

지구과학I 판 구조론과 대륙 분포의 변화

DATE.

NO.

정립과정: 대륙이동설 → 맨틀 대류설 → 해양지 확장설 → 판 구조론

1. 대륙 이동설 (베게너)

증거: 1) 해안선 모양의 유사성 2) 지질구조 연속성 3) 화석분포 4) 빙하 흔적분포

한계점: 대륙 이동 원동력 설명 X

2. 맨틀 대류설 (홍스)

↳ 맨틀 내부 열 대류 일어남, 맨틀 대류를 따라 맨틀 위 대륙 이동

대륙이동설의 원동력 설명

한계점: 확신할 수 있는 기술 X

3. 해저 확장설 (허스와 디트)

↳ 해양에서 맨틀 물질 상승 → 해양지각 생성 → 해양 중심으로 양쪽으로 말림 → 해저 확장 (해구에서는 소멸)

* 음향측심법 $D = \frac{1}{2}vt$ (D: 깊이, t: 광복사권, v: 초음파속)

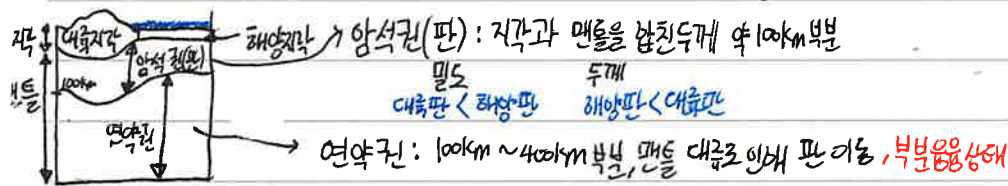
증거: 1) 고지자기 줄무늬 대칭 분포 2) 해양 지각의 나이 3) 섭입대 주변 진원 깊이 4) 열곡과 변환 단층

↳ 해양에서 열에너지 손실 및 냉각 → ex) 테티스판

↳ 확장속도 차이로 인한 변형응력 발생

4. 판 구조론 (윌슨)

↳ 지구 표면은 판으로 이루어져 있으며 판의 운동에 의해 지각 변동 일어남



한계점: 판의 지각 변동 설명 O, 판의 내부에서 발생하는 화산활동 설명 X

* 판의 이동

1) 발산 경계

판끼리 멀어짐 → 천발지진, 화산활동

2) 수렴 경계

판끼리 가까워짐 → 1. 충돌 → 천발 ~ 중발 지진, 2. 섭입 → 천발 ~ 심발 지진, 화산활동

3) 보존 경계

판 이동 → 생성 소멸 없음, 천발지진

판 이동의 원동력

1. 맨틀의 대류

2. 판에서 발생하는 힘

↳ 대류로 인해 판에서 만들어지는 물리적인 힘

1) 배경에서 판을 밀어내는 힘 2) 해구에서 섭입한 판이 잡아당기는 힘

↳ 고온 저밀도의 물체가 상승하면서 인접한 두 판을 밀어내며 작용하는 힘 ↳ 저온 고밀도의 판이 무게대물에 중력에 의해 침강하면서 판을 잡아당겨서 판을 빼내므로 모는 힘

섭입되는 판의 이동속도 > 섭입되지 않는 판의 이동속도

3. 플룸 구조론

↳ 플룸의 상승과 저항에 의한 지구내부의 변동, 이로 인해 판 이동

아프리카, 대서양중앙해령, 인도양

- (1) 플룸 [뜨거운 플룸 : 외핵과 맨틀의 경계부의 고온인 부분에서 형성되어 기동열로 상승하는 물질 → 맨틀과 외핵의 경계]
 [차가운 플룸 : 해양저각에 응응되어 맨틀하부로 가라 앉는 물질 → 아서나 대륙하부경계]

(2) 플룸 구조론으로 설명가능한 것 : 판운동 원동력, 대규모 화산활동

(3) 열점 : 뜨거운 플룸이 상승하여 지각을 뚫고 분출하는 곳, 화산열 및 해산형성

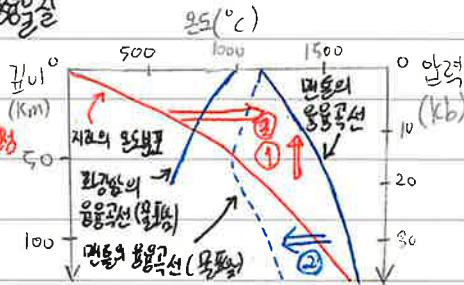
판 구조 운동과 마그마 활동

1. 마그마

지각하부 및 맨틀 물질이 녹아 생성된 용융질

2. 마그마의 생성조건

- ① 압력 감소로 인한 맨틀의 용융 → **해령형성**
 ② 물의 공급] **베니모프대(섭입대)**
 ③ 온도의 상승



3. 화성암

* 마그마 생성량 및 종류

마그마의 종류 (암석의 조성)		현무암질	안산암질	유문암질
		적음 ← 52% SiO ₂ 함량	중간	→ 많음 66%
화산암	재 ↑	현무암	안산암	유문암
침식암	생물 위치 ↓	반데리암	섬록암	화강암
침식암	생물 위치 ↓	반데리암	섬록암	화강암
침식암	생물 위치 ↓	반데리암	섬록암	화강암

1. 해령, 열점 - 현무암질 마그마
 ↓ ① ↓ ③
 2. 섭입대 - 현무암질, 유문암질, 안산암질
 ↓ ② ↓ ③
 3. 대륙 전산대 리브 - 유문암질
 ↓ ②

어두움 ← 색온정도 → 밝음

1. 퇴적암 생성과정

- (1) 생성과정: 지표의 암석 → 풍화·침식·운반·작용 → 퇴적작용 → 속성작용 → 퇴적암
- (2) 속성작용: 다짐·압박 → 교결·작용 (교결물질이 없으면 연결새고 공극률)

2. 퇴적 환경에 따라 생성되는 퇴적물

퇴적층: 퇴적 장소에 따라 육상층과 해상층, 운반 매체에 따라 구분

육상층 (육지)	풍성층 (바람) - 사구, 모래, 황토	해성층 (바다)	대륙붕: 자갈, 모래, 점토, 탄산칼슘
	하성층 (하천) - 선상지, 단구		침해저: 규조토, 찰트, 망간산화물
	호성층 (호수) - 호리 퇴적물		
	빙성층 (빙하) - 빙하정토, 빙퇴석		

3. 퇴적암의 종류

1) 쇠석성 퇴적암

퇴적과정: 지표의 암석에서 풍화·침식되어 생긴 암석조각이나 화산 분출물이 쌓여서 형성된 퇴적암

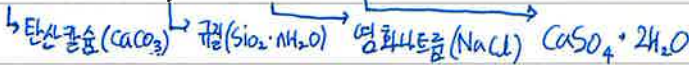
퇴적암 종류: 역암, 사암, 세일, 응회암, 집괴암

↳ 광물·모래·점토 ↳ 모래·점토 ↳ 점토 ↳ 화산재 ↳ 화산재

2) 화학적 퇴적암

퇴적과정: 물에 용해되어 있는 물질이 화학적으로 침전되거나 증발로 인해 정결되어 형성된 퇴적암

퇴적암 종류: 석회암, 찰트, 암염, 석고



3) 유기적 퇴적암

퇴적과정: 생물의 유해물 유기물이 쌓여서 형성된 퇴적암

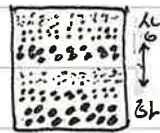
퇴적암 종류: 석회암, 찰트, 석탄

↳ 식물생물체 ↳ 동물생물체 ↳ 식물체

4. 퇴적구조

점이층리: 퇴적물이 심해저에 쌓일 때 위로 갈수록 입자의 크기가 점점 작아지는 퇴적구조

원인: 바늘 조짐(저탁류), 환경: 심해저



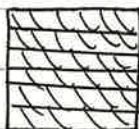
사층리: 얇은 물결, 사방에서는

물·바람 방향

연흔: 쇠머리 얇은 모

건결: 건조한 환경에서

바람 방향이 자주 변하기 때문에



밀이서 물결의 주동에서부터



퇴적물이 갈라져 퇴적암



지층이 경사진 상태로 쌓인 퇴적구조

퇴적물 표면에 생긴 물결조각

표면에 V자형의 등의 생긴 구조

원인: 바람, 흐르는 물, 환경: 하천이나 호수

원인: 조물 표면에 파도, 환경: 쇠머리 깊은 곳

원인: 증발, 건조한 대기조건, 환경: 건조 기후 지역

지사학의 법칙

(1) 수평퇴적의 법칙

(2) 지층 수준의 법칙

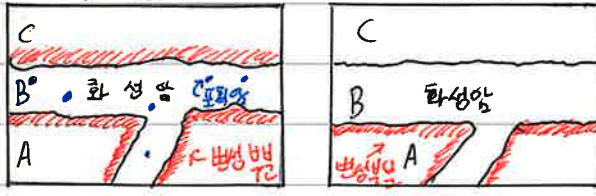
(3) 동물군 천이의 법칙

(4) 부정합의 법칙

(5) 관입의 법칙

관입한 경우
A - C - B

분출한 경우
A - B - C



화석의 종류

- 시상화석 - 지층이 퇴적될 당시의 환경을 알아내는 데 유용한 화석
- 표준화석 - 지층의 퇴적 시기를 알려주는 화석



특정한 환경에
제한적 분포

생존기간 ↓
지각적으로 널리 분포

ex) 시상화석

ex) 표준화석

산호: 따뜻하고 얕은 바다
과자리: 따뜻하고 습한 환경

- 고생대 - 삼엽충
- 중생대 - 암모나이트
- 신생대 - 화석새

지구과학 I 지질시대 환경과 생물

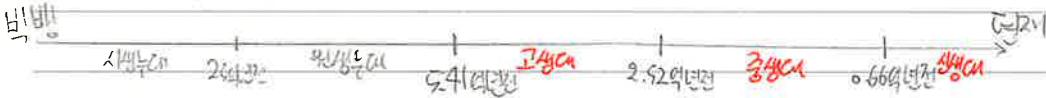
지질시대의 구분

(1) 구분기준

① 생물체의 변화 (표준화석) ② 대규모 지각 변동 (부정합)

(2) 구분 : 누대 → 대 → 기로 구분

생물체의 시대



1. 선 캄브리아 시대

(1) 환경 : 전반적으로 일난 기후, 공기, 말기에 빙하기 (빙퇴석 발견) 생물종수 ↓

(2) 생물 : 원시 생물 출현

시생누대

원시생누대

• 육각는 지뢰선이 강하여 바다에서 단세포 생물 출현

• 후기에 다세포 생물 출현

• 원시생물의 시아노박테리아 (남세균) 출현 → 광합성, 산소 공급

• 에디아카라 동물군 퇴적

→ 선 캄브리아 시대 대세포 동물의 퇴적으로 나타난 부분 X, 은적 퇴적

2. 고생대

(1) 환경: 조기 온난건조, 말기 빙하기, 말기에 판게아 형성

(2) 생물: 오존층 형성으로 자외선이 차단되어 육상생물 출현 (ex. 무척추동물, 양치식물, 어류, 양서류) (삼엽충, 팔색, 갑주어, 방추충)

1) 캄브리아기 (삼엽충의 시대)

· 무척추동물 (삼엽충, 원족류) 번성 · 해양생물 급격히 증가

2) 오르도비스기

· 삼엽충, 원족류, 팔색류, 산호류 번성 · 최초의 척추동물인 어류 출현

3) 실루리아기

· 갑주어, 버디얼갈등 번성 · 최초의 육상식물 출현

4) 데본기 (어류의 시대)

· 양서류 출현, 어류 크게 번성

5) 석탄기

· 방추충, 원족류, 산호류 번성 · 양서류 번성 · 파충류 출현

6) 페름기

· 말기에 겉씨식물 출현 · 말기에 해양생물종 90% 멸종

3. 중생대

(1) 환경: 전 기간 온난한 기후, 판게아 분리후 대서양, 인도양 형성, 로키산맥, 안데스 산맥 형성

(2) 생물: 파충류, 겉씨식물 번성 (암모나이트, 공룡, 사육새)

1) 트리아스기

· 암모나이트 번성, 양서류 쇠퇴 파충류 번성

· 말기에 원시 포유류 출현 · 양치식물 쇠퇴 겉씨식물 번성

2) 쥐라기

· 암모나이트, 공룡 크게 번성 · 말기에 파충류, 조류 특징이 있는 사조새 출현

3) 백악기

· 속씨식물 출현 · 말기에 암모나이트, 공룡 등 많은 생물 멸종

4. 신생대

(1) 환경: 온난하다가 점차 한랭해져 제4기에 4번의 빙하기

히말라야 산맥이 형성되었고 현재와 비슷한 수륙분포

(2) 생물: 포유류와 조류 번성, 속씨 식물과 침엽수 번성 (화피석, 매머드)

1) 팔레오기, 네오기 (화피석) (전반적으로 온난함)

· 바다에서 유공충에 속하는 화피석 번성 및 멸종

· 속씨식물 번성하여 초원 형성

2) 제 4기 (매머드)

· 매머드 등 대형 포유류 번성

· 여러 번의 빙하기로 매머드 멸종

· 인류의 조상 출현

* 정리

① 주상정리

② 편상정리

온도감소로 인해 생김

압력감소로 인한 평판

↳ 화산암

↳ 침상암

1. 기압과 날씨

저기압(L)

날씨: 지상에서는 공기가 중심부로 수렴하여 상승기류 발달
 ⇒ 단열팽창이 일어나 구름생성, 흐리거나 비

비행방향: 북반구에서 바람이 시계 반대 방향으로 불어 들어옴

고기압(H)

지상에서는 공기가 주변으로 발달하면서 하강기류 발달
 ⇒ 단열압축이 일어나 날씨가 맑음

북반구에서 바람이 시계 방향으로 불어나감

2. 고기압과 날씨

(1) 정체성 고기압

한자리에 머무르면서 수축과 확장을 하며 주위

지역에 영향을 미치는 정도가 큰 고기압 (ex. 시베리아, 북태평양, 오호츠크해)

(2) 이동성 고기압

정체성 고기압에서 떨어져 나와서 이동해감

비교적 규모가 작은 고기압 (ex. 양쯔강)

(3) 계절에 따른 우리나라의 알기도와 날씨

봄. 가을 - 이동성 고기압과 저기압이 교대로 지나가면서 날씨가 자주바뀜

여름 - 북태평양 고기압의 영향을 받아 덥고 습한 날씨가 나타남

겨울 - 시베리아 고기압의 영향을 받아 춥고 건조한 날씨가 나타남

고기압이 형성되는 곳은 바람이 약해서
 기단의 발달이 될 수 있다.

3. 기단

① 원: 고위도 - 한랭기단 저위도 - 온난기단

② 승기량 대륙 - 건조 해양 - 다습

시베리아 - 한랭건조 오호츠크해 - 한랭다습

양쯔강 - 온난건조 북태평양 - 고온다습



③ 기단의 변질

찬 기단이 따뜻한 바다를 통과 할 때

따뜻한 기단이 찬 바다 위를 통과 할 때

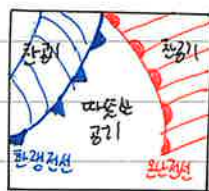
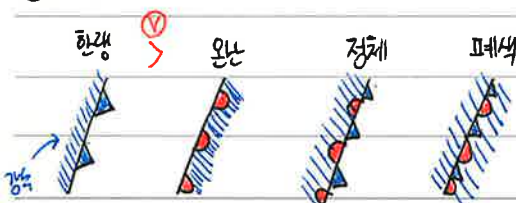
기단 하층기성, 승기량증 → 기층불안정 → 상승기류 발달

기단 하층 냉각 → 기층안정 → 상승기류 억제

→ 적운형 구름 생성, 소나기나 폭설 (ex. 시베리아기단 냉각)

→ 층운형 구름 생성, 안개 (ex. 북태평양 기단의 북상)

④ 전선



* 온대저기압의 구조

1. 전선

① 한랭전선

적운형 구름 ⇒ 소나기(좁은지역)

적운도 따름, 전선 통과 후 기온 ↓ 기압 ↑

② 온난전선

층운형 구름 ⇒ 넓은지역 지속적인비

전선 속도 느림, 전선 통과 후 기온 ↓ 기압 ↑

* 전선면은 찬공기쪽은 기울어져 있으며

상공에 전선면이 있으면 온난공기 쪽에서 관측한 것이다.

① 정체전선



② 파색전선



두 기단의 세력이 비슷하여 이곳에 머물러있는 전선

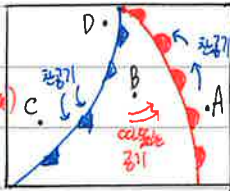
한랭전선이 온난전선과 겹쳐지면서 생기는 전선

⇒ 온대저기압 발생 가능성 있음, EX) 여름철 장마전선

2. 온대저기압: → (위지티↓) (이동성 저기압)

중위도 지역에서 발생하며 한랭한 전선으로 (한랭전선)

편서풍 영향으로 인한 서 → 동으로 이동함 (30° ~ 60°)



* 찬공기의 밀도 ↑

A: 온난전선 앞, 남동풍, 넓은지역 지속적인비

A 통과할 때 변함

B: 온난전선 뒤, 남서풍, 날씨가 맑음, 기온 ↑ 기압 ↓

기온: 상승 → 하강

C: 한랭전선 뒤, 북서풍, 소나기성비

기압: 하강 → 상승

D: 저기압 중심, 북풍계면, 상승기류, 해빙시

풍향: 남동 → 남서 → 북동

지구과학 I - 2단원 태풍과 우리나라의 주요 악기상

1. 태풍: 중심 부근의 최대 풍속이 17m/s 이하는 열대 저기압, 17m/s 이상인 열대 저기압: 수증기의 잠열(숨은열)

2. 태풍의 발생 및 소멸

(1) 발생: 열대해상 숨은열에 의해 발달된 공기 상승

→ 주변 공기 회전, 상승기류 강화 → 적란운 발달, 풍속 ↑ → 태풍

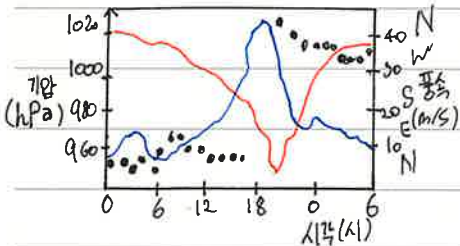
기권과 수권의 상호작용

* 소멸이후 열대사압박, 온대저기압으로 변함

↳ 태풍이 북상하면 찬공기면 전선 형성

(2) 소멸: 태풍 육지 상륙, 수증기 공급 차단 → 지표면의 마찰 → 소멸 - 기권과 지권의 상호작용

3. 태풍이 통과할 때의 날씨 변화



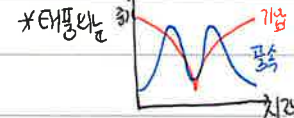
• 풍향

* 특강기압 영향을 주는 요인

— 기압

특강기압 α (저기압 중심까지 거리) α 저기압 중심기압

— 풍속



거의 일정

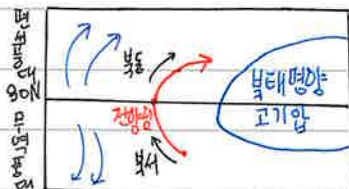
4. 태풍의 이동 경로

• 태풍의 이동경로는 대개 순환 & 북태평양 고기압의 영향을 받음

• 북태평양 고기압 가장자리를 따라 북상

→ 세력이 클수록 경로는 서쪽으로 치우침

포물선 궤도로 이동!



태풍의 속도: 편서풍 > 무역풍

→ 태풍의 이동방향이 같다.

5. 태풍의 의미

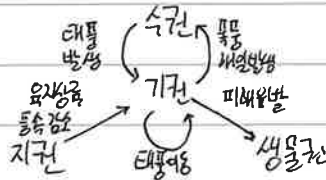
· 저위도의 과잉E 곡도 수습

→ 위도에 따른 E북극성 배산

6. 온대저기압과 태풍의 비교

구분	온대저기압	태풍
전선	○	X
주요 에너지원	기층의 수증기 수렴	수증기 수렴열
발생 지역	한대 전선대	열대해상 (위도 5~6°)
등압선	실고 태풍형	간격조밀, 원형
이동 경로	서→동	포물선 경로로 북진
풍속	약	강

7. 태풍, 해양, 육지의 상호작용



↳ 발생 지역: 한대전선대(중위도) 위도 5~25° 열대해상

* 해수의 성질

DATE.

NO.

(1) 염분: 해수 1kg 속에 녹아있는 염류의 총량을 (수소 나트륨염) (PSU) (평균은 35PSU 이다.)

염류: 해수의 녹아있는 물질 (ex. NaCl, MgCl, Mg SO₂)

(2) 염분비 일정법칙: 해양이나 염분은 서로 다르지만 해수

녹아있는 원소들의 상대비는 거의 일정하다.

(3) 표층 염분 변화 요인

- 1) 증발량과 강수량 2) 담수유입 3) 결빙과 해빙

↳ (증발: 강수량) ↑ 염분 ↑ ↳ 담수유입 염분 ↓ ↳ 결빙: 염분 ↑ ↳ 해빙: 염분 ↓

(4) 위도에 따른 표층 염분 분포 → 극지역: 결빙, 해빙



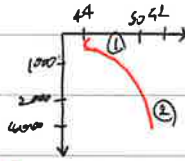
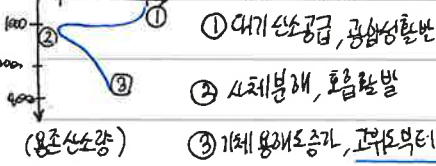
* 표층염분 적도 > 위도 60°

↳ 담수의 영향 때문에 위도 60° 부근이 더 낮음

2. 용존기체

(1) 용해도는 수압 ↑, 수온 ↓, 염분 ↓ 증가한다

용해도 \propto 수압 $\propto \frac{1}{수온}$ $\propto \frac{1}{염분}$



* 표층염분상화

"표층염분 변화"인 "여름 강수량"

- [(증-강) ↓] → 표층염분 ↓

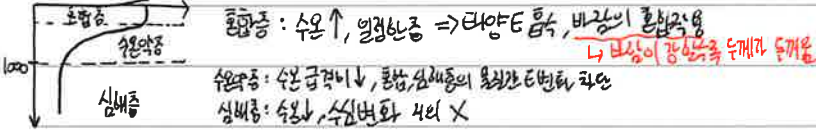
- 결빙, 해빙 → 중위도 X

1. 수온

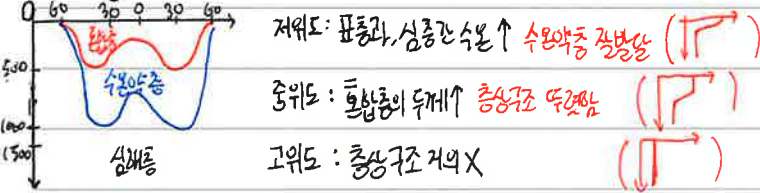
(1) 저위도 → 고위도 표층은 낮아짐 (기온 북반구 > 남반구)

(2) 등수온선은 위도와 나란하고 표층수온의 연교차는 해안이 대륙보다 작다.

2. 연직 수온 분포



(1) 위도별 해수의 층상구조



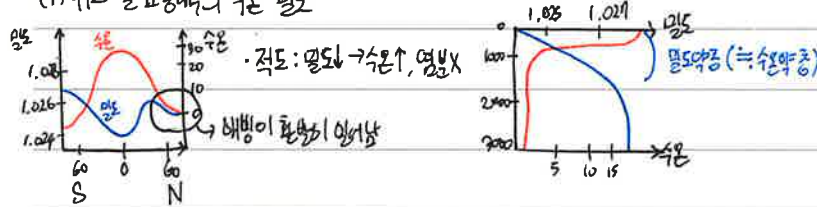
* 수온약층 깊어 = 혼합층의 두께

3. 밀도

수온 ↓, 염분 ↑, 수압 ↑ 밀도 증가

→ 주된 수온의 영향을 받은 밀도(ρ) $\propto \frac{\text{열분}(S)}{\text{수온}(T)} (\rho \propto \frac{S}{T})$

(1) 위도별 표층해수의 수온 밀도



* 심해층

• 수괴의 혼합

A, B를 섞을 때 만들어진 C는 A와 B의 평균 수온과 평균염분은 가리며 밀도는 증가한다. *

해수의 심층순환 (열염순환)

(1) 발생원인

수온과 염분 변화에 따른 해수의 밀도차이

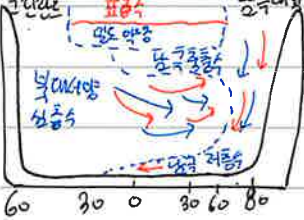
(2) 특징

① 전위도 발생

② 속도 매우 느림

침강 → 심해핵산 → 수온약층 → 표층류 → 침강

I 대서양의 심층순환

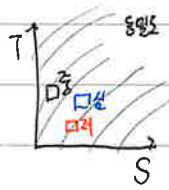


남극대륙 (외빙해)

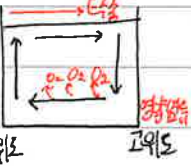
*북대서양심층수: 밀도↑, 수온↓, 염분↑

*남극대륙심층수: 밀도 가장 큼,

중층수: 밀도↓, 염분↓



심층순환 역할



*심층해수의 환기효과

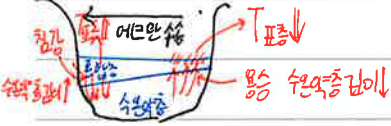
$$\downarrow \text{용존(O}_2\text{)} \propto \frac{1}{\text{연령}\uparrow} \propto \frac{1}{\text{용존이산화탄소}\uparrow}$$

1. 에크만 수송

북: 바람방향 오른쪽 90° (오른손)

남: 바람방향 왼쪽 90° (왼손)

2. 표층해수 용승 및 침강



* 연안용승 및 침강과 해수면 경사 (변하지 않는다)



1) 적도용승

적도지역 => 적도기준 에크만 수송 발생

표층해수 반산, 바람 수렴 (무역풍에 의한)

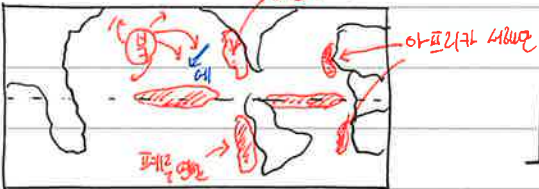
(2) 용승이 일어난다면 일반적으로 수온약층이 나타나는 깊이가 얕아진다

태풍은 용승이 일어나고 수온약층의 해수기복층화.

- 단 결과적으로 혼합층이 두꺼워지고 수온약층의 깊이는 깊어지며 표층수온은 낮아진다.

* 혼합층의 두께 $\propto \frac{\text{비강효과}}{\text{용승효과}}$

(수온약층 깊이 얕아짐) **켄피턴나연령**



전세계 주요 용승지역

엘리노 남북인동

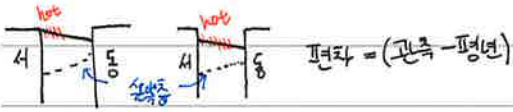
DATE.

NO.

(1) 엘리노

적도 부근 동태평양 표층수온이 높아지는 현상

⇒ 무역풍 약화, 동태평양 황승약화



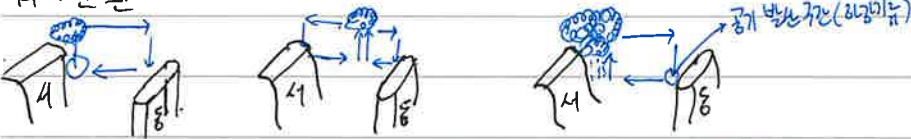
정상시 → 엘리노 (해면 경사 약화) (황승증 두께↓)

(2) 라니냐

적도부근 동태평양 표층수온이 높아지는 현상

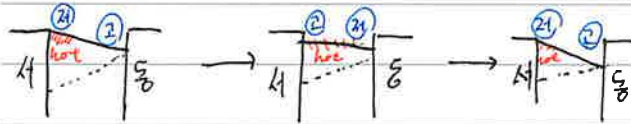
⇒ 무역풍 강화, 동태평양 황승강화

위커순환



정상시 → 엘리노 (위커순환의 약화) → 라니냐 (위커순환 강화)

* 기압배치



남방인동 지속

① 저 - 고 = (-)

② 고 - 저 = (+)

③ 고 - 저 = (+)

자연적 요인

(1) 외적요인

- 세차운동 : 지구의 자전축 변화 2.6만년기승 회전, 북반구기준 시계방향 회전

① 원일점 : 공전궤도에서 지구 태양에서 가장 먼 곳

[* 경계선 (북) ↑
(남) ↓]

② 근일점 : 공전 궤도에서 지구 태양에서 가장 가까운 곳

- 이심률 :

↳ 이심률은 10만년을 주기로 공전 궤도가 원으로 되었다가 타원으로 돌아간다.

↳ 이심률이 증가할수록 근일점거리는 줄어듦 원일점의 거리는 늘어난다

북반구 여름 T ↓ 겨울 ↑, 남반구 겨울 ↓, 여름 T ↑ (북반구의 연교차 ↓ 남반구 연교차 ↑)

- 자꾸 자전축의 기울기 변화 : 41000년을 주기로 23.5° ~ 24.5° 사이에서 변한다 (경각각)

기울기 ↑ 여름 T ↑ 겨울 T ↓ (북) 여름 T ↓ 겨울 T ↓ (남) 연교차 ↑

* 태양의 남중고도

(~~북~~ > 남) 여 > 겨울

(2). 동일한 계절 남중고도 (경사각 비교)

↳ 경사각 ↑, 연교차 ↑, 여름 ↑, 겨울 ↓

(↳ 북반구 상관없이) 남중고도 증가 / 남중고도 감소

지구온난화

(1) 지구 온난화 원인

대기중 온실기체의 연 평균 농도 ∝ 지구 표면 평균 기온

겨울 : 화석연료 ↑ 광합성 ↓ CO₂ ↑

(2) 영향

① 해수면 상승

② 빈산소화

③ 강수량 및 증발량 변화

· 해수의 열팽창, 대륙빙산 용해

· 증발량 ↑, 대기중 수증기량 ↑ → 지역에 따라 홍수 및 가뭄 피해

④ 해수의 용해도 변화

· 해수 온도 상승 → 용해도 감소 → 용존 O₂ ↓, 대기중 CO₂ ↑

별의 색과 표면온도

복사 법칙: ① 빈의 변위 법칙

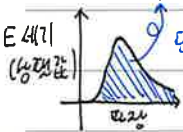
$$\lambda_{\max} \propto \frac{1}{T}$$

② 슈테판-볼츠 법칙

$$E \propto T^4$$

1) 피랑 -

$$E = \sigma T^4$$



가장 많은 양의 방출

E 세기 (절대값) $\Rightarrow S = \text{광도} \propto \text{겉보기 밝기}$
 \hookrightarrow 10pc 이내에만

별의 분광형

① 고온 O B A F G K M 러블

② A₀: 10000K / 색지수 0 / 백색 [* A₀ 주계열성 적색거성 (절대등급: 0 ~ 1) A \Rightarrow 선속상↑ (H₂)

③ 태양: G₂ (5800K) / 노란색 (V) \leftarrow 광도계급 (태양의 지수 +0.6)

④ 저온의 별의 속 흡수선 개수↑

⑤ 별 말 별의 대기 구성 성분은 대체로 비슷하다.

\hookrightarrow 별의 표면온도에 따라 기온화되는 정도가 다르다.

별의 밝기와 등급

(1) 광도 (L)

단위 시간당 별의 표면에서 방출되는 복사 에너지 양 (실제 밝기)

$$\text{공식: } L = 4\pi R^2 \cdot \sigma T^4$$

$$L \propto R^2 T^4$$

(2) 별의 등급 * 태양의 절대등급: +4.8

$$\text{겉보기 밝기 (l)} \propto \frac{\text{광도 (L)}}{\text{거리}^2 (r^2)}$$

절대등급: 실제 밝기 측정, 겉보기등급: 관측 밝기

(\hookrightarrow 10pc 겉보기등급)

절대등급 ↓ 광도 ↑ 등급이 5등급 차이 = 밝기가 100배 차이 (광도)

등급이 1등급 차이 = 밝기가 약 2.5배 차이 (광도)

- 거리지수 \Rightarrow (겉보기등급 - 절대등급) \propto 거리 (별) (r)

$$\hookrightarrow m - M = 5 \log r - 5$$

별이 크기

$$L \propto R^2 T^4$$

H-R도

(1) 주계열성

- 별의 일생중 약 90%.

- 표면온도 ↑ 수명 ↓

A0: 약 5억년, G₂(태양) 약 100억년

(2) 적색거성

- 반지름 ↑, 광도 ↑, 표면온도 ↓ * 태양절대등급 +4.8 (≈ 5.0)

- 평균밀도 ↓

(3) 초거성

- 광도 태양의 3만배 ~ 수백만배

- 거성보다 반지름 ↑, 평균밀도 ↓

(4) 백색왜성

- 표면온도 ↑, 반지름 ↓, 광도 ↓

⇒ 평균밀도 태양의 10만 ~ 100만배 정도

$$H-R도를 보면 L \propto R^2 T^4, R \propto \frac{\sqrt{L}}{T^2},$$

* 태양의 물리량

표면온도: 5800K (≈ 6000K), G₂

색: 노

수명: 약 100억년

현재나이: 약 50억년

절대등급: +4.8 (≈ 5.0)

광도등급: V (주계열성)

별의 탄생과 진화

(1) 원시별 형성과정

1) 저온 고밀도의 성운이 중력수축 (압축성운) → 주요에너지원 중력수축 E 이다.

2) 내부의 밀도, 온도 압력증가 ⇒ 원시별 형성

(2) 수소 핵융합 반응 (주계열성의 에너지원)

수소핵융합이 되기 위해서는 별의 중심부 온도가 1000만 K 이상 이 되어야한다.

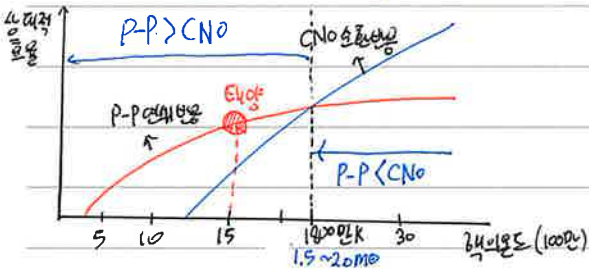
1) 수소 핵융합 반응의 종류

P-P 연쇄반응 (양성자-양성자 연쇄반응)

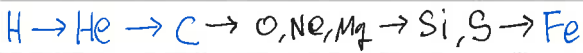
CNO 순환반응 (탄-질소-산소 순환반응)

중심부 온도 1800만 K 이하 별의 질량 $1.5M_{\odot} \sim 2.0M_{\odot}$

중심부 온도 1800만 K 이상 $1.5M_{\odot} \sim 2.0M_{\odot}$ (별의 질량)



(2) 더 무거운 원소의 핵융합 반응

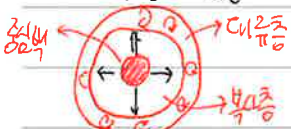


더 높은 온도

(3) 주계열성 내부구조

태양정도 질량

질량이 태양의 2 배 이상



PP반응우세

CNO반응우세

심화학습

태양의 수명계산 $E = \Delta m C^2$

$\Delta m = \text{중심핵의 질량} \times 0.7\%$

별의 진화



(1) 원시별 : 중력 > 기압,

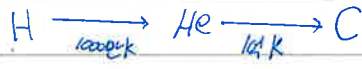
원시별 \rightarrow 주계열성 : 질량이 작을수록 과정이 오래걸린다. H-R도에서 질량이 작을수록 수직방향으로 이동하여 주계열성이 된다 즉 절미등급 변화량이 높고 표면온도의 변화량이 낮다.

(2) 주계열성 : 정역학적 평형*, 안정적 상태유지

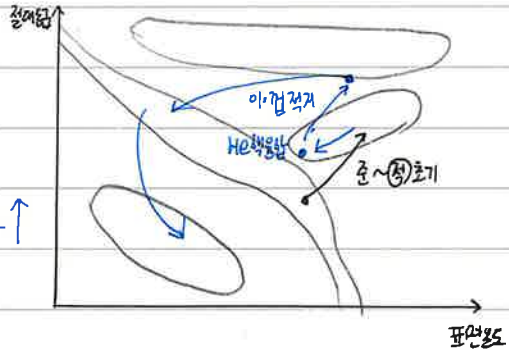
주계열성 수명 $\propto \frac{M}{L} \rightarrow \pm \propto \frac{1}{M^{2.5}}$

(3) 태양 정도의 별 ($M < 8 M_{\odot}$)

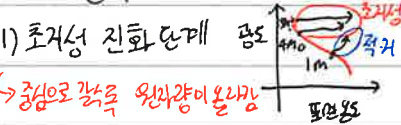
1) 적색거성 단계 : 중심핵의 온도 \uparrow , 표면온도 \downarrow , 반지름 \uparrow , 광도 \uparrow



2) 백색왜성과 행성상 성운
 \rightarrow 주로 탄소야머질



(4) 태양 질량의 8배이상의 별



2) 초신성 폭발과 중성자별 및 블랙홀

- 초신성 폭발시 철보다 무거운 원소들이 만들어 진다*

초신성 폭발	중성자별	평균밀도 : 백 < 중 < 별
	블랙홀	평균 r : 백 > 중 > 별

• 별의 초기 질량으로 인한 변화

- $M \ll 8 M_{\odot}$ (태양 정도 질량) \rightarrow 백색왜성
- $8 M_{\odot} \lesssim M < 25 M_{\odot} \rightarrow$ 중성자별
- $25 M_{\odot} < M \rightarrow$ 블랙홀

• 별의 중심핵의 질량으로 인한 변화

- $M_{\text{중심핵}} < 1.4 M_{\odot} \rightarrow$ 백색왜성
- $1.4 M_{\odot} < M_{\text{중심핵}} < 3 M_{\odot} \rightarrow$ 중성자별
- $3 M_{\odot} < M_{\text{중심핵}} \rightarrow$ 블랙홀

외계 행성계와 외계 생명체 탐사

DATE: _____

NO. _____

1. 외계 생명계 : 태양계 밖에 존재하며 별 주위를 공전하는 행성들의 디루는 계

2. 외계행성 : 태양이 아닌 다른 별 주위를 공전하는 행성

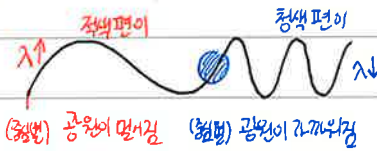
(1) 도플러 효과 (시선 속도 변화 이용)



$$|V_{\text{시선}}| = V_{\text{공전}} \times \cos \theta \quad (\theta \downarrow \rightarrow V_{\text{시선}} \uparrow)$$

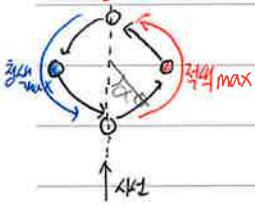
$$|V_{\text{시선}}| = V_{\text{공전}} \sin \alpha$$

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



(정면) 공원이 멀어짐 (좌변) 공원이 가까워짐

* $V_{\text{시선}} = c \times \frac{\Delta \lambda}{\lambda_0}$ 시선속도의 크기가 클수록 파장의 변화(도플러 효과)가 크다



(2) 탐사에 유리한 조건

행성 $m \uparrow$, 별-행성거리 \downarrow , 중심별 $V_{\text{공전}} \uparrow$

\Rightarrow 도플러 효과가 크게 나타남

(3) 한계점

행성의 공전 궤도면이 관측자의 시선 방향과 수직일때 이용할 수 X

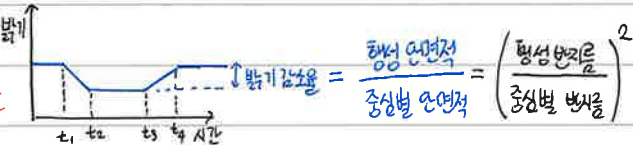
(1) 식현상

행성의 공전 궤도면이 관측자의 시선방향과 수직일때 행성이 별의 앞 면 통과하여 별의 밝기 감소하는 현상

(2) 식현상이용 외계행성

중심별을 관측할때 주기적인 밝기 변화가 나타나면 행성의 존재 파악

\rightarrow 밝기 변화 주기를 통해 공전기를 알 수 있다.



① 행성의 반지름이 증가하는 경우 식현상이 일어난

시간이 증가하고 $(t_3 - t_2)$ 의 간격이 줄어든다

또한 밝기 감소율이 증가한다.

② 행성의 반지름이 증가하는 경우 수변율이 일어난

시간이 증가하고 $(t_3 - t_2)$ 의 간격이 늘어난다. 밝기 감소율은 감소한다.

③ 공전 궤도면의 기울기가 증가하는 경우 식현상이 일어난

시간이 감소하고 $(t_3 - t_2)$ 의 간격이 줄어든다.

(3) 탐사에 유리한 조건

① 행성의 반지름이 클수록 주기가 짧아져 탐사에 유리하다 (밝기 감소율 반지름 제곱)

② 공전 궤도 반지름이 작을수록 주기가 짧아져 탐사에 유리하다

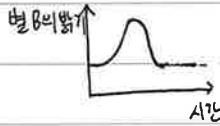
③ 행성의 예를 통과하는 별빛은 스펙트럼 분석에 행성의 대기 성분 알아볼 수 있다.

* 오기내

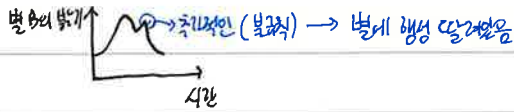
공전 궤도 반지름 리어는 단면적 영향 X

미세광력 렌즈 현상

두 별이 같은 시선방향에 있을 때 뒤쪽 별에서 오는 빛이 앞쪽의 별에 의해 미세하게 굴절되어 밝기가 증가하는 현상



→ 밝기가 밝기



1) 특징 및 탐사에 유리한 조건

- ① 시선방향과 공전궤도면이 이루는 각도에 상관없이 측정가능
- ② 공전궤도 반경이 큰 행성과 질량비 작은 행성을 탐사할 때 상대적으로 유리함.
- ③ 공전궤도 반경이 크면 별에 의한 중력렌즈 효과와 행성에 의한 효과를 구별하기 쉬워 유리함.

2) 한계점

주기적인 관측이 불가능 (우연한 순간 포착)

직접 촬영법

- ① 적외선 영역 관측 유리
- ② 지구거리 기끼물수록 유리
- ③ 대기섭란 스펙트럼 분석

1) 관제점

공전궤도 반경이 너무 작으면 관측 어려움

외계 생명체 탐사

1) 행성조건

- ① 액체 상태의 물 → 생명가능치대에 위치할 것

1: 비열이 높음 (= 열 저장능력 ↑)

2: 용해

② 적절한 두께의 대기

• 온실효과 → 온실효과가 적당히 존재해, 생명체가 살기 적당한 온도를 유지하고 일교차 ↓

③ 자기장

• 자기장이 존재하여 우주에서 오는 고에너지 입자 (우주선, 태양풍 등) 막아줌

생명가능시대

① 별의 주변에서 물이 액체상태로 존재할 수 있는 거의 범위

② 중심 별의 광도가 클수록 생명가능시대는 중심 별로부터 멀어지고 폭이 넓어진다.

생명가능 시대 범위, α 생명가능 지대 무지 $\alpha \perp$

③ 생명가능시대에 행성이 있더라도 중심 별의 광도가 너무 크거나 너무 작으면 생명체 존재가능성↓

- 광도 너무 큼 → 수명이 낮아 생명체 진화시간 짧음 → 자전주기 = 공전주기
- 광도 너무 작음 → 중심 별과 너무 가까워서 행성이 동결되어 밤낮이 변하지 않음, 생명체 적응 어려움

*실화학습

이웃별과 행성의 단위면적에 도달하는 복사에너지 양 (F)

$$F \propto \frac{L}{d^2}$$

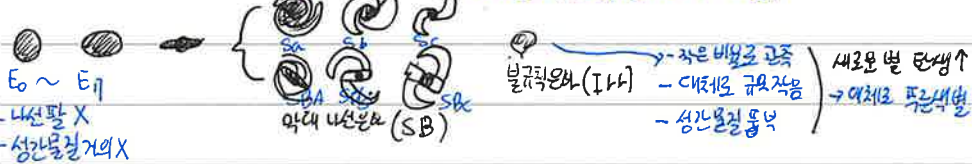
평균 표면 T 영양요인
↑ 거리 (중심 별로부터)

* 1AU : 지구 - 태양 거리

외부 은하와 허블 법칙

이러한 은하들

상상 나선 은하 (S) ← 나선 팔 길수록, 은하핵 상대 크기 ↑ (비율)



→ 새로운 별 탄생↑

* 나선 은하의 특징

중요·팽 : 성간물질 적음, 대체로 늙은 별, 대체로 붉음
 나선 팔 : 성간물질 많음, 대체로 어린 별, 대체로 푸름

→ 대체로 이리
→ 대체로 붉은 별 형성

(2) 나선 은하

- 막대 : 중앙 팽대부 막대, 막대 구조 끝 나선 팔 나옴
- 정상 : 중앙 팽대부 둥글, 은하핵에서 나선 팔 직접 나옴

우리 은하 = 막대 나선 은하 (SBb ~ SBc), 안드로메다 은하 = 정상 나선 은하

(3) 은하의 진화와 허블 은하

은하 분류 체계는 은하의 진화나선 상 관련

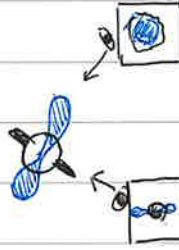
특이 은하 (서브 은하 체계 구분 어려움)

(1) 전파 은하

↳ 주변으로 전파 방출 (저온, 코어, 은하핵)

핵을 중심으로 두고 양쪽으로 "코어"라는 돌출부가 대칭을 이루고

강력한 물질의 흐름이 "제트"로 핵과 연결되어 있다



핵이 뚜렷한 전파 에너지를 관측

핵의 양쪽에 제트로 연결된 코어가 나타나는 전파 은하로 관측

(2) 세이퍼드 은하

↳ 대변별 나선 은하 형태 관찰

은하핵이 뚜렷히 밝고 넓은 방출선을 보인다

↳ 은하핵 광도 ↑ 은하 전체 광도 ↑

(3) 퀘이사 (30쌍)

1) 별처럼 보임 → 매우 멀리 있음

2) 매우 큰 적색 편이 → 매우 멀리 있음

초기 우주의 천체

"적광 은하"

일반 은하

퀘이사 X → 중심 은하 광도 세이퍼드 은하 큼

$C \propto H_0 \times$ 거리

(4) 특이 은하의 공통점

- ① 일반 은하에 비해 거의 모든 천체적 영역에서 폭발적인 복사와 방출
- ② 일반 은하 대비 밝은 은하핵과 강한 전파 또는 X선
- ③ 일반적으로 뚜렷한 방출선
- ④ 제트
- ⑤ 넓은 방출선

중동 은하

↳ 나선 은하가 붕괴, 병합되어 거대한 허블 은하를 만든다.

1) 은하들이 충돌할 때 별과 별이 충돌하지는 않는다. 은 상간 물질 압축으로 인해 많은 별이 생성된다.

허블법칙

(1) 외부 은하의 후퇴속도

⇒ 대부분의 외부 은하 적색편이

(2) 외부 은하 후퇴속도 (도플러 관계식)

$$v_{\text{후퇴}} = c \times \left\{ \frac{\Delta\lambda}{\lambda_0} = z (\text{적색편이}) \right\}$$

$$= cz$$

$$\text{거리} \propto z \propto v \uparrow$$

- 거리가 먼 은하일수록 후퇴속도가 빠르다

(3) 허블법칙과 우주팽창

1) $v_{\text{후퇴}} = H \cdot r$

2) 우주팽창

$$v \propto \text{거리}$$

허블법칙

① 외부 은하에서 적색편이가 나타나는 이유는

은하와 은하 사이의 공간이 팽창하여 은하 사이의 거리가 멀어지기 때문

② 팽창하는 우주에는 중심이 없다

3) 우주의 나이

$$= \frac{1}{H} \text{ (허블 상수의 역수)}$$

⇒ 약 138억년

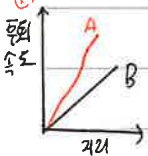
4) 관측가능한 우주의 크기

$$r(\text{우주 크기}) = \frac{c}{H}$$

① 관측가능한 우주의 크기는 빛의 속도로 멀어지는 은하까지의 거리의 해당

② 관측가능한 우주 범위를 시간의 흐름에 따라 광속으로 커진다

* 심화학습

우주의 팽창 속도 $A > B$

③ 도플러 관계식 심화

$$z = \frac{\Delta\lambda}{\lambda_0} \rightarrow z+1 = \frac{\lambda_1 + \Delta\lambda}{\lambda_0} \rightarrow \text{관측 파장}$$

$$\text{관측 파장} = \text{고유 파장} \times (z+1)$$

$$cz = Hr \quad v_{\text{후퇴}} = Hr = cz$$

$$v_{\text{후퇴}} \propto r \propto z \propto \Delta\lambda$$

② 도플러 효과 적색편이

2) 우주론적 적색편이

$$v_{\text{후퇴}} = c \times \frac{\Delta\lambda}{\lambda_0}$$

⇒ 빛이 진행하는 거리 커질수록 파장이 길어져 적색편이가 크게 나타남

↳ 우주의 팽창으로 인한



정성적 우주론 대폭발(빅뱅) 우주론 (연속 팽창설)

→ 우주가 팽창함에 따라 → 고밀도의 상태에서 대폭발과 시작하여 현재 상태 됨

질량	증가	일정
밀도	감소	감소
온도	일정	감소

(1) 대폭발 우주론 증거

① 우주를 구성하는 수소와 헬륨의 질량비가 3:1 일것이다.

② 우주배경 복사가 발견

수소 - 헬륨 질량비

초기 : 양성자 : 중성자 = 7 : 1

빅뱅 후 3분 - 핵 합성 종료

H 원자핵 He 원자핵 * 성간 물질

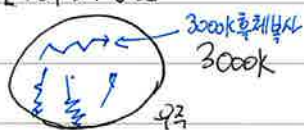
개수비 12 : 1

질량비 12 : 4 = 3 : 1

$\begin{cases} H: 74\% \\ He: 24\% \\ \text{그외 } 2\% \end{cases}$

(2) 우주배경 복사

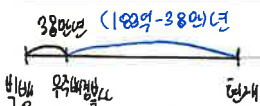
[빅뱅 후 38만년] → [현재]



파장 ↑, $\lambda_{max} \uparrow \propto \frac{1}{T} \downarrow$
전파 (마이크로파) 기록

* 우주배경 복사는 우주의 모든곳에서 모든방향으로 강하게 방출되었음.

* 현재 우리에게 관측되는 우주배경복사



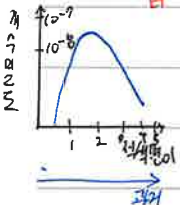
* 심화기를 핵심

$$V = Hr = Cz = c \times \frac{\Delta\lambda}{\lambda_0}$$

$$V_{후퇴} \propto r(\text{거리}) \propto z \left(\frac{\Delta\lambda}{\lambda_0} \right)$$

* 심화 학습

대폭발 이론 증거 ⇒ 쿼크 시대 개수 밀도



대폭발 우주론의 한계

1) 우주의 팽창성 문제 (지평선 문제)

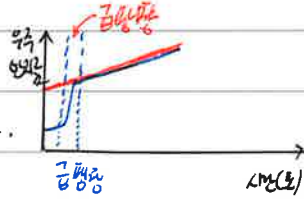
2) 평탄성 문제

- 우주는 기하학적으로 거의 완벽하게 평탄하다 (곡률 0)

3) 초기특이점 문제

급팽창 이론 (인플레이션 이론)

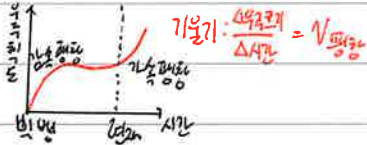
- 1) 급팽창 이전의 우주의 크기는 우주의 지평선보다 작았다.
- 2) 빅뱅후 $10^{-36} \sim 10^{-32}$ 초 사이에 빛보다 빠르게 팽창한 시간이 있었다.
- 3) 그결과, 급팽창 이후의 우주의 크기는 우주의 지평선보다 커졌다.



가속팽창 우주

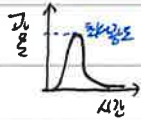
1) 우주의 가속팽창

우주 사이의 거리는 앞의 크기 (변하지 않음) →

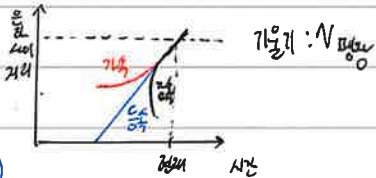


2) Ia형 초신성 관측

Ia형 초신성은 최대 밝기의 일정하다



(절대 - 점) \propto 거리



우주 사이의 거리 (증가함)

가속 > 등속 > 감속

암흑 물질

(1) 보통물질

→ 전자기파로 관측가능

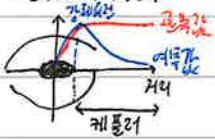
(2) 암흑물질

→ 전자기파로 관측 X, 질량이 있어 중력적인 영향은 통해 존재 확인

(3) 암흑물질 존재 측정영상

- 1) 강체 회전 2) 케플러 회전

① 나선은하의 회전속도 곡선



암흑물질 은하 외각부는
감속률 증가한다

② 중력렌즈영상

(4) 암흑물질의 특징

- 전자기파 관측 X • 우주에 불균형하게 존재
- 질량이 있어서 중력 렌즈 • 양은 일정한 비율이고 밀도는 우주 팽창에 의해 감소한다.

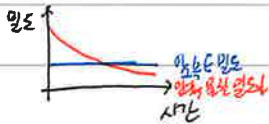
암흑 에너지

(1) 우주의 팽창속도가 높고 허블의 법칙, 공간 자체에서 나오는 에너지

- 전자기파 관측 X • 우주에 균일하게 분포
- 질량이 없음 • 양은 시간이 지남에 따라 증가하고 밀도는 일정하다.

우주의 구성요소

→ $\frac{\text{보통물질} + \text{암흑물질} + \text{암흑에너지}}{\text{물질(질량)이} \text{ 포함}} \times 100\%$



표준우주 모형

(1) 우주의 구성

- 암흑 에너지 68% • 시간이 지남에 따라 암흑 에너지 비율 ↑
- 암흑물질 27% • 암흑물질, 보통물질 비율 ↓
- 보통물질 5%