점토질 물질이 쌓인 퇴적층이 건조한 시기에 공기 증으로 노출되어 갈라진 것임</li> <li>• 건조 기후가 나타나는 시기에 잘 형성됨</li> </ul>

입자가 작음  
입자가 큼

물결 모양 - 수심이 얇은 물밑에서 형성됨

*속성 > 구질, 고결*

*퇴적물 공급 불균형, 공기*

## 2. 퇴적 환경

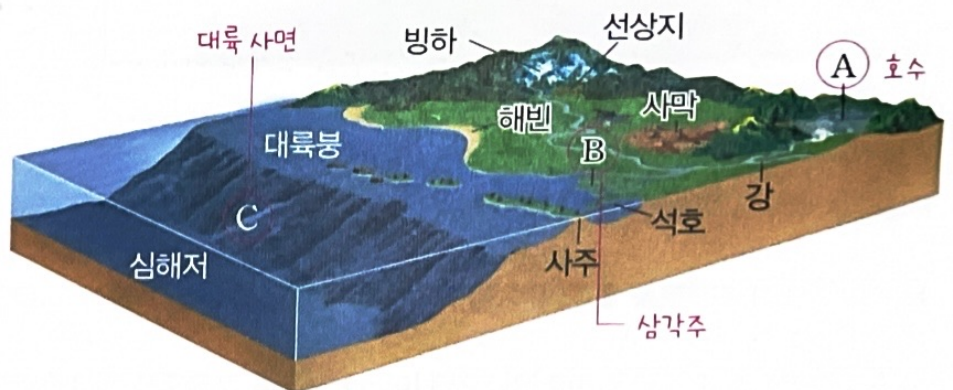
- (1) 육상 환경: 육지에서 퇴적암이 만들어지는 환경 → 선상지, 하천, 호수, 사막, 빙하 등
- (2) 연안 환경: 육상 환경과 해양 환경이 만나는 곳에서 퇴적암이 만들어지는 환경 → 삼각주, 조간대, 해변, 사주, 석호 등
- (3) 해양 환경: 바다 밑에서 퇴적암이 만들어지는 환경 → 대륙붕, 대륙 사면, 대륙대, 심해저 평원 등 가장 넓은 면적

*퇴적물 양의 수  
점이 층리 형성*

*\* 하천 상류에서는 역암이 이암보다 잘 만들어짐*

### ★ 문제 풀이 풀이

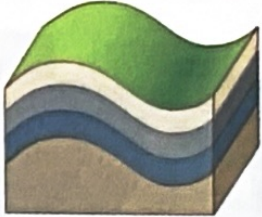


- 그림에서 A는 호수이니까 육상 환경, B는 삼각주이니까 연안 환경, C는 대륙 사면이니까 해양 환경에 해당해.
- 특히 삼각주와 선상지의 특징을 비교해서 묻는 문제가 출제될 수 있으니 두 지형의 특징을 비교해서 정리해 두고 선상지는 육상 환경, 삼각주는 연안 환경인 것을 알아 두어야 해.



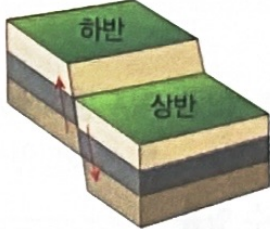
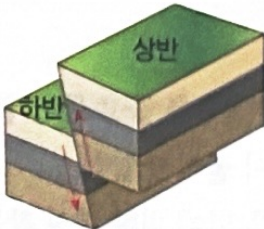
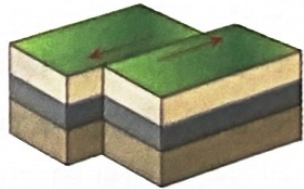


## 05 습곡, 단층, 부정합



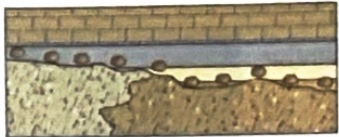
### 1. 습곡: 암석이 횡압력을 받아 휘어진 지질 구조

정습곡	경사 습곡	횡와 습곡
		
습곡축면이 수평면과 수직을 이룸	습곡축면이 수평면에 대하여 기울어짐	습곡축면이 수평면에 대하여 거의 수평으로 누움

### 2. 단층: 단층면을 경계로 양쪽의 암석이 상대적으로 이동하여 어긋나 있는 지질 구조

정단층	역단층	주향 이동 단층
		
장력(양쪽에서 잡아당기는 힘)이 작용하여 상반이 아래쪽으로 내려간 구조	횡압력(양쪽에서 미는 힘)이 작용하여 상반이 위쪽으로 올라간 구조	단층면을 따라 상반과 하반이 수평 방향으로 이동한 구조

### 3. 부정합: 상하 지층 사이에 퇴적 시간의 공백이 큰 지질 구조

평행 부정합	경사 부정합	난정합
		
부정합면을 경계로 아래층과 위층의 쌓인 방향이 평행한 경우	부정합면을 경계로 아래층이 쌓인 방향이 위층과 다른 경우	부정합면 아래의 지층이 심성암이나 변성암으로 이루어질 경우

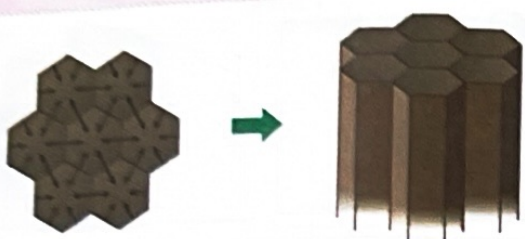

#### ★ 문제 풀이 꿀팁

습곡 구조에서 배사는 중심부로 갈수록 오래된 암석이 분포하고, 향사는 중심부로 갈수록 젊은 암석이 분포하는 것과 단층은 대체로 습곡 작용이 일어나는 깊이보다 얇은 지표 부근에서 형성되는 것을 알아야 해. 또한 평행 부정합은 조륙 운동, 경사 부정합은 조산 운동을 받은 지층에서 잘 나타나고, 난정합은 다른 부정합에 비해 상하 지층 사이의 시간 간격이 매우 큰 것을 알아 두어야 해!



# 06 절리, 관입과 포획

## 1. 절리: 암석에 생긴 틈이나 균열

주상 절리	판상 절리
	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 주로 육각기둥 형태를 이루고 있는 절리</li> <li>• 지표로 분출한 용암이 중심 방향으로 빠르게 식는 과정에서 형성</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 얇은 판 모양으로 갈라져 있는 절리</li> <li>• 지하 깊은 곳의 암석이 용기할 때 암석을 누르는 압력이 감소하면서 서서히 팽창하여 형성</li> </ul>



## 2. 관입과 포획

### (1) 관입

- ① 관입: 마그마가 기존 암석의 약한 틈을 뚫고 들어가는 과정
- ② 관입암: 관입한 마그마가 식어서 굳어진 암석
- ③ 관입이 일어날 때 주변의 암석은 열에 의한 변성 작용을 받을 수 있음

### (2) 포획

- ① 포획: 마그마가 관입할 때 주변 암석의 일부가 떨어져 나와 마그마 속으로 유입되는 것
- ② 포획암: 포획된 암석 → 포획암을 관찰하면 화성암과 주변 암석의 생성 순서를 알 수 있음

관입	포획
마그마가 상승할 때 암반의 틈이나 지층 사이로 뚫고 들어와 식어서 된 구조	마그마가 관입할 때 일부 암석이 녹지 않고 마그마에 둘러싸여 남은 구조
 <p>관입암</p> <p>관입을 당한 암석이 오래 된 것임</p>	 <p>관입암</p> <p>포획된 암석이 오래된 것임</p>

### ★ 문제 풀이 꿀팁

주상 절리는 화산암에서 잘 나타나고, 판상 절리는 심성암에서 잘 나타나는 것을 알아 두어야 해. 따라서 현무암에는 주상 절리가 발달하고, 화강암에는 판상 절리가 발달해! 또한 관입한 암석은 관입당한 암석보다 나중에 형성되었고, 포획암은 관입암보다 먼저 형성된 것을 비교해서 알아 두어야 해!



## 07 지층의 대비

1. 암상에 의한 지층 대비: 비교적 가까운 지역의 지층을 구성하는 암석의 종류, 조직, 지질 구조 등을 대비하여 지층의 선후 관계를 판단하는 것

〈암상에 의한 지층 대비〉

- 응회암층과 석탄층은 각각 비슷한 시기에 퇴적되었으므로 건층으로 이용할 수 있음
- 지층의 역전이 없었다면 가장 오래된 지층은 C 지역에서 나타남

A 지역 B 지역 C 지역 D 지역

2. 화석에 의한 지층 대비: 같은 종류의 표준 화석이 산출되는 지층을 연결하여 지층의 선후 관계를 판단하는 것

〈화석에 의한 지층 대비〉

- 삼엽충(고생대) 화석이 암모나이트(중생대) 화석보다 하부에 있으므로 지층이 역전되지 않았음
- 같은 종류의 표준 화석이 발견된 지층은 같은 시기에 퇴적되었음
- 지층의 역전이 없었으므로 가장 최근의 지층은 F 지역에서 나타남

E 지역 F 지역 G 지역 H 지역

### ★ 문제 풀이

지층을 대비할 때 기준이 되는 지층을 건층 또는 열쇠층이라고 해. 건층으로는 비교적 짧은 시기 동안 퇴적되었으면서도 넓은 지역에 걸쳐 분포하는 응회암층이나 석탄층이 주로 이용되는 것을 알아 두어야 해. 또한 화석에 의한 지층 대비는 진화 계통이 잘 알려진 생물의 화석을 이용하며, 가까운 거리뿐만 아니라 멀리 떨어져 있는 지층의 대비에도 이용되는 것을 알아 두어야 해!

46억년 1억 → 1시간 : 1억 9200만년 고생대 2시 11분

중생대 22시 41분 신생대 23시 39분

#생김이 전체의 88%

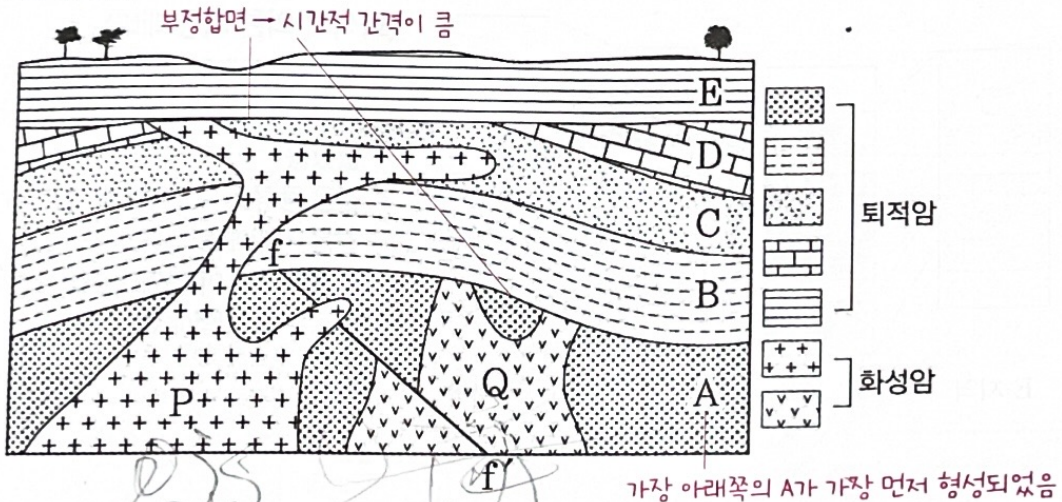


1. 상대 연령: 과거에 일어난 지질학적 사건의 발생 순서나 지층과 암석의 생성 시기를 상대적으로 나타낸 것
2. 상대 연령의 결정: 지사학의 여러 법칙을 적용하여 지질학적 사건의 발생 순서를 판단함

(1) 지사학의 법칙

수평 퇴적의 법칙	퇴적물이 쌓일 때는 중력의 영향으로 수평면과 나란한 방향으로 쌓여 지층이 형성됨 <i>현재 지층이 기울어져 있거나 휘어져 있으면 퇴적물이 쌓인 후 지각 변동을 받았다는 것을 알 수 있음</i>
지층 누층의 법칙	퇴적물이 쌓일 때 새로운 퇴적물은 이전에 쌓인 퇴적물 위에 쌓이므로, 지층의 역전이 없었다면 아래에 있는 지층은 위에 있는 지층보다 먼저 퇴적되었음
동물군 천이의 법칙	오래된 지층에서 새로운 지층으로 갈수록 더욱 진화된 생물의 화석이 산출됨
부정합의 법칙	부정합면을 경계로 상부 지층과 하부 지층의 퇴적 시기 사이에는 큰 시간적 간격이 존재함
관입의 법칙	마그마가 주변의 암석을 뚫고 들어가 화성암이 형성되었을 때, 관입당한 암석은 관입한 화성암보다 먼저 형성되었음 <i>마그마가 관입한 경우 주변의 암석이 변성 작용을 받을 수 있음</i>

(2) 지층의 상대 연령



- ① 지층 누층의 법칙 적용: A → B → C → D 순으로 형성됨
- ② 관입의 법칙 적용: 화성암 Q는 A보다 나중에 형성되었고, 화성암 P는 D보다 나중에 형성되었음
- ③ 부정합의 법칙 적용: 화성암 Q가 형성된 후 융기 → 침식 → 침강 과정을 거치고 B가 퇴적되었으며, 화성암 P가 형성된 후 융기 → 침식 → 침강 과정을 거치고 E가 퇴적되었음
- ④ 지층의 형성 순서: A → 화성암 Q → 단층 f - f' → 부정합 → B → C → D  
→ 화성암 P → 부정합 → E





나만의 비법 정리

수십 ~ 수백만 년 전

(수천년 ~)

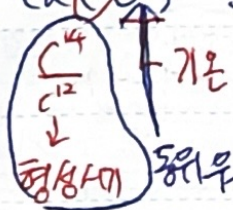
최근 1만년)

\* 가까운 과거 : 문헌, 빙하코어, 중유석과 석승, 나이테기 끝가죽

먼 과거 : 고생물 화석, 퇴적물, 빙하의 흔적 [화석 > 빙하 > 나이테]

\* 산소 동위 원소비  $\frac{18O}{16O}$  [  $\uparrow$  빙하  $\downarrow$  기온  $\downarrow$  대기 중  $CO_2$  농도  $\downarrow$  해양 생물체 화석  $\downarrow$  기온 ]

\* 석회 동굴에서  $CaCO_3$  연구



동위원소비 원리와 반대

\* 스트로마톨라이트: 수심 얕고 따뜻한 바다 by 남서극(원해)



3. 방사성 동위 원소 : 외부의 온도나 압력 조건에 관계없이 일정한 속도로 붕괴하여 안정한 상태로 변하는 원소

- (1) 모원소 : 붕괴하는 원래의 방사성 동위 원소
- (2) 자원소 : 모원소가 붕괴하여 새로 생성된 원소
- (3) 반감기 : 방사성 동위 원소가 붕괴하여 모원소의 양이 처음 양의 절반으로 줄어드는 데 걸리는 시간

양식 속에 포함되어 있는 방사성 동위 원소의 반감기를 이용하여 알아냄

4. 절대 연령 : 암석의 생성 또는 지질학적 사건의 발생 시기를 절대적인 수치로 나타낸 것

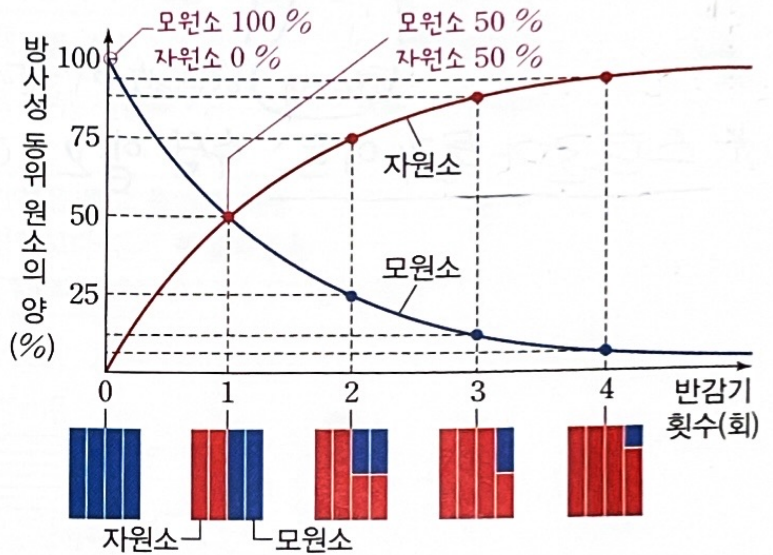
$$N = N_0 \times \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T}}$$

( $N$  :  $t$ 년 후 모원소의 양,  $N_0$  : 처음 모원소의 양,  $T$  : 반감기,  $t$  : 절대 연령)

(1) 모원소와 자원소의 양이 주어진 경우의 반감기 횟수( $n$ )는

$$\frac{N}{N_0} = \left(\frac{1}{2}\right)^n$$

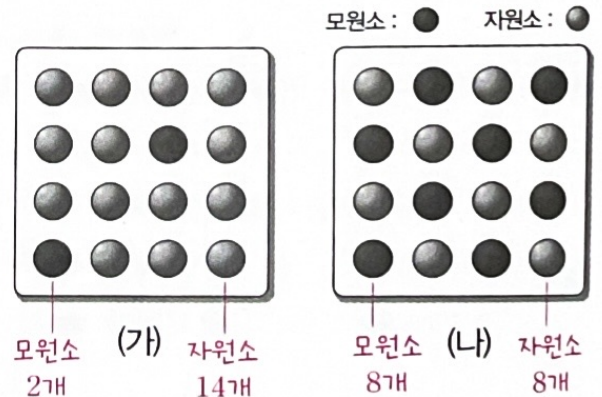
을 통해 구한다.



- (2) 방사성 동위 원소의 붕괴 곡선이 주어진 경우 모원소의 양이 50%인 곳을 찾아 반감기를 구한다.
- (3) 절대 연령( $t$ )은 '반감기( $T$ ) × 반감기 횟수( $n$ )'로 구한다.

★ 문제 풀이 풀림

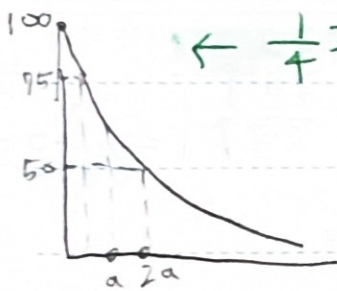
- (가)는 모원소와 자원소의 비율이 2 : 14 = 1 : 7이니까 반감기가 3회 지났어.
- (나)는 모원소와 자원소의 비율이 1 : 10이니까 반감기가 1회 지났어.
- 만약 이 방사성 동위 원소의 반감기가 1억 년이라고 주어진다면 (가)의 절대 연령은 3억 년이고, (나)의 절대 연령은 1억 년인 것을 파악할 수 있어야 해. 모원소와 자원소의 비율은 다양한 형식으로 제시되니까 여러 자료를 비교해서 정리해 두도록 해!







# 나만의 비법 정리



←  $\frac{1}{4}$  줄어드는데  $\frac{T}{2}$  보다 짧은 시간이 소모됨



(생물계의 급변)

# 09 지질 시대의 환경과 생물

1. 고생대 오르도비스기, 석탄기, 페름기에 빙하기가 있었음  
 고생대 대륙판 (동양, 북극권) 5억 4천만년전

캄브리아기	삼엽충, (필석) 완족류 등 바다에서 무척추동물이 번성하였음
오르도비스기	최초의 척추동물인 어류가 출현하였음
실루리아기	대기 중에 풍부해진 산소가 오존층을 형성하여 육상 식물과 육상 동물이 출현하였음
데본기	갑주어를 비롯한 어류가 번성하였으며, 양서류가 출현하였음
석탄기	• 육상에서는 양치식물이 번성하여 석탄층을 형성하였음 • 중기에는 방추충이 출현하였고, 말기에는 원시 파충류가 출현하였음
페름기	겉씨식물이 출현하였으며, 말기에는 삼엽충 바다 전갈, 방추충 등 해양 생물 종의 90% 이상이 멸종하였음 페름기 말에 판게아가 형성됨

오회 양서류 번성

빙하기 유 완족류 과의 수해 대규모 조산 운동 (판게아 분열) 해안선 길이 ↑ (식물은 판게아 형성으로 ↓) 대륙판 연결 ↑

2. 중생대 빙하기가 없었음 초기 판게아 분리 2억 5천만년

트라이아스기	• 바다에서는 암모나이트가 번성하였고, 육지에서는 파충류가 번성하였음 • 말기에는 원시 포유류가 출현하였으며, 겉씨식물이 번성하였음 말에 판게아 분리 (대륙판, 양서류, 초기 양서류)
쥐라기	암모나이트와 공룡이 크게 번성하였고, 시조새가 출현하였음
백악기	말기에 암모나이트와 공룡이 멸종하였으며, 속씨식물이 출현하였음

→ 겉씨 대리

3. 신생대 제4기에 여러 번의 빙하기와 간빙기가 있었음 6600만년 (히말라야 알프스형, 태평양형: 들날 두륙분포)

온난	팔레오기 (=대형 육류) 화폐적이 번성한 후 멸종하였고, 속씨식물과 포유류가 번성하였음 겉씨 쇠퇴, 온난형
냉각	네오기

한랭 → 여러 번 빙하기

제4기	인류의 조상이 출현하였으며, 매머드 등의 대형 포유류가 번성하였으나 말기에 멸종하였음 속씨 번성 (단풍, 참, ...) 히말라야 형성: 약 3000만년전
-----	--

### ★ 문제 풀이 꿀팁

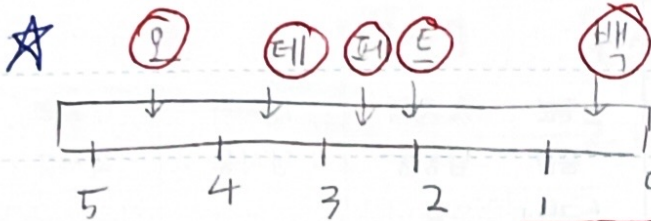
- 고생대 중기와 말기에는 빙하기가 있었고, 말기에는 초대륙 판게아가 형성되면서 대규모 조산 운동이 일어났어.
- 중생대에는 전반적으로 온난한 기후가 지속되었으며, 빙하기는 없었어.
- 신생대 팔레오기와 네오기에는 대체로 온난하였지만 제4기에 접어들면서 점차 한랭해져 여러 번의 빙하기와 간빙기가 있었던 것을 알아 두어야 해!





# 나만의 비법 정리

\* 명칭 시기:



원(후기) 6.5억년전 에디아카라 동물군 흔적 화석

시생 40 ~ 25억 원생 25억 ~ 5억 4천만

선캄브리아가 88%

로디니아는 원생누대

위아래 지층이 육상화석 해양화석이 각각 → 부정합

남세문 - 스트로마톨라이트

+생기 또는 생리 \* 절대 연령이 매우 큰 암석은 절대 연령이 긴 동위 원소를 이용.

\* 절대 연령이 더 작은 원소에서 2원소의 증가량이 더 크다

\* 선캄브리아 시대에 생성된 산소는 먼저 해수 속의 철 이온과 반응하여 산화 철을 형성하였다.

\* 호상 침전층: 선캄브리아 (∵ 남세문 출현)

\* 시사 화석: 생물의 기원이 깊고 분포 면적이 좁으며 환경 변화 민감

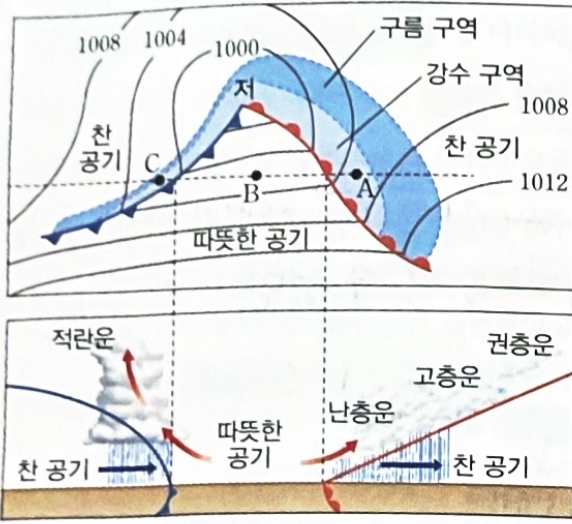
\* 원생 말기: 최초의 다세포



\*우박 소모량: 수일  
온.지: 수일

# 10 온대 저기압과 태풍 ★ 2등급 대비

## 1. 온대 저기압 주변의 날씨 \*관측안됨 곳 있으면 기서 영상



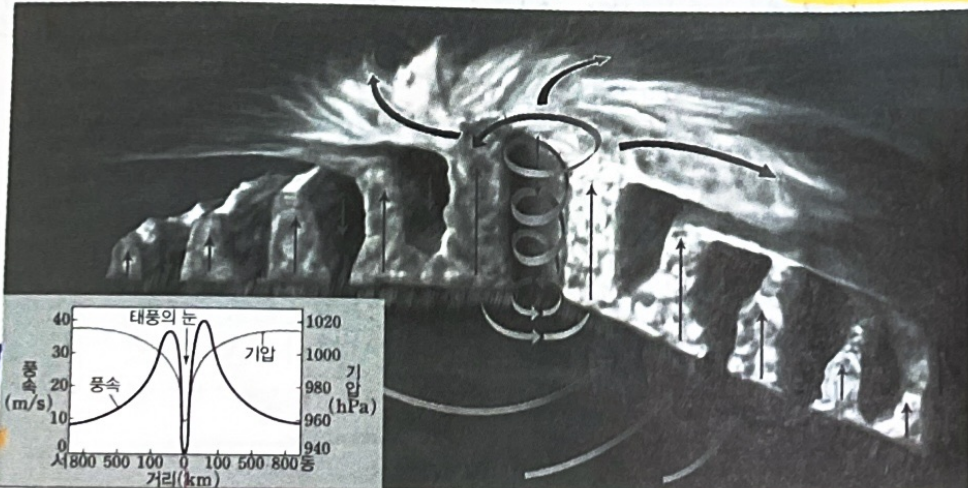
구분	A 지역	B 지역	C 지역
풍향	남동풍	남서풍	북서풍
구름	층운형 구름	-	적운형 구름
기온	낮음 (찬 공기)	높음 (따뜻한 공기)	낮음 (찬 공기)
강수 형태	넓은 구역에 지속적인 비	-	좁은 구역에 소나기

## 2. 태풍의 구조 17 m/s 이상 위도 5°~25° 수온 27°C ↑

- (1) 태풍의 구조 : 태풍은 반지름이 약 500 km에 이르고, 전체적으로 상승 기류가 발달하여 중심부로 갈수록 두꺼운 적운형 구름이 형성됨
- (2) 태풍의 눈 : 태풍 중심으로부터 약 50 km에 이르는 지역으로 약한 하강 기류가 나타나 날씨가 맑고 바람이 약함 태풍의 눈에서는 약한 하강 기류가 나타나지만, 중심 기압은 주변보다 낮음

적운단계: 비

방울 응결면 : 바다 위 700기



▲ 태풍의 구조와 기압 및 풍속

중심부로 갈수록 바람이 강해지다가 태풍의 눈에서 약해짐  
중심으로 갈수록 기압은 계속 낮아짐

## 3. 태풍의 진로

- (1) 태풍의 진로 : 대기 대순환의 바람과 주변 기압 배치의 영향을 받음 → 발생 초기에는 무역풍과 북태평양 고기압의 영향으로 대체로 북서쪽으로 진행하다가 위도 25°~30° 부근에서는 편서풍의 영향으로 진로를 바꾸어 북동쪽으로 진행하는 포물선 궤도를 그림
- (2) 전향점 : 태풍이 진로를 바꾸는 위치 전향점을 지난 후에는 태풍의 진행 방향과 편서풍의 방향이 일치하여 이동 속도가 대체로 빨라짐





\* 소문 따름 표시 정선 마 \* 해염 발달 원리 수거기 //

나만의 비법 정리 \* 지역 A.B.C 식명 ← 정말 애비만 볼 것  
\* 정체성 고기압은 시베리아 & 북태평양

기압 읽는 법

\* 양쪽강이치는 이동성

가시영상 두께 ↑ 흰색 ↑ \* 크기: 정체성 > 이동성

적외영상 (높이 ↑, 온도 ↓) 흰색 ↑ \* 고기압 → 맑음

★ 북반구에서는 **반시계** 방향으로 공기가 **수렴**하고

시계

||

반산

~~수렴~~

남반구

반시계

시계

반산 \* 구름 X → 고기압 영역

수렴 \* 적운 → 상승기류

- ① 정체권 형성 → ② **기압차**로 파동, 거점으로 저기압성 소용돌이
- ③ 저기압 남서에서 북동, 남동에서 북서로 순대리 바닷길 ④ 중심 북서로 이동

안락: 반시계 위향: 시계 ⑤ 발생 5~7일 후 소멸

\* 온대 저기압의 발생 초기에 형성되는 파동은 고위도의 찬 공기와 저위도의 따뜻한 공기가 만나는 **중위도 지방**에서 잘 발생한다.

\* 풍향은 풍향계의 **화살표**가 가리키는 방향

\* 집중 호우 **30mm** 이상 하루 **80mm** /년 **10%** 반경 10~20km

\* **북태평양** 기단이 폭염 유발 ④ **열대야**

수평  
수직

\* 온난, 한랭 등 다 통과: 저기압 중심 이동 경로의 **오른쪽**

\* **강아** 수증기는 따뜻한 기단에서

\* 가시 영상은 밤에 아무것도 안 보임

\* 우박 - 초여름, 가을 초

\* 기압 쫓 습과  $\begin{cases} \leq 5 & 900.0 \text{ hPa} \\ > 5 & 1000.0 \text{ hPa} \end{cases}$

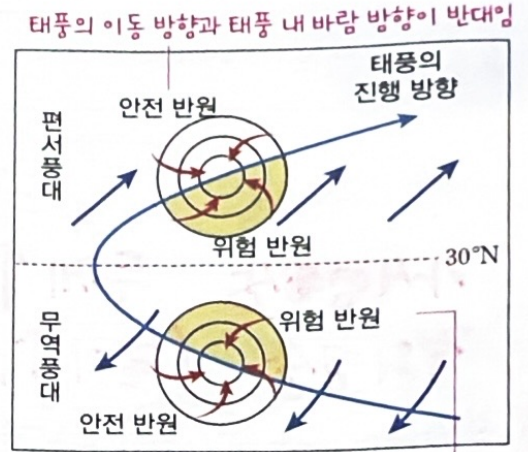


\* 포세션권선이 발달하며 저기압 세기 감소



#### 4. 위험 반원과 안전 반원(가항 반원)

- (1) 위험 반원 : 북반구에서 태풍 진행 방향의 오른쪽 지역은 태풍의 이동 방향이 태풍 내 바람 방향과 같아 풍속이 상대적으로 강하므로 위험 반원이라고 함
- (2) 안전 반원 : 북반구에서 태풍 진행 방향의 왼쪽 지역은 태풍의 이동 방향이 태풍 내 바람 방향과 반대여서 풍속이 상대적으로 약하므로 안전 반원이라고 함



▲ 위험 반원과 안전 반원  
태풍의 이동 방향과 태풍 내 바람 방향이 반대임  
태풍의 이동 방향과 태풍 내 바람 방향이 같음

#### 5. 태풍의 에너지원과 소멸 태풍이 크게 성장하려면 지속적인 수증기의 공급이 필요함

태풍의 에너지원	상승하는 공기 중의 수증기가 응결하면서 방출하는 잠열(숨은열)
태풍의 소멸	태풍이 차가운 바다 위를 지나거나 육지에 상륙하면 열과 수증기를 더 이상 공급받지 못하므로 세력이 약해짐 태풍이 육지에 상륙하면 지표면과의 마찰이 증가하여 세력이 급격히 약해짐

#### 6. 온대 저기압과 태풍의 비교

구분	온대 저기압	태풍
발생 지역	중위도의 정체 전선상의 파동	열대 지역의 해상
전선의 유무	온난 전선과 한랭 전선을 동반함	전선을 동반하지 않음
강수 지역	온난 전선 전면과 한랭 전선 후면	나선형의 구름대
이동 경로	주로 편서풍의 영향을 받아 동쪽으로 이동	무역풍과 편서풍의 영향을 받아 북서쪽으로 이동하다가 전향하여 북동쪽으로 이동
에너지원	찬 공기와 따뜻한 공기가 만나는 전선에서의 기단의 위치 에너지	따뜻한 해양에서 공급된 수증기가 응결하면서 방출하는 잠열(숨은열)

#### ★ 문제 풀이 꿀팁

태풍의 에너지원과 세력 변화에 대해 묻는 경우가 많아. 따라서 태풍의 에너지원은 공기 중의 수증기가 응결하면서 방출하는 잠열(숨은열)이고, 태풍이 육지에 상륙하면 수증기의 공급이 줄어들고 지표면과의 마찰이 증가하여 세력이 급격히 약해지면서 소멸되는 것을 알아 두어야 해!

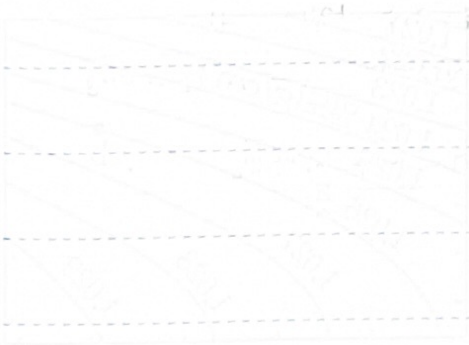
한편 태풍이 진로를 바꾸는 위치를 전향점이라고 하는데, 태풍이 전향점(위도 30° 부근)을 지난 후에는 이동 속도가 대체로 빨라지는 것도 알아 두도록 해.





나만의 비법 정리

태풍 - 용늪





# 11 해수의 성질

## 1. 해수의 수온과 염분

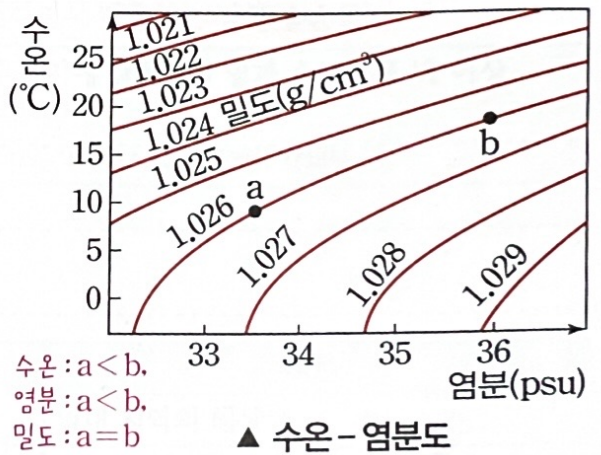
해수의 수온	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 표층 해수의 수온 분포에 가장 큰 영향을 미치는 요인은 태양 복사 에너지임</li> <li>• 해수의 연직 수온 분포: 깊이에 따른 수온 변화에 따라 혼합층, 수온 약층, 심해층으로 구분함</li> <li>• 위도별 해양의 층상 구조: 혼합층의 두께는 바람이 강한 중위도 지역에서 두꺼우며, 고위도 지역은 혼합층과 수온 약층이 발달하지 못함</li> </ul>
해수의 염분	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 표층 염분은 대체로 (증발량-강수량) 값이 클수록 높음</li> <li>• 염분의 증가 요인: 증발, 해수의 결빙</li> <li>• 염분의 감소 요인: 강수, 육지로부터 담수의 유입, 해빙</li> </ul>

표층 염분에 가장 큰 영향을 주는 요인: 증발량, 강수량

## 2. 해수의 밀도: 주로 수온과 염분에 의해

결정되며, 수온이 낮을수록, 염분이 높을수록, 수압이 클수록 커짐  $1000\text{kg/m}^3$   $1\text{g/cm}^3$

- (1) 수온-염분도(T-S도): 세로축을 해수의 수온, 가로축을 해수의 염분으로 하여 수온과 염분, 밀도 사이의 관계를 나타낸 그래프
- (2) 염분이 일정할 때 수온이 높아지면 해수의 밀도는 작아짐
- (3) 수온이 일정할 때 염분이 높아지면 해수의 밀도는 커짐
- (4) 수온, 염분이 다르더라도 해수의 밀도는 같을 수 있음 → 그림에서 해수 a와 b는 수온, 염분이 다르지만 밀도가 같음



## 3. 해수의 용존 기체 기체는 용액의 온도가 낮을수록, 기체 압력이 클수록 많이 녹음

- (1) 용존 산소량: 광합성과 대기로부터의 산소 공급으로 인해 표층에서 가장 높게 나타나며, 심해에서는 극지방에서 침강한 찬 해수로 인해 약간 높게 나타남
- (2) 용존 이산화 탄소량: 표층에서는 광합성으로 인해 낮지만 수심이 깊어질수록 증가함

### ★ 문제 풀이 꿀팁

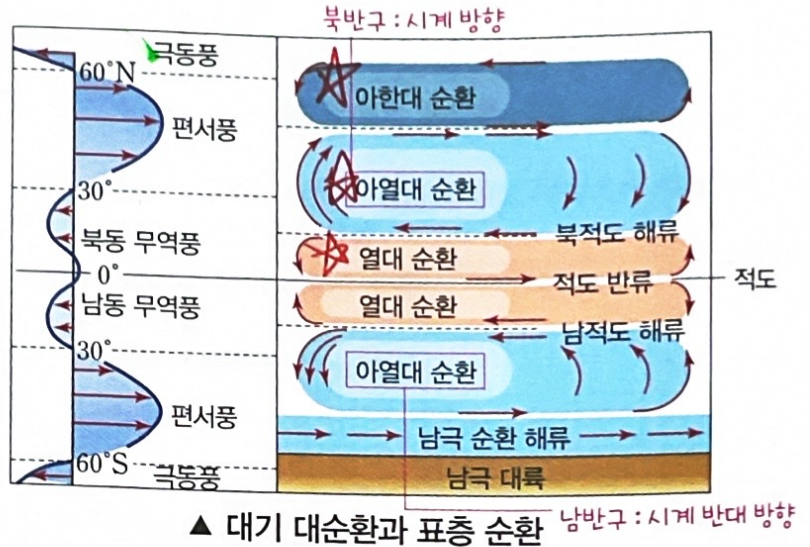
- 저위도와 중위도 해역에서는 수심이 깊어질수록 밀도가 커지다가 심해에서는 거의 일정해. 깊이에 따른 밀도 분포는 수온 분포와 대체로 반대로 나타나는 것을 알아 두어야 해.
- 또한 깊이에 따라 수온이 급격하게 낮아져 밀도가 커지는 층을 밀도 약층이라고 하는데, 밀도 약층이 발달하면 하층으로 갈수록 밀도가 커지므로 표층과 심층의 해수가 잘 섞이지 않는 것도 알아 두도록 해!



# 12 표층 순환과 심층 순환

## 1. 표층 순환

- (1) 표층 순환은 적도 부근을 중심으로 북반구와 남반구가 거의 대칭을 이룸
- (2) 아열대 순환: 무역풍대의 해류와 편서풍대의 해류로 이루어진 순환
- (3) 아한대 순환: 편서풍대의 해류와 극동풍에 의한 해류가 이루는 순환 → 대양이 육지로 막혀 있는 북반구에서만 나타남



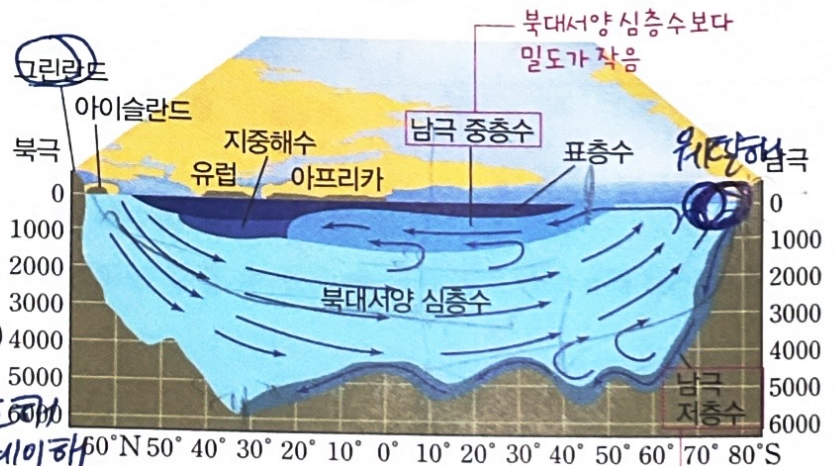
↓ 1000년 소요 속도! 표층 해류 >>>> 심층

2. 심층 순환 심층 순환의 역할 → 위도 간 열수지 불균형 해소, 심해에 산소 공급

<비경쟁> (1) 남극 저층수: 남극  $-0.8^{\circ}\text{C}$  ~  $-2^{\circ}\text{C}$   
대륙 주변의 웨델해에서 만들어짐 → 밀도가 가장 큰 해수로,  $\sim 30^{\circ}\text{N}$  대서양에서 수심이 가장 깊은 곳을 흐름

(2) 북대서양 심층수: 그린란드 해역에서 만들어짐 → 남극 저층수보다 밀도가 작아서 남극 저층수 위쪽으로 흐름 (남극에서  $2^{\circ}\text{C} \sim 4^{\circ}\text{C}$ )

(3) 남극 중층수:  $60^{\circ}\text{S}$  부근에서 형성됨 → 북대서양 심층수보다 밀도가 작아서 북대서양 심층수 위쪽으로 흐름



### ★ 문제 풀이

극 해역에서 냉각된 표층의 해수는 밀도가 커져 가라앉은 후 저위도로 이동하여 열대나 온대 해역에서 천천히 용승해. 또한 표층 순환을 따라 극 쪽으로 이동하여 냉각되면 다시 가라앉는 거야. 심층 순환은 수온 약층 아래에서 일어나고, 전 지구적으로 발생하며, 심해에 산소를 공급하는 역할을 해!





나만의 비법 정리

\* 적도 저압대 < 북반구 여름: 북상 / 북반구 겨울: 남하

\* 연대 수렴대: 열대 저기압 근처

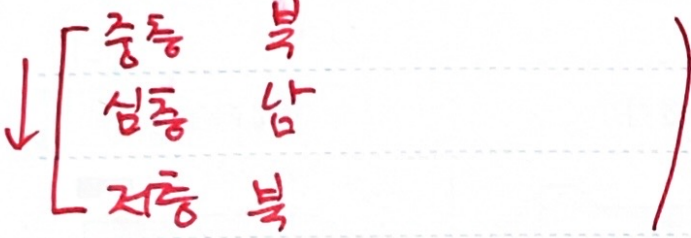
\* 북대서양 해류 (난류)는 북동쪽으로 흐른다

캘리포니아 해류는 북태평양의 위도 30°N 부근에서

북아메리카 대륙 서쪽 해역을 따른다. \* 수압의 밀도

표층 수온 남반구 2월 > 8월

수온: 북극도 > 쿠쿠시2 > 북태



염분: 북태 > 쿠쿠시2 > 적도  
정확한 그림을 꼭 봐야!

대양 세안 이 동안 보다 폭이 좁고 유속이 빠르다.

남북 해류: 동서 해류가 대륙에 막히면

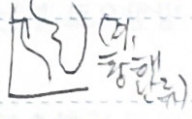
브라질 → 대양 세안 난류 해수면 높이: 동서 ~~차이~~

카나리아, 페루, 벵골 → 대양 동안 한류

\* 서한 연안류 (서해안): 여름 - 난류, 겨울 - 한류

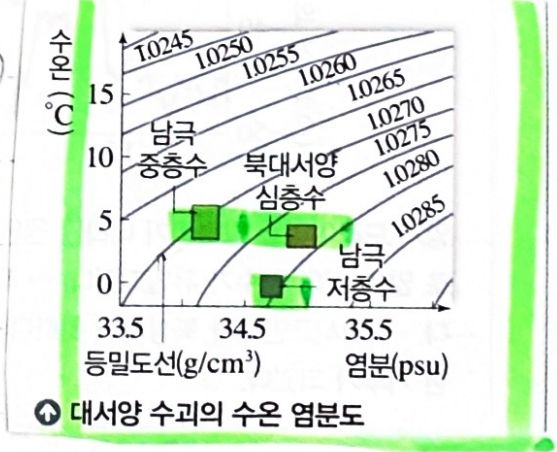
\* 동극 연안류가 남쪽으로 흐르므로 황해 난류의 영향이

겨울에 약해짐



\* 동한 난류의 유속은 여름 > 겨울 (빠름) (느림)

\* 심층 순환 약해짐 결과: 영하 드라이아스 빙하기



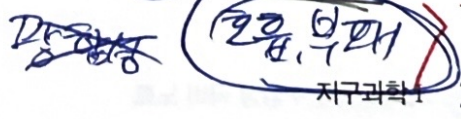
\* 태평양은 표층 염분이 너무 낮아

경쟁되어도 밀도가 충분히 커지기 때문에 해수가 침강하지 않는다.

\* 심층수는 침강한 후 시간이 경과 하도록 O2 ↓ CO2 ↑

심층수 연평균 약 가능

\* 2만년 전은 빙하기



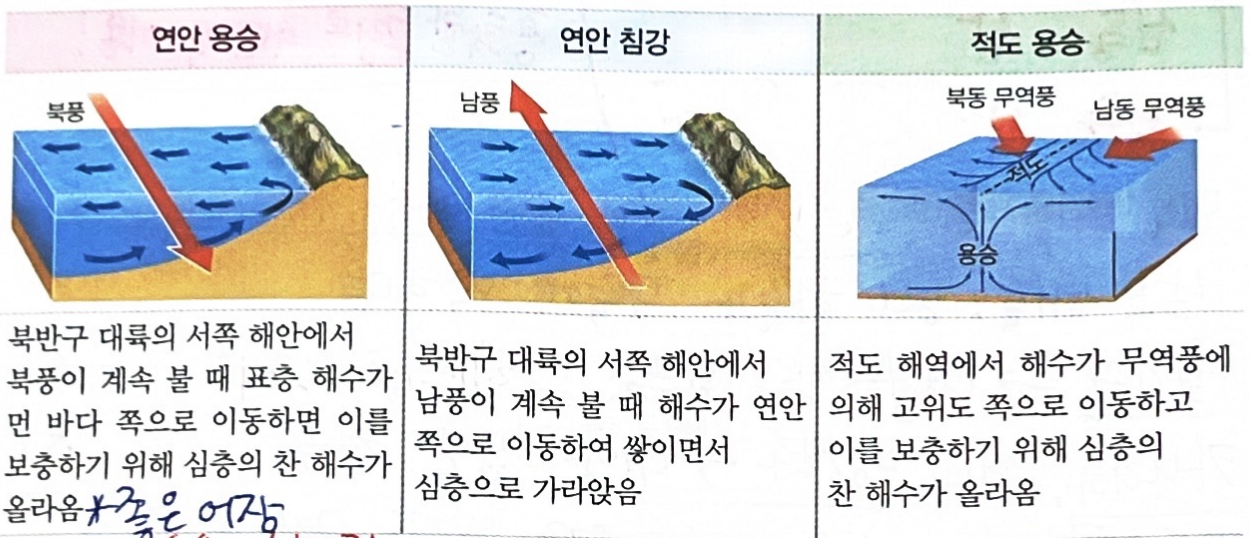
\* 대륙 개화일은 빙결 개화일보다 빠르다



1. 용승과 침강

- (1) 용승: 바람과 지구 자전의 영향으로 표층 해수의 이동이 일어나 심층의 찬 해수가 위로 올라오는 현상
- (2) 침강: 표층의 따뜻한 해수가 아래로 내려가는 현상

2. 용승의 종류



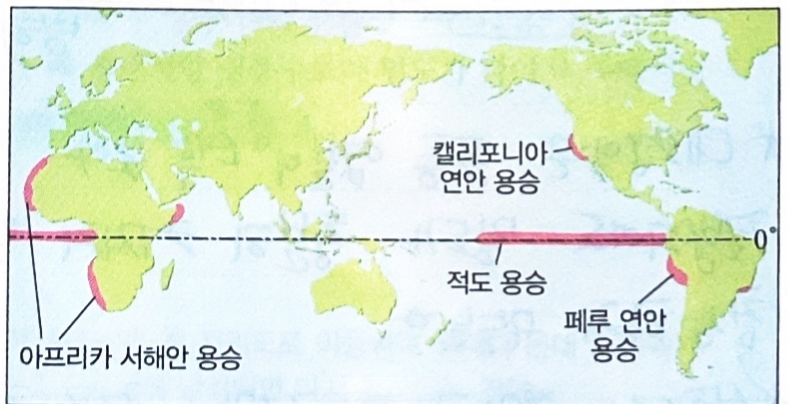
3. 고기압과 저기압에서의 용승과 침강

*풍향과 풍속*

- (1) 고기압: 북반구에서는 시계 방향으로 부는 고기압성 바람에 의해 표층 해수가 수렴하여 침강이 일어남
- (2) 저기압: 북반구에서는 시계 반대 방향으로 부는 저기압성 바람에 의해 표층 해수의 발산이 일어나 용승이 일어남

★ 문제 풀이 **꿀팁**

적도 해역에서는 적도 용승이 일어나고, 북아메리카의 캘리포니아 연안, 남아메리카의 페루 연안, 아프리카의 서해안 등 주로 대륙의 서해안에서는 연안 용승이 일어나. 용승이 일어나는 지역은 서늘한 기후가 나타나고, 안개가 자주 발생해. 또한 심층수에 녹아 있던 영양 염류가 표층으로 운반되니까 플랑크톤이 번식하여 좋은 어장이 형성되는 것을 알아 두어야 해!



▲ 세계의 용승 해역

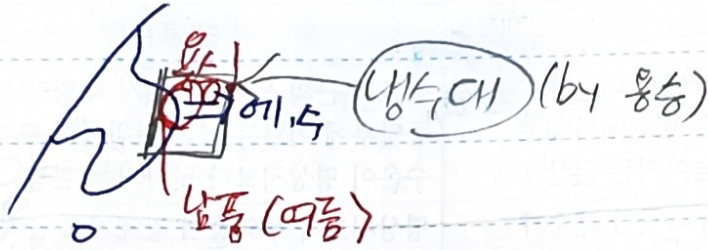




나만의 비법 정리

부용승시 연안이 아니면 심층 해수가 올라오기 전 표층해수가 먼저 이동해온다!

부용승이 일어나는 해역은 수온 약층이 위로 올라간다.  
↓ 강압 // 아래로 내려간다



서태평양 통과! : 해수면 온도 ↓ (강한 바람 → 혼합 작용)  
저기압성 바람 → 표층해수의 발산  
→ 부용승



1. 엘니뇨와 라니냐

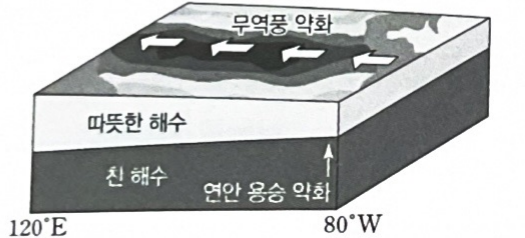
(1) 평상시 열대 태평양의 수온 분포

- ① 열대 태평양을 따라 동쪽에서 서쪽으로 부는 무역풍으로 인해 동태평양 해역에서는 연안 용승이 활발함
- ② 표층 수온은 서태평양보다 동태평양에서 낮게 나타남

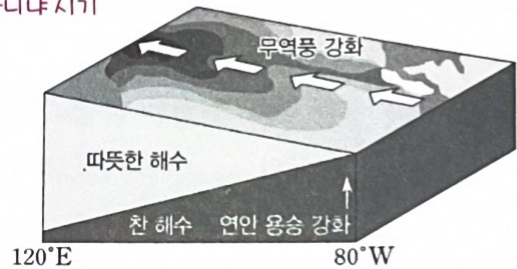
(2) 엘니뇨와 라니냐

구분	엘니뇨 <small>용승이 약해져 수온약층 시작 깊이가 깊어짐</small>	라니냐
정의	적도 부근의 동태평양에서 태평양 중앙부에 이르는 넓은 범위에서 표층 수온이 평상시보다 높아지는 현상	적도 부근의 동태평양에서 태평양 중앙부에 이르는 넓은 범위에서 표층 수온이 평상시보다 낮아지는 현상
원인과 영향	무역풍이 약해지면서 따뜻한 해수가 동쪽으로 이동하고, 동태평양에서 용승이 약해져 표층 수온이 높아짐. <small>허리케인 빈도</small>	평상시보다 무역풍이 강해지고 남적도 해류도 강해지므로 동태평양에서 용승이 강해지고 표층 수온이 평상시보다 낮아짐. <small>태풍 빈도</small>
서태평양	하강 기류가 발달하면서 강수량이 감소하여 가뭄 피해가 생김	동쪽에서 이동해온 따뜻한 해수에 의해 평상시보다 따뜻한 해수층의 두께가 두꺼워지고 해수면의 높이도 높아짐. <small>연안지역 냉해</small>
동태평양	표층 수온이 상승하므로 강수량이 증가하여 홍수가 자주 발생하며, 용승이 억제되어 어장이 황폐화됨	용승이 강해지므로 평상시보다 따뜻한 해수층의 두께가 얇아지고 해수면의 높이도 낮아짐

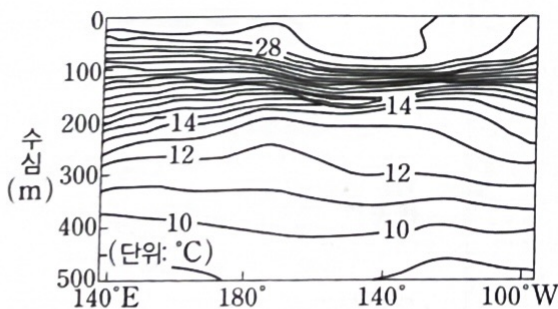
동서 태평양의 해수면 경사: 엘니뇨 시기 < 라니냐 시기



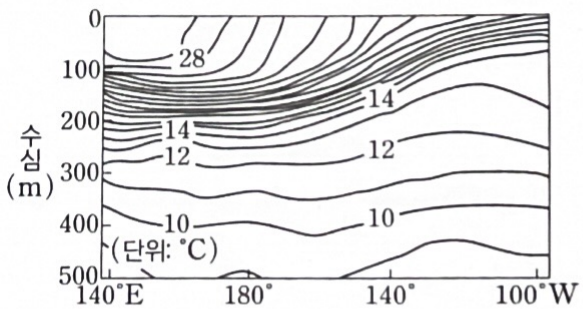
▲ 엘니뇨 시기의 열대 태평양 수온 구조



▲ 라니냐 시기의 열대 태평양 수온 구조



▲ 엘니뇨 발생 시 열대 태평양의 해수 온도의 수직 분포



▲ 라니냐 발생 시 열대 태평양의 해수 온도의 수직 분포

동서 태평양의 수온 약층의 경사: 엘니뇨 시기 < 라니냐 시기

동태평양 해역에서 수온 약층이 시작되는 깊이: 엘니뇨 시기 > 라니냐 시기





나만의 비법 정리

ENSO : 2-7년 주기

남방 권등 지수 = 타히티 - 다윈

엘니뇨 (-) 평상시 (+) 라니냐(++++)

동태평양의 혼합층 두께 편차 **엘(+)** **라(-)**

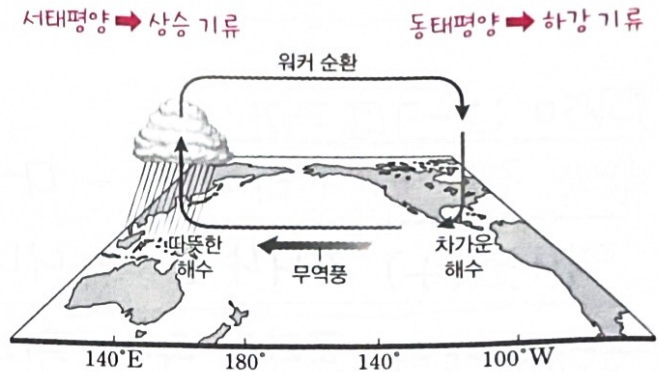
동태평양에서 적외선 복사 에너지의 편차 (-) (+)  
기상위성으로 관측한



## 2. 워커 순환

### (1) 평상시 워커 순환

- ① 무역풍으로 인해 열대 서태평양은 공기가 따뜻한 해수로부터 열과 수증기를 공급받아 상승하여 강수대가 형성되고, 상대적으로 온도가 낮은 동태평양은 공기가 하강함
- ② 이로 인해 열대 태평양 지역에서는 동서 방향의 거대한 순환이 형성되는데, 이를 워커 순환이라고 함



▲ 평상시 대기 순환(워커 순환)

### (2) 엘니뇨 시기의 워커 순환

- ① 엘니뇨가 발생하면 따뜻한 해수가 서쪽에서 동쪽으로 이동하고, 열대 동태평양의 표층 수온이 상승함
- ② 이로 인해 워커 순환에서 공기가 상승하는 지역과 강수대가 동쪽으로 이동하고, 태평양 전체의 기압 분포가 변함
- ③ 동태평양은 기압이 낮아져 평상시보다 강수량이 많아짐
- ④ 서태평양은 기압이 높아져 평상시보다 강수량이 적은 건조한 날씨가 나타남

**3. 남방 진동:** 열대 태평양의 동서 기압 분포가 한쪽이 상승하면 다른 쪽에서 하강하는 시소처럼 진동하는 형태의 기압 변화

엘니뇨	라니냐
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 동태평양: 수온이 높아지고 저기압이 형성됨</li> <li>• 서태평양: 수온이 낮아지고 고기압이 형성됨</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 동태평양: 수온이 낮아지고 고기압이 형성됨</li> <li>• 서태평양: 수온이 높아지고 저기압이 형성됨</li> </ul>

### ★ 문제 풀이 꿀팁

- 엘니뇨와 라니냐는 해양에서 발생하는 현상이고 남방 진동은 대기에서 나타나는 현상인데, 두 현상은 서로 독립된 것이 아니라 대기와 해양의 끊임없는 상호 작용의 결과로 나타난 것이야.
- 엘니뇨, 라니냐에 의한 표층 수온 변화와 대기의 기압 분포가 변하는 현상이 서로 영향을 주고받아 나타나는 하나의 현상이니까 이 두 현상을 합쳐 엘니뇨 남방 진동(엔소, ENSO)이라고 해!



1. 고기후 연구 방법

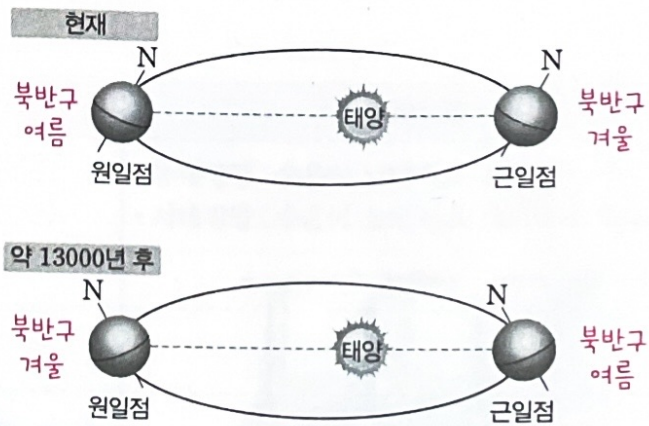
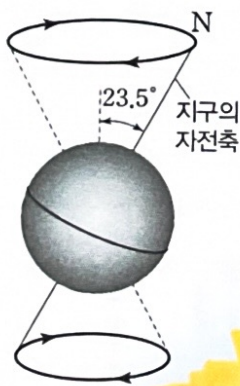
기온이 높고 강수량이 많은 시기에는 나이트 간격이 넓음

나이트 연구	나이트 간격으로부터 기온과 강수량을 추정할 수 있음
빙하 연구	• 빙하 속에 포함된 공기를 분석하여 과거의 대기 조성을 알 수 있음 • 빙하를 구성하는 얼음의 산소 동위 원소비로부터 지구의 기온 변화를 알 수 있음
화석 연구	산출되는 화석의 종류로부터 지질 시대의 기후를 추정할 수 있음
지층의 퇴적물 연구	지질 시대의 퇴적물 속에는 여러 꽃가루 및 각종 미생물이 포함되어 있으므로 퇴적물 속의 생태 환경을 통해 과거의 기후 변화를 알 수 있음

2. 기후 변화의 지구 외적 요인 \* 말린코비치 주기

(1) 지구 자전축의 방향 변화 \* 지구 공전 \* 시계 반전

- ① 지구의 자전축이 약 26000년을 주기로 회전하는데, 이를 세차 운동이라고 함
- ② 지구의 자전축이 회전하여 약 13000년 후에는 현재와 자전축의 경사 방향이 반대가 됨
- ③ 현재 북반구는 근일점에서 겨울이지만 세차 운동에 의해 약 13000년 후에는 근일점에서 여름이 됨 → 다른 요인의 변화가 없다면 약 13000년 후에 북반구에서 기온의 연교차는 현재보다 커짐



남극에도 영향 ▲ 세차 운동과 계절 변화

(2) 지구 자전축의 기울기 변화 현재 23.5°

- ① 지구 자전축의 경사각이 약 41000년을 주기로 21.5°~24.5° 사이에서 변함
- ② 지구 자전축의 기울기가 변하면 각 위도에서 받는 일사량이 변하므로 기후 변화가 생김  $\frac{\text{일사량}}{\text{면적}} = \sin(\text{경사각})$   $\frac{\text{일사량}}{\text{면적}} = \sin(90^\circ - \text{위도})$
- ③ 다른 요인의 변화가 없다면 자전축 경사각이 커질수록 기온의 연교차가 커짐 북반구와 남반구 모두 기온의 연교차가 커짐



▲ 지구 자전축의 기울기 변화





우리 은하 30,000 pc (30 kpc)



(3) 지구 공전 궤도 이심률의 변화 원일점 거리가 더 멀 → 북반구 여름철 기온이 더 낮음 → 기온의 연교차가 작음

① 지구 공전 궤도 이심률이 **약 10만 년을 주기로** 변함

지구 외적 요인 중 변화 주기가 가장 길

② 현재 근일점과 원일점에 위치할 때 일사량의 차이가

**약 7%**이지만, 이심률이 최대로 커지면 근일점과

원일점에 위치할 때 일사량의 차이가 최대

**23%까지** 증가함

③ 공전 궤도가 현재보다 원에 더 가까워지면(이심률이

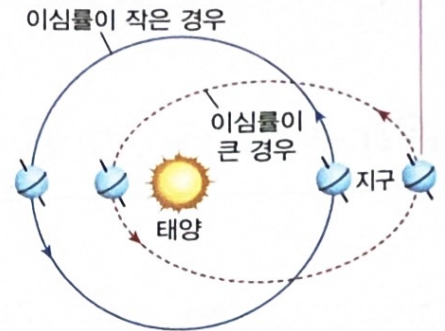
작아지면) 근일점 거리는 현재보다 멀어지고,

원일점 거리는 현재보다 가까워짐

④ 다른 요인의 변화가 없다면 북반구에서 겨울철은 더 추워지고 여름철은 더 더워지므로

기온의 연교차가 커짐 → 공전 궤도 이심률이 작아지면 북반구는 기온의 연교차가 커지고

(4) 지구 외적 요인의 변화가 기후에 미치는 영향 남반구는 기온의 연교차가 작아짐



▲ 지구 공전 궤도 이심률의 변화

지구 외적 요인	변화	기후에 미치는 영향
세차 운동	자전축 경사 방향이 현재와 반대가 될 때	<ul style="list-style-type: none"> <li>북반구는 현재 원일점에서 여름이며, 자전축 경사 방향이 현재와 반대가 되면 원일점에서 겨울임 → 기온의 연교차 증가</li> <li>남반구는 현재 원일점에서 겨울이며, 자전축 경사 방향이 현재와 반대가 되면 원일점에서 여름임 → 기온의 연교차 감소</li> </ul> <p>북반구와 남반구의 기온의 연교차 변화가 반대임</p>
지구의 공전 궤도 이심률 <i>현: 0.017</i> <i>* 공전 궤도 장반경 변화 X</i>	현재보다 증가	<p>근일점 거리 감소, 원일점 거리 증가 → 북반구는 기온의 연교차 감소, 남반구는 기온의 연교차 증가</p>
	현재보다 감소	<p>근일점 거리 증가, 원일점 거리 감소 → 북반구는 기온의 연교차 증가, 남반구는 기온의 연교차 감소</p> <p>북반구와 남반구의 기온의 연교차 변화가 반대임</p>
지구의 자전축 경사각	현재보다 증가	<p>연간 태양의 남중 고도 변화량 증가 → 북반구, 남반구 모두 기온의 연교차 증가</p>
	현재보다 감소	<p>연간 태양의 남중 고도 변화량 감소 → 북반구, 남반구 모두 기온의 연교차 감소</p> <p>북반구와 남반구의 기온의 연교차 변화가 같음</p>

**폭염주기 11년**

★ 문제 풀이 **풀이**

- 기후 변화의 지구 외적 요인에 대해 고난이도로 출제되니까 지구 외적 요인 각각에 의한 기후 변화와 여러 요인이 함께 제시되었을 때 기후 변화를 파악하는 방법을 정리해 두어야 해.
- 지구의 공전 궤도 이심률이 커지면, 즉 타원 궤도가 납작해지면 북반구는 기온의 연교차가 작아지고 남반구는 기온의 연교차가 커져.
- 또한 지구의 자전축 경사각이 커지면 북반구와 남반구 모두 기온의 연교차가 커지는 것을 알아 두어야 해.





# 나만의 비법 정리

원인점  
이점

내적 요인: 수목, 화산, 지표면

지구의 반사율은 0.3

에어로졸 배출은 지구의 기온을 낮출 수 있다.

단위 시간에 단위 면적당 에너지는  $E \propto T^4$

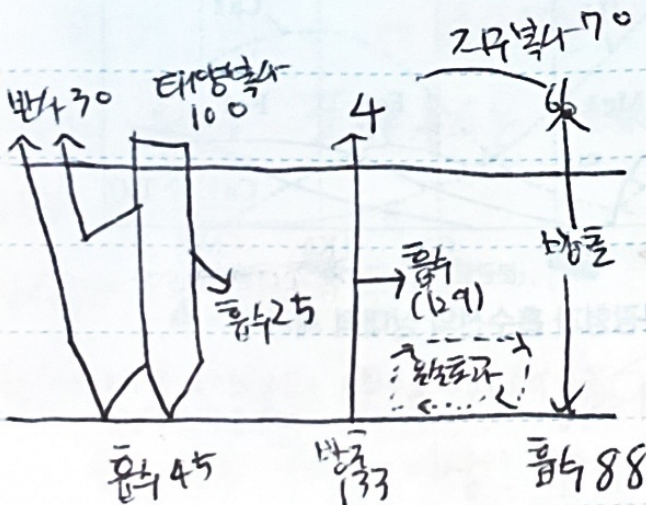
세라온동 13,000년, 이심률 감소, 자전축 기울기 증가 수연교차

경사각 이심률 동시 변화 조심하기

태양복사  $\lambda_{max}$  0.5  $\mu\text{m}$  (가) 지구복사  $\lambda_{max}$  10  $\mu\text{m}$  (적)

\* 연습기 인쇄하기

\* 화산 폭발 후 화산 분출물이 가장 큰 영향을 준다. 기온  $\downarrow$



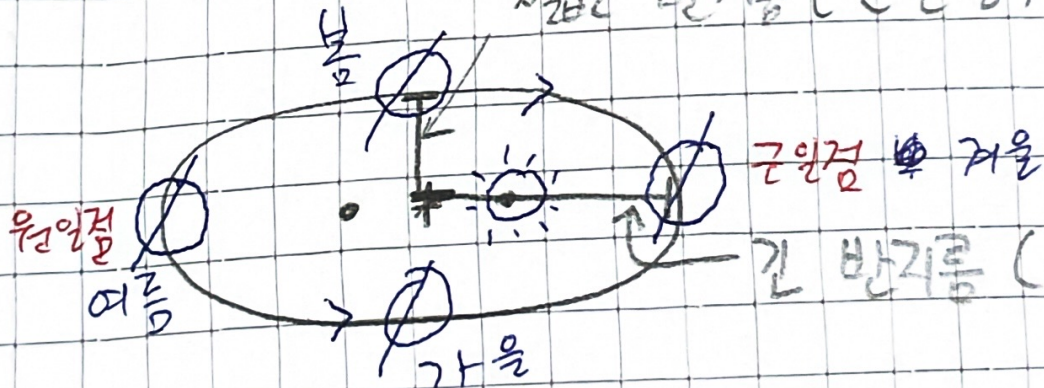
\* 구인점에서 원인점까지 거리: 병합 X

공간기  $\propto$  강수량<sup>3</sup>

\* 낮의 길이: 겨울 < 여름



가장 먼 반지름 (단반경)



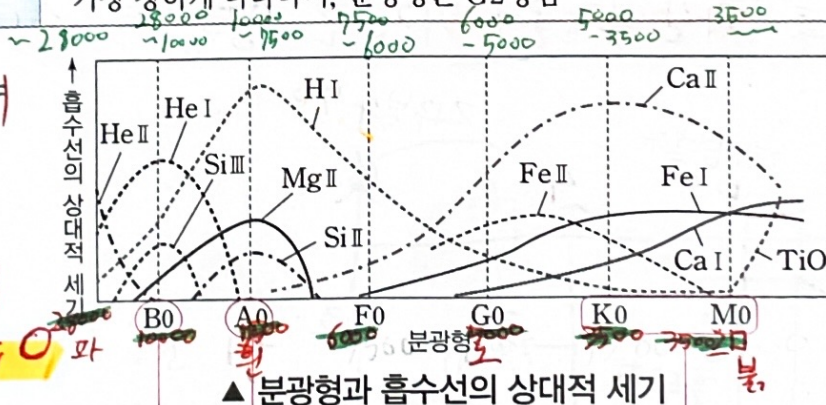
가장 가까운 반지름

가장 먼 반지름 (장반경) =  $\frac{1}{AV}$



## 1. 별의 분광형과 표면 온도

별의 분광형과 표면 온도	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 별의 표면 온도에 따라 스펙트럼을 O, B, A, F, G, K, M형의 7개로 분류하며, 각각의 분광형은 다시 고온의 0에서 저온의 9까지 10등급으로 세분함</li> <li>• O형 별은 표면 온도가 가장 높고 파란색을 띠며, M형 별로 갈수록 표면 온도가 낮아지고 붉은색을 띰</li> </ul>
별의 분광형과 흡수선의 상대적 세기	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 별의 표면 온도에 따라 이온화되는 정도가 다르고, 각각 가능한 이온화 단계에서 특정한 흡수선을 형성하기 때문에 별빛의 스펙트럼에는 별마다 다양한 흡수선이 나타남</li> <li>• 표면 온도가 높은 O형, B형 별에서는 이온화된 헬륨(He II)이나 중성 헬륨(He I)의 흡수선이 강하게 나타남</li> <li>• 표면 온도가 낮은 K형, M형 별에서는 금속 원소와 분자에 의한 흡수선이 강하게 나타남</li> <li>• 표면 온도가 약 10000 K인 A형 별에서는 중성 수소(H I) 흡수선이 강하게 나타남</li> <li>• 태양은 표면 온도가 약 5800 K인 노란색 별로, 이온화된 칼슘(Ca II) 흡수선이 가장 강하게 나타나며, 분광형은 G2형임</li> </ul>



▲ 분광형과 흡수선의 상대적 세기

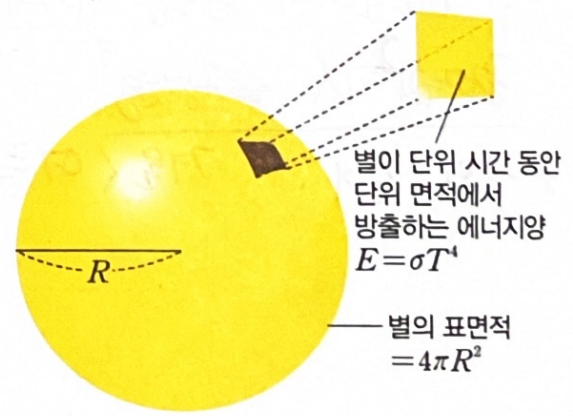
이온화된 헬륨(He II)이나 중성 헬륨(He I)의 흡수선이 강함      중성 수소(H I) 흡수선이 강함      금속 원소와 분자에 의한 흡수선이 강함

## 2. 별의 광도

별의 광도(L) : 별이 단위 시간 동안 방출하는 에너지양( $E = \sigma T^4$ )과 별의 표면적( $4\pi R^2$ )에 비례함

$$L = 4\pi R^2 \cdot \sigma T^4 \rightarrow R = \sqrt{\frac{L}{4\pi \cdot \sigma T^4}}$$

별의 반지름은 광도의 제곱근에 비례하고 표면 온도의 제곱에 반비례함



▲ 별의 광도





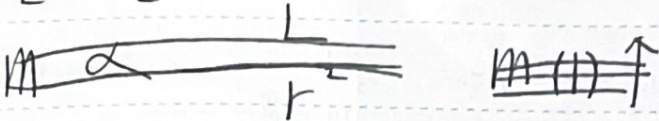
# 나만의 비법 정리

표면 온도 ↑ 색지수 ↓

$$M = M_0 + 5 \log r - 5$$

겉 겉

$$\text{겉보기 밝기} \propto \frac{L}{r^2}$$



겉보기 등급 | 증가 겉보기 밝기  $\frac{1}{2.5}$

✓ 항성부 온도 1500만 K

태양  $5800K$ ,  $62V$ ,  $\lambda_{max}$   $0.5\mu m$  (Ca II) 태양 표면 온도  $0.6$  (겉대등급 4.8)

1등급 차에 해당하는 밝기 비는 약 2.5배이다.

만약 밝기 비가 4배이면, 등급차는 약 1.5이다.

적색 거성의 ~~색지수~~ 표면 온도는 태양보다 낮다

$$\text{별의 수명} \propto \frac{\text{진량}}{\text{광도}}$$

\* 복사에너지가 감소하면 흡수선

\* He 흡수선이 강한 별의 표온이 더 높다

\* 중심 수소 질량비가 3% 이상! 주계열성

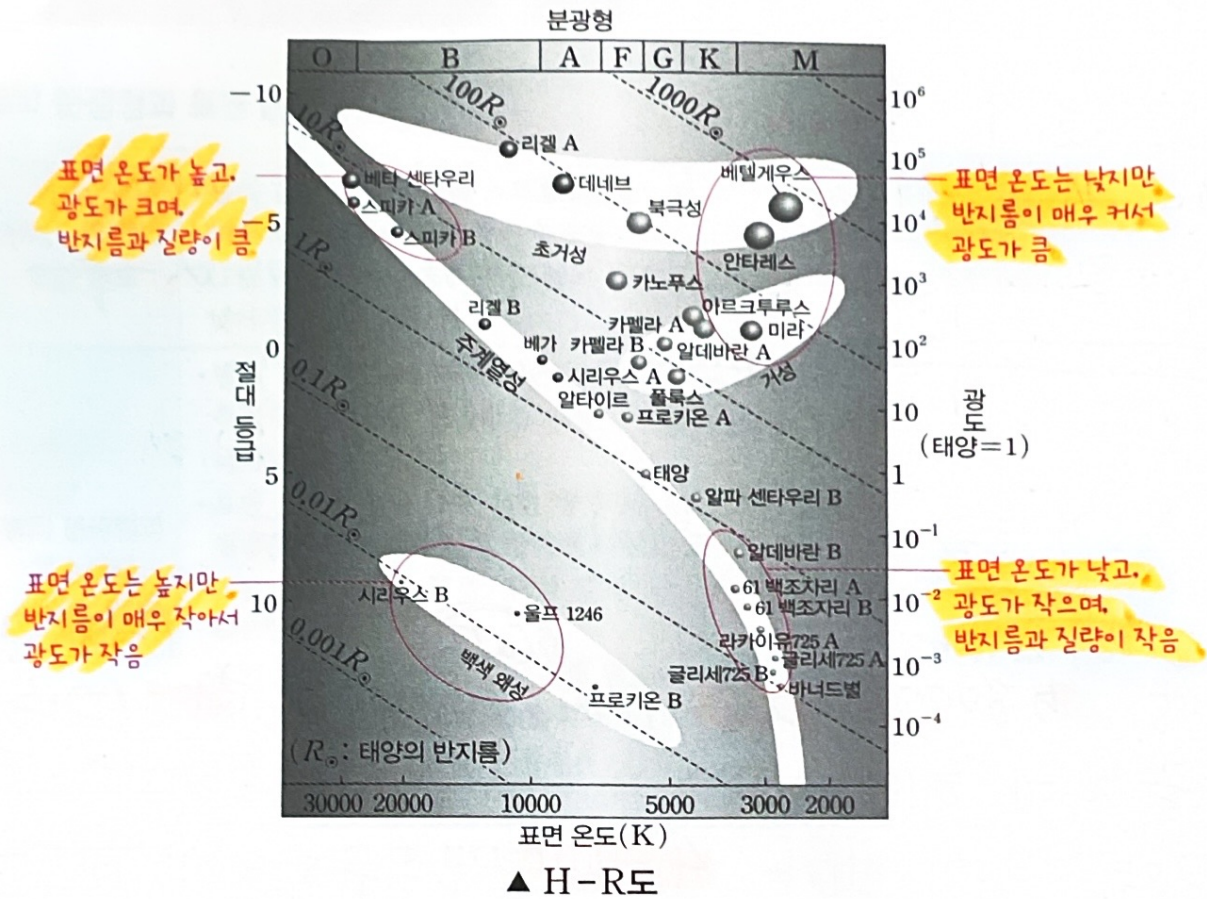
\* 태양 정도 별은 맥동 변광성 단계를 거친다. (탄소핵은 수축, ~~핵융합~~)

$$\text{* 중력 수축 에너지} = \frac{1}{2} \cdot \frac{\text{만유인력 상수} \times (\text{질량})^2}{\text{반지름}}$$

\*  $E = \Delta mc^2$ 을 L로 나누면 태양이 주계열성으로 머무는 시간 측정 가능



### 3. H-R도와 별의 종류



주계열성	<ul style="list-style-type: none"> <li>H-R도의 왼쪽 위에서 오른쪽 아래로 대각선을 따라 분포하는 별들로, 별의 약 90%가 주계열성에 속함</li> <li>H-R도에서 왼쪽 위에 분포할수록 표면 온도가 높고, 광도가 크며, 반지름과 질량이 크고, 오른쪽 아래에 분포할수록 표면 온도가 낮고, 광도가 작으며, 반지름과 질량이 작음</li> </ul>
적색 거성	<ul style="list-style-type: none"> <li>주계열성의 오른쪽 위에 분포하는 별들로 붉은색을 띠</li> <li>표면 온도는 낮지만 반지름이 매우 커서 광도가 큼</li> </ul>
초거성	<ul style="list-style-type: none"> <li>H-R도에서 적색 거성보다 더 위쪽에 분포하는 별들임</li> <li>적색 거성보다 반지름이 더 크고 광도가 매우 크지만, 평균 밀도가 매우 작음</li> </ul>
백색 왜성	<ul style="list-style-type: none"> <li>H-R도의 왼쪽 아래에 분포하는 별들로, 표면 온도는 높지만 반지름이 매우 작아서 광도가 작음</li> <li>크기는 지구와 비슷하지만, 질량은 태양과 비슷하여 평균 밀도가 매우 큼</li> </ul>

#### ★ 문제 풀이

- H-R도에서 가로축의 왼쪽으로 갈수록 별의 표면 온도가 높고, 세로축의 위로 갈수록 광도가 커, 또한 오른쪽 위로 갈수록 별의 반지름이 크고, 왼쪽 아래로 갈수록 별의 평균 밀도가 커.
- 별의 크기가 클수록 평균 밀도는 작아지니까 별의 크기는 초거성 > 적색 거성 > 주계열성 > 백색 왜성이고, 평균 밀도는 백색 왜성 > 주계열성 > 적색 거성 > 초거성이야.





I 준거성 II 거성 V 주계연성 VII 백색왜성

파) < > < > < > < >

\* 거성 반지름 태양 10-100배 광도 10-1000배

주계성 반지름 태양 300-1000 30000 ~ 수만

주계연성 수명  $\propto \left(\frac{M}{L}\right)$  태양 100억년

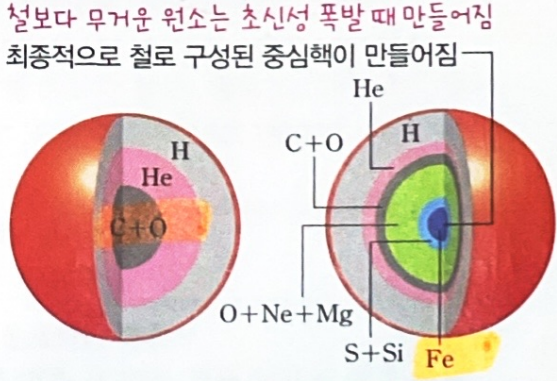
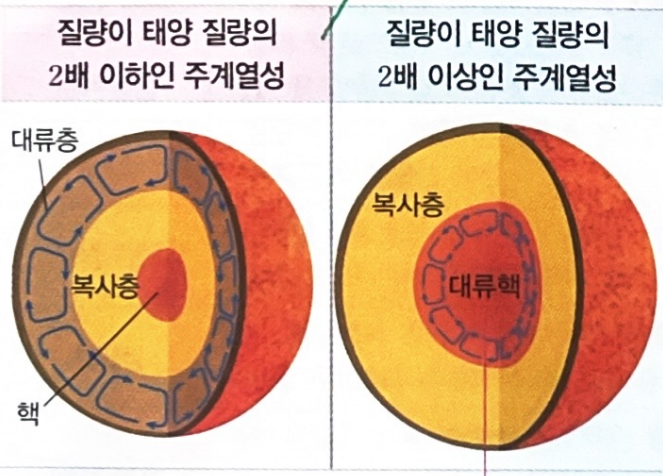


# 17 별의 에너지원과 내부 구조

## 1. 주계열성의 에너지원 - 수소 핵융합 반응

양성자·양성자 반응 (P-P 반응)	탄소·질소·산소 순환 반응 (CNO 순환 반응)
<p>질량이 태양 질량의 약 2배 이하이고 중심부의 온도가 1800만 K 이하인 별에서 우세함</p>	<p>질량이 태양 질량의 약 2배 이상이고 중심부 온도가 1800만 K 이상인 별에서 우세함</p>
<p>수소 원자핵 6개가 반응하여 1개의 헬륨 원자핵이 생성되고 2개의 수소 원자핵이 방출됨</p>	<p>수소 원자핵 4개가 반응에 참여하여 헬륨 원자핵이 생성됨</p>

## 2. 별의 내부 구조 경계등급 변화폭



### ▲ 적색 거성(왼쪽)과 초거성(오른쪽)의 내부 구조

중심부로 갈수록 무거운 원자핵이 생성됨

대류는 온도 차가 클 때 에너지를 효과적으로 전달하는 방법임

### ★ 문제 풀이 꿀팁

질량이 태양 질량의 2배 이하인 주계열성은 수소 핵융합 반응이 일어나는 중심핵을 복사층과 대류층이 차례로 둘러싸고 있고, 질량이 태양 질량의 2배 이상인 주계열성은 중심부의 온도가 매우 높기 때문에 중심부에 대류가 일어나는 대류핵이 나타나고, 바깥쪽에 복사층이 나타나.

또한 질량이 태양 정도인 별은 중심에서 헬륨 핵융합 반응까지만 일어나지만 질량이 매우 큰 별은 중심부의 온도가 매우 높기 때문에 더 높은 단계의 핵융합 반응이 일어나며, 최종적으로 철로 이루어진 중심핵이 만들어지는 것을 알아 두어야 해!





## 나만의 비법 정리

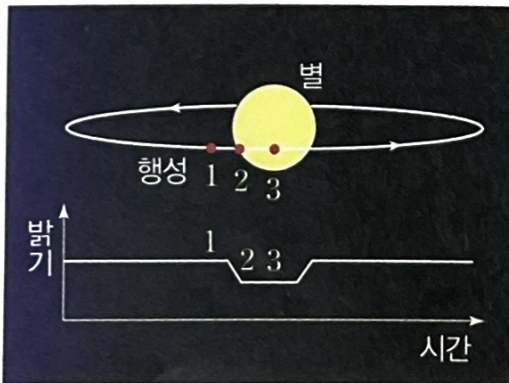
- \* 헬륨 핵융합은 1억K 이상부터. ( $3\text{He} \rightarrow \text{C}$ )
- \* 헬륨 다음은 태양보다 무거운 별에서
- \* P-P 가 CNO 보다 먼저 (1000만K 도달 전 시작)
- \* 수소 껍질에서는 수소 핵융합 有
- \* 수소 질량비가 일정한 구간은 대류 때문이며 태양보다 질량이 큰  
중력 수축 후 표면 온도가 약 1000K에 이르면 가시광선 방출 시작  
중력 수축을 계속하여 중심부 온도가 약 1000만K가  
되면 수소 핵융합 반응이 일어나는 극저연성이 됨
- 큰 별은 수평 진화 작은 별은 수직 진화
- \* 중력 수축에 의해 중심부 온도가 오름
- \* 대류: 온도차가 클 때 E 전달 효과적
- \* 조거성: 여러가지 원소들이 핵융합  $\rightarrow$  각별한 환경  
[태양계 평상]



## 1. 식 현상과 도플러 효과를 이용한 외계 행성계 탐사

<p><b>식 현상 이용</b> → 대기 성분 측정</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>어떤 천체가 그 뒤에 있는 천체를 가리는 현상을 식 현상이라고 함                      → 행성이 중심별의 앞을 지나가면 중심별의 밝기가 감소하므로, 중심별의 밝기 변화를 관측하면 외계 행성을 찾을 수 있음</li> <li>식 현상이 일어날 때 중심별의 밝기가 감소하는 시간을 측정하면 행성의 반지름을 추정할 수 있음</li> <li>행성의 공전 궤도면이 관측자의 시선 방향과 나란하지 않으면 식 현상이 일어나지 않으므로, 외계 행성 관측이 불가능함</li> </ul>
<p><b>도플러 효과 이용</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>행성과 중심별은 서로의 공통 질량 중심 주위를 공전하면서 별빛의 도플러 효과가 나타남</li> <li>중심별의 스펙트럼에서 흡수선의 파장 변화를 관측하면 행성의 존재를 확인할 수 있음</li> <li>행성의 공전 궤도면이 관측자의 시선 방향과 수직에 가까운 경우에는 중심별의 시선 속도 변화가 거의 나타나지 않으므로 행성의 존재를 확인하기 어려움</li> <li>중심별이 지구에 가까워질 때 청색 편이가 나타나고, 중심별이 지구로부터 멀어질 때 적색 편이가 나타남</li> </ul> <p><i>* 질량, 공전 속도의 영향</i></p>

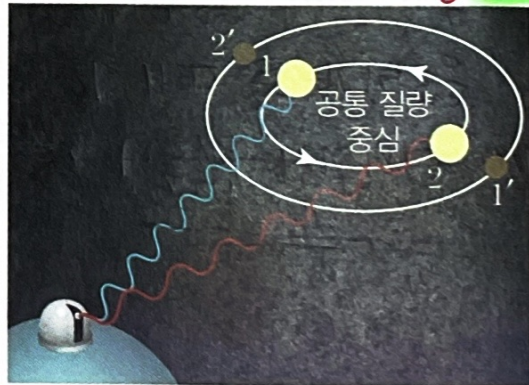
중심별의 밝기 변화를 측정함



▲ 식 현상을 이용한 외계 행성계 탐사

행성의 반지름이 클수록 유리함

중심별의 시선 속도 변화를 측정함 ↓ 시선 방향에



▲ 도플러 효과를 이용한 외계 행성계 탐사

행성의 질량이 클수록 유리함

## 2. 미세 중력 렌즈 현상을 이용한 외계 행성계 탐사

<p><b>미세 중력 렌즈 현상 이용</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>거리가 다른 두 개의 별이 같은 방향에 있을 경우 뒤쪽 별의 별빛이 앞쪽 별의 중력에 의해 미세하게 굴절되어 휘어지는 현상이 나타나는데, 이를 미세 중력 렌즈 현상이라고 함</li> <li>이때 앞쪽 별이 행성을 거느리고 있으면 행성의 중력으로 인한 효과가 더해져 뒤쪽 별의 <u>추가적인</u> 밝기 증가가 나타날 수 있는데, 이를 이용하여 외계 행성을 찾을 수 있음</li> <li>외계 행성계가 먼 천체 앞을 여러 번 지나가지 않으므로 주기적인 관측이 불가능함</li> </ul>
------------------------------	--

↳ (배경별 - 행 - 관) 일직선 \* 질량이 작은 행성





# 나만의 비법 정리

행성의 길경이 클수록 별의 공궤 r 증가

$\Delta$  시.속  $\propto$  행 m  $\times$  ~~공궤 r~~  $\frac{1}{\text{공전주기}}$

시.속(+) 멀 (-)가

\* 행성에 의해 중심별이 가져오는 전체 시간의  $\frac{1}{2}$

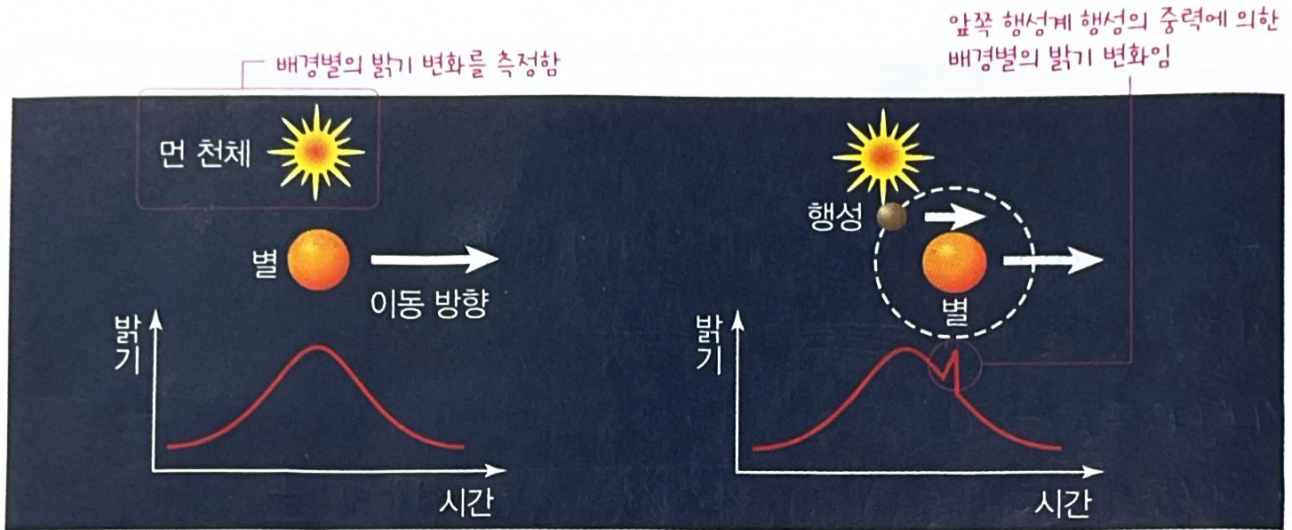
$\propto$  행 r  $\times$   $\frac{1}{\text{공전 v}}$

\* 시.속 각 문제는 cos으로 구한다.  $\triangleleft$

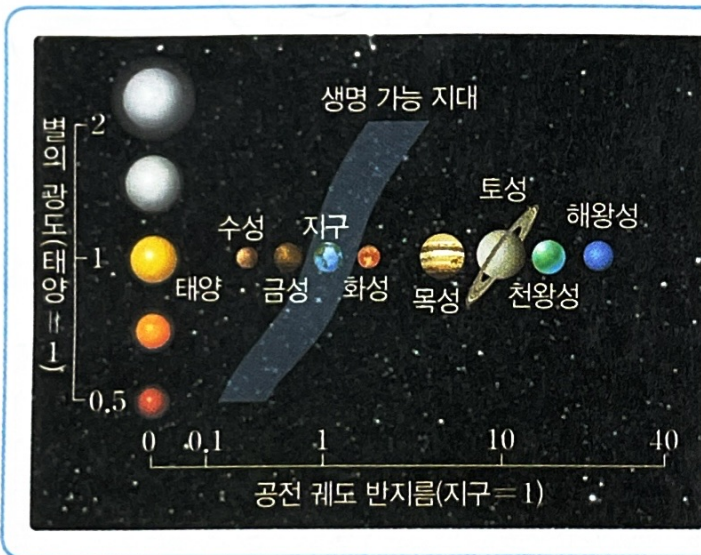
B는 A(시.속 max)의 cos 45° 배







\*기체형은 가능성↓ ▲ 미세 중력 렌즈 현상을 이용한 외계 행성계 탐사  
 3. 외계 생명체 탐사 \*외계 생물체 : 탄소 측정



<생명 가능 지대> 단단한 표면  
 • 생명 가능 지대는 별 주변에서 물이 액체 상태로 존재할 수 있는 영역이다.  
 • 태양계에서 이론적인 생명 가능 지대는 금성과 화성 사이에 존재한다.  
 • 별의 광도가 클수록 생명 가능 지대는 별로부터 먼 곳에 형성되고, 생명 가능 지대의 폭이 넓어진다.

#### 4. 주계열성의 질량에 따른 생명체 존재 조건

중심별의 질량이 클 때	별의 중심에서 연료 소모율이 커서 광도가 크고 수명이 짧음 → 별 주위를 공전하는 행성에서 생명체가 탄생하여 진화할 시간이 부족함
중심별의 질량이 작을 때	별의 광도가 작으면 생명 가능 지대가 중심별에 가까워져 생명 가능 지대 안에 있는 행성의 자전 주기와 공전 주기가 같아질 가능성이 높아짐 → 행성은 항상 같은 면이 별 쪽을 향하게 되므로 낮과 밤의 변화가 없어 생명체가 살기 어려움 *외계 자전

(액체 상태 물 X : 극단적 온도)

#### ★ 문제 풀이 (꿀팁)

- 도플러 효과를 이용하는 방법은 행성의 질량이 클수록, 공전 궤도 장반경이 작을수록 별빛의 도플러 효과가 커져서 행성의 존재를 확인하기 쉽고, 식 현상을 이용하는 방법은 행성의 반지름이 클수록 별의 밝기 변화가 커서 행성의 존재를 확인하기 쉬워.
- 식 현상과 도플러 효과를 이용한 외계 행성 탐사는 행성의 공전 궤도면과 관측자의 시선 방향이 나란해야 이용이 가능하지만, 미세 중력 렌즈 현상은 외계 행성의 공전 궤도면과 시선 방향이 나란하지 않아도 관측이 가능한 것을 알아 두어야 해.

\* SETI : 전파 \* 우리 망원경 : 대기에 의해 차단되는 전파기파 관측

42 자이스토리 수험장 극비 노트 \* 케플러 : 2600 (지구형 10)개 - 식현상 (2009~2018)

테스 : 케플러의 400배 영역 별 72개 (지.행 2개) - 식현상 (2018~)

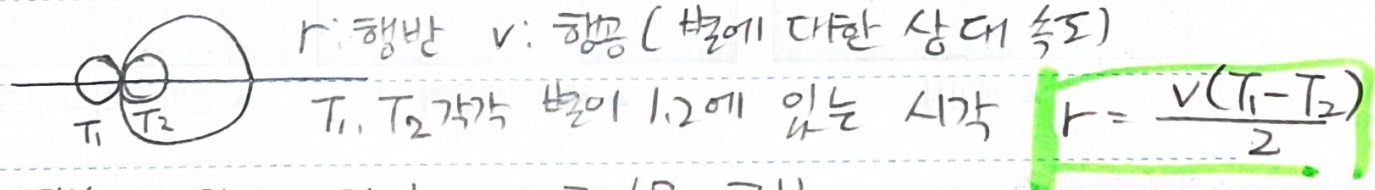
제임스 웹 : 적외선 영역에서 초기 우주 + 코로나 광자로 중심별 빛 차단하여 행성





- \* ~~행성이 행성 속가~~ 중심별의 시선 속도가 최대일 때, 그 크기는 공전 속도와 같다.
- \* 은하의 색지수가 클수록 붉은색 별이 많이 분포한다
- \* 고위파장에 대한 파장 변화량은 항상 일정
- \* 가장 많이 이용: 식, 도플러
- \* 행성의 공전 궤도면이 관측자의 시선 속도와 나란한 별 B가 별 A의 앞쪽을 지나갈 경우 모든 방법으로 외계 행성의 존재 확인 가능
- \* 관측된 대부분의 외계 행성은 목성형 (인간 거주 불가능)
- \* 행성은 대부분 적외선 방출
- \* 적외선의 세기 & 거리, 행성 반지름, 표면 온도
- \* 행성 대기 통과 빛으로 대기 성분 분석 가능
- \* 수천 개 발견 (대부분  $\text{시.속} \downarrow$ ,  $\text{궤도} \downarrow$ ,  $\text{궤도} \uparrow$ ,  $\text{궤도} \uparrow$ )
- 대부분 목성 같은 가스형  $\text{궤도} \uparrow$   $\text{궤도} \uparrow$   $\text{궤도} \uparrow$

\* 반지름 측정 → 밝기 변화



- \* 행성의 밀도 파악 → 지/목 구분
- \* 상태: 1억5천만 km \* 지구는 액체 물: (O2가 물에 녹아 적정한 온도)
- \* 액체 물: 열 보존 + 좋은 용매 → 생명체 출현 가능
- \* 지구 대기: 적절한 성분 / 양 → 태양 자외선 차단, 생명체 보호 (우주선 등 피해 막아줌)
- \* 중심별의 적당한 질량
- \* 지구형은 시.속 보다 미세가 유리

\* 1억년 후 지구는 생명체가 안으로 죽어



# 19 외부 은하와 특이 은하

## 1. 외부 은하

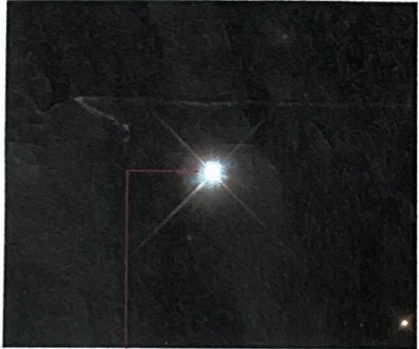
<p>가시 광선</p> <p>타원 은하 E</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 성간 물질이 상대적으로 적고, <b>붉은색</b>의 나이가 많은 별들로 이루어져 있음</li> <li>• 크기가 매우 다양함 → 매우 작은 왜소 타원 은하에서 질량이 우리은하의 수십 배나 되는 거대 타원 은하까지 존재함</li> <li>• 편평도에 따라 모양이 구에 가까운 E0에서 가장 납작한 E7로 세분함</li> </ul> <p><math>e = \frac{a-b}{a}</math></p>
<p>나선 은하 S/SB</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 은하 원반과 나선팔이 있는 은하로, 은하핵에는 나이가 많은 <b>붉은색</b> 별이 많고, 나선팔에는 성간 물질이 많아 나이가 적은 <b>파란색</b> 별이 많음</li> <li>• 막대 모양 구조의 유무에 따라 정상 나선 은하와 막대 나선 은하로 구분함</li> <li>• 은하핵의 상대적인 크기와 나선팔이 감긴 정도에 따라 a, b, c로 세분함</li> </ul> <p>우주에서 SBb or SBc (막대) (가시)</p>
<p>불규칙 은하 Ir</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 모양이 일정하지 않고, 비대칭적인 모양을 갖고 있는 은하임</li> <li>• 성간 물질이 풍부하여 새로운 별들이 활발하게 생성됨</li> </ul> <p>특정하고 핵 크기 감소</p>

## 2. 특이 은하

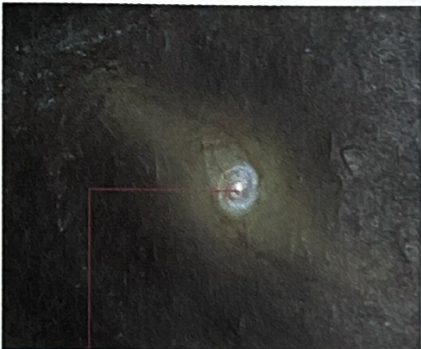
① 전파, X선 영역에서 강한 E ② 밝기의 차이가 다른 변화

중심부에 블랙홀이 매우 큼, (대양계 크기) (별들의 수백배) (지구나 태양의 크기)

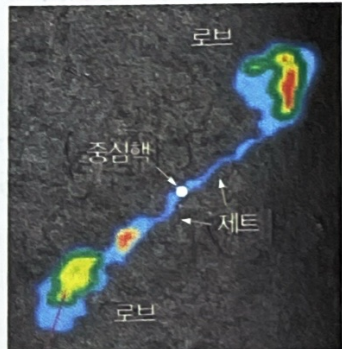
<p>퀘이사</p>	<p>하나의 별처럼 보이는 특이 은하로, 매우 먼 거리에 있는 <b>우주 초기</b>의 은하임</p>
<p>세이퍼트 은하</p>	<p>보통 은하들에 비해 핵이 상대적으로 밝고, 은하 전체의 광도에 대한 중심부의 광도가 매우 큼</p> <p>나선 + 빛 영역 방출선, 중심부 밝고, 파란색</p>
<p>전파 은하</p>	<p>보통의 은하보다 수백 배 이상 강한 전파를 방출하는 은하로, 관측하는 방향에 따라 핵이 뚜렷한 전파원으로 보이거나 <b>제트로 연결된 로브</b>가 핵의 양쪽에 대칭으로 나타나는 모습으로 관측됨</p> <p>타원, 중심에서 물질 분출 가능, 강한 X선 방출</p>



▲ 퀘이사  
하나의 별처럼 보임



▲ 세이퍼트 은하  
나선 은하의 형태로 관측됨



▲ 전파 은하의 구조  
제트와 로브의 일부 영역에서는 강한 X선을 방출함

### ★ 문제 풀이 **꿀팁**

- 퀘이사가 방출하는 에너지량은 우리은하의 수백 배 정도에 해당하니까 중심부에 블랙홀이 있을 것으로 추정하고 있어.
- 세이퍼트 은하는 은하 내의 성운이 매우 빠른 속도로 움직이고 있어서 스펙트럼에서 넓은 방출선이 나타나는데, 이로부터 중심부에 거대한 블랙홀이 있을 것으로 추정하고 있어.
- 전파 은하의 제트와 로브 일부 영역에서는 강한 X선을 방출하는데, 이는 블랙홀에 의해 고속으로 움직이는 전자와 강한 자기장 때문이라고 추정해.





세이퍼트 변광성으로 안드로메다가 외부 문하면 것 방출  
CB (정상)

구상 성단, 산개 성단??

S0: 나선 타원, 원반 형태 + 늙은 별  
성간 물질 나선 < S0 < 타원

불규칙: 모양 일정 X, 구조적 구조 X. 비구조적 규모 ↓  
성간 물질 + 젊은 별 많

전체 나선 중 2%가 세이퍼트

제트는 중심핵에서 고속으로 방출되는 이온화된 기체로 이루어진  
매우 높은 에너지의 방출기이므로 제트에서 별이 활발하게  
탄생하는 것만 아니라 별은 낮은 조밀도에서 탄생

⊗

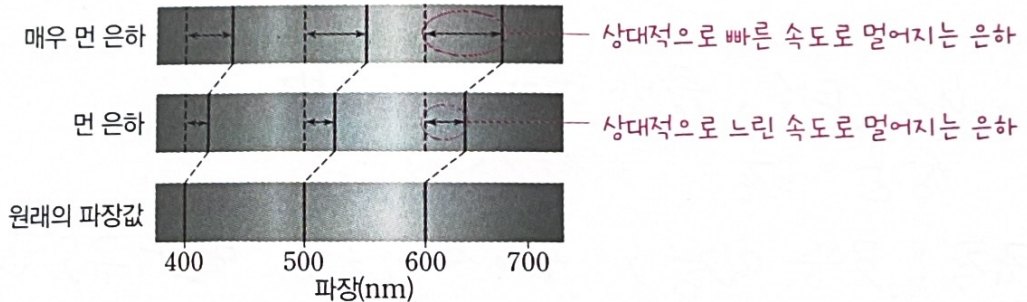


1. 허블 법칙과 우주 팽창

(1) 허블 법칙

① 외부 은하의 적색 편이

- 멀리 있는 외부 은하들의 스펙트럼을 관측하면 대부분 흡수선들의 위치가 원래 위치보다 파장이 긴 적색 쪽으로 이동하는 적색 편이가 나타남
- 우리은하로부터 멀리 있는 은하일수록 적색 편이가 크게 나타남



▲ 외부 은하의 적색 편이

- ② 외부 은하의 후퇴 속도( $v$ )와 흡수선의 파장 변화량 ( $\Delta\lambda = \lambda - \lambda_0$ ) 사이에는 다음 식과 같은 관계가 성립함

$$v = c \times \frac{\Delta\lambda}{\lambda_0}$$

$$\lambda = \lambda_0 (1 + z)$$

( $c$ : 빛의 속도,  $\lambda_0$ : 정지 상태의 흡수선 파장,  $\Delta\lambda$ : 흡수선의 파장 변화량)

- ③ 허블 법칙: 외부 은하들의 후퇴 속도( $v$ )는

거리( $r$ )에 비례함

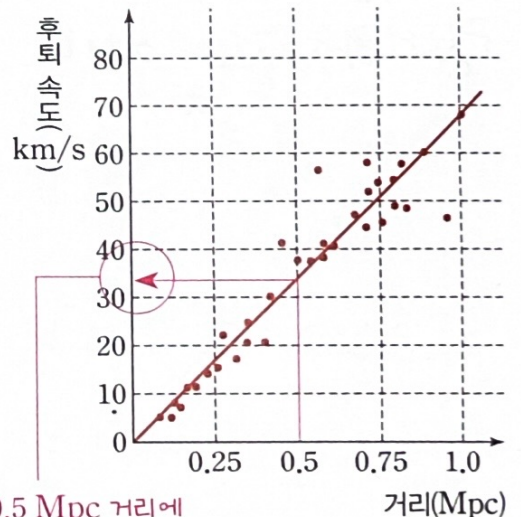
$$v = H \cdot r \quad (H: \text{허블 상수})$$

- ④ 멀리 있는 은하일수록 빠르게 멀어지는 현상은 우주가 팽창한다는 것을 뜻함 → 우주 공간이 팽창하기 때문에 은하 사이의 거리가 멀어지고 있으며, 허블 법칙은 우주가 팽창하고 있다는 확실한 증거임

- ⑤ 현재 우주는 팽창하고 있지만 우주 어느

곳에서 관측해도 멀어지는 은하가 관측되므로 우주 팽창의 중심은 정할 수 없음

- (2) 허블 상수: 외부 은하의 거리와 후퇴 속도의 관계식에서 허블 상수( $H$ )는 1Mpc당 우주가 팽창하는 속도(km/s)를 나타내는 값임 (68)



▲ 허블 법칙

\* 우주 나이: 138억년

\* 관측 가능한 우주의 크기( $r$ ) =  $\frac{c}{H}$





# 나만의 비법 정리

시선 속도도 ~~계산~~ 계산 가능

$$V = \frac{\Delta \lambda}{\lambda_0} \times C$$



## 2. 우주론

### (1) 정상 우주론과 빅뱅 우주론

정상 우주론	빅뱅 우주론
<ul style="list-style-type: none"> <li>우주는 영원함</li> <li>우주의 크기는 무한함</li> <li>새로운 물질이 생성되어 우주의 온도와 밀도는 항상 일정함</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>우주는 어느 시점에 시작되었음</li> <li>우주의 크기는 유한함</li> <li>우주는 팽창함에 따라 온도는 계속 낮아지고 밀도는 계속 작아짐</li> </ul>

### (2) 빅뱅 우주론의 증거

① CMB, ② 리아, ③ WMAP, ④ 플랑크 우주 배경 복사	<ul style="list-style-type: none"> <li>우주의 나이가 약 38만 년일 때 형성되었음</li> <li>우주의 온도가 약 3000 K일 때 형성된 복사이며, 현재는 약 2.7 K 복사로 관측됨 <b>7.3cm</b></li> </ul>
가벼운 원소의 비율	<ul style="list-style-type: none"> <li>우주 전체에서 수소와 헬륨의 질량비는 약 3 : 1임</li> <li>빅뱅 이후 최초의 3분 동안 빅뱅 핵합성 과정이 일어남</li> </ul>
급팽창 우주론 (인플레이션 이론) : 빅뱅 이후 우주가 급격히 팽창했다는 이론 → 빅뱅 우주론에서 설명할 수 없었던 여러 문제들을 해결할 수 있었음	(이전에는 $\infty$ 크기로 팽창하려 했으나)
(4) 표준 우주 모형	(우주의 지평선 문제, 편평성 문제, 자기 홀극 문제)

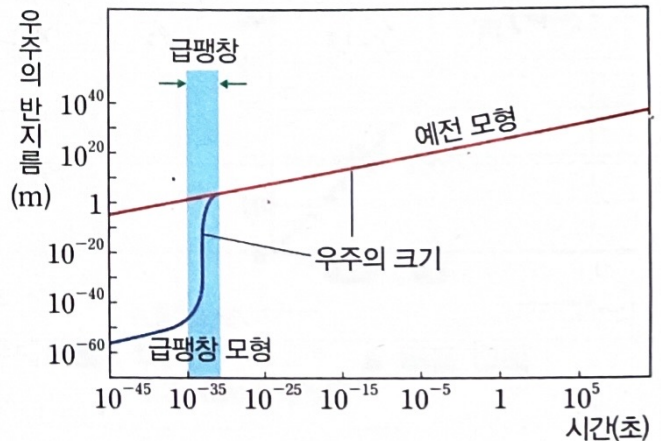
표준 우주 모형	급팽창 우주론을 포함한 빅뱅 우주론에 암흑 물질과 암흑 에너지의 개념을 포함한 우주 모형
현재 우주 구성 요소의 분포비	암흑 에너지 > 암흑 물질 > 보통 물질 <b>4.9 26.8 68.3</b>
우주 구성 요소와 우주 팽창	<ul style="list-style-type: none"> <li>팽창 초기: 암흑 에너지보다 물질의 영향이 커서 감속 팽창함</li> <li>우주가 팽창함에 따라 우주의 밀도가 작아지면 물질보다 암흑 에너지의 영향이 커지면서 가속 팽창함</li> </ul>

우주에 널리 퍼져 있으며, 척력으로 작용함  
 → 우주를 가속 팽창시키는 역할을 함

### ★ 문제 풀이 (골뎀)

- 급팽창 우주론에서는 우주 생성 초기에 우주가 급팽창하였기 때문에 팽창이 일어나기 이전에 가까이 있었던 두 지역은 서로 정보를 교환할 수 있었다고 설명하여 우주의 지평선 문제를 해결하였어.
- 우주가 전체적으로는 곡률을 가지고 있더라도 우주 생성 초기에 급격히 팽창하여 공간의 크기가 매우 커지면 관측되는 우주의 영역은 편평하게 보이게 된다고 설명하여 우주의 편평성 문제를 해결하였어.
- 우주가 생성 초기에 급격히 팽창하였기 때문에 자기 홀극의 밀도는 관측 가능량 미만으로 희박해졌다고 설명하여 자기 홀극 문제를 해결하였어.

우주는 빅뱅 직후에 급팽창하였음 → 우주 배경 복사가 방출된 시기보다 이전임



### ▲ 급팽창 이론





# 나만의 비법 정리

암흑 물질 - 중력 렌즈

우리가 식으며 결합해 중성자 되고  
빅뱅 후 중성자 이 중성자 He 핵으로 합성  
⊕ 소량 생성

→ 1초 후 100억 K (양성자, 중성자, 전자 등 양립)

빅뱅 직후 후 (우주 10억 K) 양성자 중성자 1:1

→ 수소 원자 핵 : 헬륨 // 질량비 3:1 개수비 12:1

평탄 우주는 감속 팽창

$\Omega = \frac{\text{우주}}{\text{임계}}$  양의: (-) 곡률  $\Omega < 1$  작게 수록 - 영원히 팽창

양의: 곡률 0  $\Omega = 1$  크게 수록

평탄: (+) 곡률  $\Omega > 1$  중간 수록 - 영원히 팽창 ~~✗~~

$P_m$ : 물질  $P_\Lambda$ : 암흑 에너지  $P_c$ : 임계 (속도가 줄긴 함)

S: 정상 SB: 막대

$$T = \frac{v}{H} = \frac{1}{H}$$

관측 가능한 우주의 크기 =  $\frac{c}{H}$

중력하는 은하 사이 허블 법칙 성립 X.

가까이 있는 은하는 인력으로 충돌

우주 배경 복사는 우주의 온도가 3,000K 일 때 방출

★ 코비가 최준 ★ 우주 배경 복사는 마이크로파 (=전파)