

01. 판구조론의 정립과정

판게아 형성 \rightarrow 분리 이동
 (고생대말) (중생대 초기에서 중기쯤 분리)

- 대서양은 고생대때 존재하지 않았음
 중생대에 만들어지기 시작했다.

베게너
 해양선과 지질구조

- 연속 되는 산맥의 양쪽의 유사성이 발견
 \rightarrow 판게아 형성 당시 산맥도 만들어지고 찢어짐

화석분포

- 폭넓게 나타나지 않고, 바다를 이동할 수 있는 능력 X 생물

\rightarrow but, 고생대의 생물이어야 증명 가능

ex) 메소사우르스, 글로코프테리스
 (파충류) (양치식물-육상식물)

\hookrightarrow 하지만 공룡은 아님!

빙하의 흔적

- 대륙위에 얹혀있는 얼음을 빙하 (축음)

북반구는 그린란드, 남반구는 앙투어우

\rightarrow 고위도 지대 or 고산지대에 분포한다.

cf) 빙하기

전체 면적이 빙하로 뒤덮인 것이 아니라,

빙하의 면적분포가 증가한 것이다.

\rightarrow 빙퇴석이나 빙하의 흔적이 남게 됨.

\rightarrow 인도에 빙하의 흔적이 나오지만,

인도라 비슷한 위도대의 지역은 반경도지 X
 (고생대의 흔적이어야 함) 인도 이동 알려줌.

베게너는 대륙이동의 원동력을 인정받지 못함.

흐스: 맨틀 대류설

에너지원: 방사성 붕괴가 분리하는 열

동위

\rightarrow 지구 중심부가 아주 고온이므로, 맨틀이 상승하는 기류가 있을 것이다.

당시 기술이 부족해서 잘 인정받지 못했다.

cf) 방사성 동위원소

질량값이 다른 원소.

\rightarrow 이 중 불안정한 동위원소 방사선 \leftarrow 방사성

\rightarrow 추후에 관측되었으므로

판구조론 정립에 중요한 역할

해양지 확장설

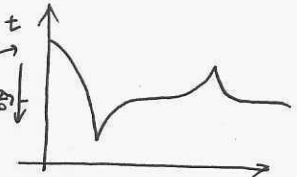
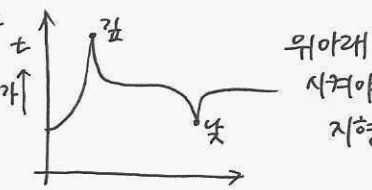
- 실제 해저지형 수심 측정 가능해짐

- 바다속 속도는 1900m/s 이다.

cf) 음향측심법

초음파를 사용

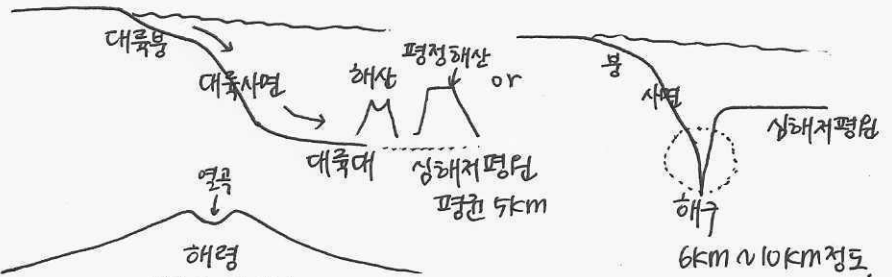
$수심 = v \times t \times \frac{1}{2}$ 수심 $\propto t$



실제 해저지형을 나타낸 것.

cf) 전체 지구 바다> 육지 바다의 대부분이 심해저

해저지형



해령 바다속 산맥이 이어져 있음 - 길이 \uparrow

- 길게 이어진 산맥 가운데에 V자형 열곡

ex) 대서양 중앙해령 동태평양 해령

1962 헤스와 디즈

퇴적물이 증가 / 2것도 대칭



* 퇴적물의 최상층은 비교 X 동시대임. 최하층은 다를 수 있음.

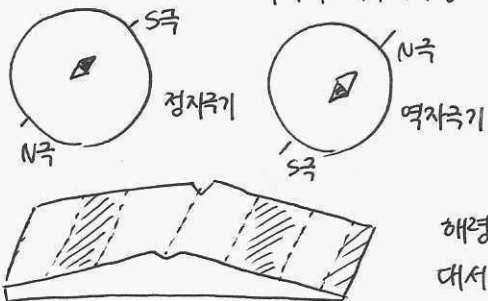
퇴적물의 두께 \propto 퇴적물의 연령

\uparrow 연령 \propto 두께

\leftarrow 거리 지역마다 해양지 확장속도가 다름. 5cm/년 정도 이동이 평균

1963 고지자기 대칭 줄무늬

역전 과거의 지구자기장: 고지자기



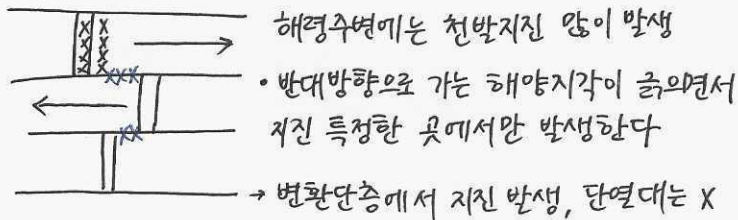
• 주기는 대략 25-30 만년 정도

• 암석속에 남아 있음.

\rightarrow 자성광물이 마그마 상태에서 방향 띠며 배열된다.

해령은 현무암질 암석. 해양지각이 형성 대서양 연령은 연안보면 됨 (고지자기)

연곡과 변환단층의 발견



섭입대에서의 지각변동

subduction



- 잔원깊이 - 70km 천발
- 300km 중반
- ~ km 심반

해구가 있는 곳은

천발 → 중반 → 심반

“잔원의 깊이가 만큼 해양지각이 파고 들고 있다 정도로 생각”

(cf) 지도상에서 잔원이 표시됨.

* 섭입하다 보면 맨틀로 변함.

(cf) 베니오프 지진대라고 불림.

지각은 소멸하게 된다, 섭입하는 판의 기울기도 판만

- 해양지각은 해구에서 소멸되기 때문에 연령이 1억 8천년 이상은 없다.
- 대서양은 해구가 거의 X, 생성된게 중생대라서 연령 ↓ 태평양은 해구가 수 (마리아나, 페루칠레, 일본 해구...)

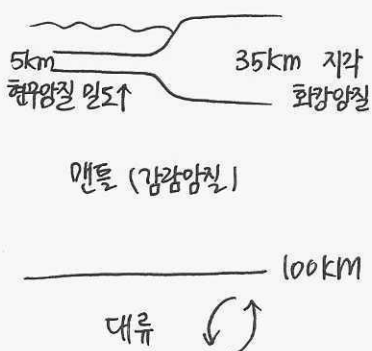
사실 대륙사면의 경사는 10°도 안되는 완만한 지형
자로는 수평규모에 비해 수직규모가 많이 과장된 그래프

cf) 열/에너지를 전달하는 방법

- ① 복사 전자기파 매질 없이 전달하는 방법
- ② 전도 고체 매질 통해 열을 전달하는 방법
- ③ 대류 액체나 기체 입자들 통해 열을 전달하는 방법

판구조론의 정립 1968

지각과 맨틀



밀도는 항상 해양 > 대륙

판: 지각과 최상부 맨틀
해양판 밀도 > 대륙판 밀도
100km ~ 400km
연약권 부분용융 + 유동성 + 대류

- 맨틀은 많은 물질의 혼합물 → 다 용융점이 달라서 녹은 것도 있고, 안 녹은 것도 있는게 부분용융 상태이다.

판의 경계

- 발산형 경계 - 맨틀 대류가 상승해서 올라오는 지점. 어떤 지각이 벌어져도 생성되는건 해양지각
- 수렴형 경계 - 맨틀 대류가 하강하는 지점
- 보존형 경계 - 생성과 소멸이 없음.

① 발산형 경계 Divergent Boundaries

- 맨틀 대류가 상승하는 지역
- 해령과 열곡, 천발지진만, 현무암질 마그마 화산활동 밀도가 커지면 연약권보다 밀도가 커지기도 한다. → 섭입

② 수렴형 경계 subduction Boundaries

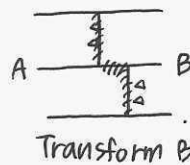
- 1) 충돌대 이미 해양-대륙 섭입하고 나서 이제 해양-해양 대-대 충돌
- 2) 섭입대



- 천발·중반·심반지진 / 화산 X
- 해구 지형은 항상 대-해면 승곡산맥 → 안데스 안산암질 (안데사이트) ↑

안산암선 - 태평양 해구가 가장 사리에 안산암 ↑
해-해 : 호상연도 (부채꼴 호 모양), 해구 대-해에서 호상연도 만들어 질수도 있음

③ 보존형 경계 대부분의 변환단층은 물속에 잠겨 있음



but, 샌프란시스코 / LA 가로지르는 산안드레아스 단층 → 육지 천발지진, 마그마 생성 자체가 X

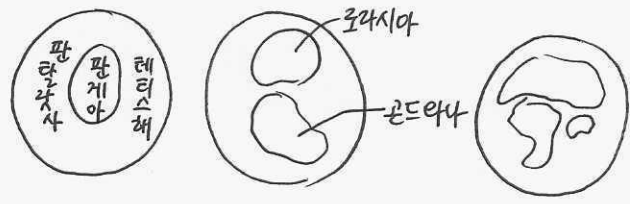
세계 주요판의 경계도 주목

- 고지자기 슬루브가 대칭이 아닐수도 ⇒ 해령 등서 속도 다름



판게아 이전의 초대륙

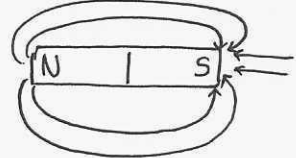
- 로디아 11억년 전 (판게아 전)
- 초대륙 형성 3억-5억 주기
- 대서양은 1억 5천만년 전쯤 찢어지기 시작해서
- 해구가 없으므로 나이 가장 많은 것이 1억 5천만살



→ 애팔래치아와 칼레도니아 산맥
고생대말 판게아 생성되고, 중생대에 판게아 분리, 신생대에 히말라야산맥 시작이 가장 중요

• 고지자기 복각 → 암석 생성 당시의 위도를 알 수 있다.

지구 자기장 - 자기력이 작용하는 공간



지구도 하나의 커다란 자석이 있는 것 같이 자기장 존재한다.

지구 자기장의 다이너모 이론

외핵의 금속원소들이 열대류하여 생성되는 것이 자기장
지리상 북극과 자기장 북극은 일치하지 않는다.
자북은 S극 성분을 띄고 있는 것이다.

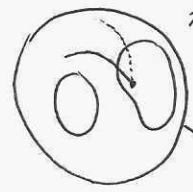
지자기 역전 → 지구의 N극, S극이 바뀌게 됨.

수평면과 이루는 각

- 북반구 (+) 자기북극 90°
- 자기적도 0°
- 남반구 (-) 자기남극 -90°



- 암석 속 자성광물
온도가 너무 높아지면 자성을 잃었다가, 어느 온도 이하가 되면 다시 자성이 생김
- 암석 속에 남아있는 흔적을 잔류자기라고 한다.
→ 현재의 복각이 아니라, 생성 당시 지역의 위도에서 결정
→ 과거의 수륙분포를 찾는 지표라고 할 수 있음.



지구의 자북극이 두개일 수는 없다.
→ 수륙분포가 지금 같지 않았다.
→ 자극의 겹보기 이동이라고도 한다.
자북극은 진북에서 2중계 크게는 변화 X

인도대륙의 복각 변화

고 → 저 → 고 위도 이동

-49° → 현재 30° 정도 남 (적도) 북 속도 구할 수도 있음.

인도대륙의 이동으로 인해 높은 산맥에서 암모나이트 화석 발견

2020 지리 0620

고지자기 줄무늬가 해령을 축으로 대칭인 것은, 판의 이동 속도 즉 확장 속도가 같다는 뜻이다. → 해령 이동과 관련

* 편각

수평방향에 대한 기준

진북을 기준으로 삼고, 그것에 대해 자북극이 틀어짐 정도 나타낸다.
동편각과 서편각이 있음 위치에 따라 편각은 달라질 것이다.
cf) 180° 가깝게 틀어지면 고지자기 역전 가능성 ↑

• 연약권 100km - 400km

지진파의 저속도 층이 존재한다 → 고체가 아니라 부분 용융 상태
깊이에 따른 온도차이로 대류가 일어나며, 판 이동의 원동력이다.

cf) 상부 맨틀 암석권 일부 맨틀과 연약권 정도까지만!

• 판 이동의 원동력

(판의 경계의 위치는 항상 고정되어 있는 것은 아니다)

- 1) 해령에서 멀어올리는 힘 cf) 해양판 생성 1500만년 후
- 2) 섭입하는 판이 잡아당기는 힘 해양판의 밀도는 연약권보다 크다.

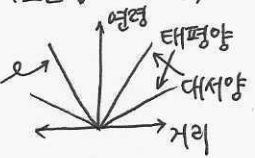
cf) 대서양은 해구가 없고 해령만 있음

밀어주는 힘만 / 잡아당기는 힘 X

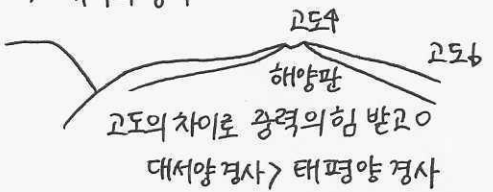
→ 그래서 태평양의 해령 새로운 지각 생성 속도가 대서양보다 ↑

→ 북아메리카판의 이동 속도는 ↓ 태평양, 필리핀판 이동 속도 ↑

확장 속도 ∝ $\frac{1}{기울기}$



3) 해저의 경사 √ 영향이 미미하다...



4) 맨틀 대류가 판을 싣고 가는 힘

* 해양판의 경사는 해령의 확장 속도에도 영향

03. 플룸구조론

ploom 기둥

상부맨틀에서 판의 움직임

지진파 연구 통해서, 뜨.차 플룸 존재 알게됨

+ 동아프리카 거대 플룸

지진파의 속도가 느린 것은 온도가 빠르다 이야기

높다.

거대한 플룸 상승류

· 아프리카 판 (동아프리카 열곡대)

· 남태평양 판

· 대서양 중앙 해령 (아이슬란드)

차이 플룸이 하강하는 것이 뜨거운 플룸 상승의

원동력이라는 이론도 있음.

열점은 판의 경계와는 무관하다.

+ 열점의 위치는 고정되어 있다.

근원이 외핵과 맨틀의 경계라서 이동하지 않음.

화산섬의 나이와, 열점으로부터의 거리를 알면,

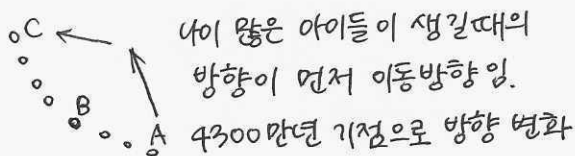
그 판의 이동방향과 이동속도를 알수 있다.

연령이 가장 작은 곳 아래에 열점이 위치한다.

일렬로 줄지은 섬들

호상열도 모든 곳에서 화산활동 가능

화산열도 열점 아래서만 화산활동 가능



하와이의 킬라우에아 화산,

제주도, 울릉도, 독도도 열점 분출에 의해 생성



04. 화성암

심성암 - 마그마가 냉각해서
 화산암 - 마그마가 분출해서 가스가 빠져나
 화산암 - 가스때문에 부력으로 간 것이 용암 → 화산암

화산암은 냉각속도 ↑ 결정크기가 작다 세립질 현 안 유
 ↓ SiO₂ ↑
 심성암은 냉각속도 ↓ 결정크기가 크다 조립질 반 심 화
 52% 63%
 유색 무색

→ 고체결정을 가지고 있는 물질이 광물이다.

SiO₂는 지각, 맨틀을 구성하는 가장 많은 물질

SiO₂ ↓ 금속원소 ↑ 암석사체의 밀도가 크다.

현무암질 마그마 = 반려암질 마그마 → 성분조성이 같다.

· 염기성암과 산성암이라고 불림

↳ 고철질 암과 규장질 암석이라고도 불린다.

· 감람석, 휘석, 각섬석, 흑운모는 고철질 암에 포함 되어 있다.

· 화산암에서의 절리

→ 제주도의 주상 절리 (급격한 온도의 감소로 생성)

· 심성암에서의 절리

→ 설악산 울산 바위 판상 절리 (급격한 압력 감소로 생성)

우리나라의 화성암

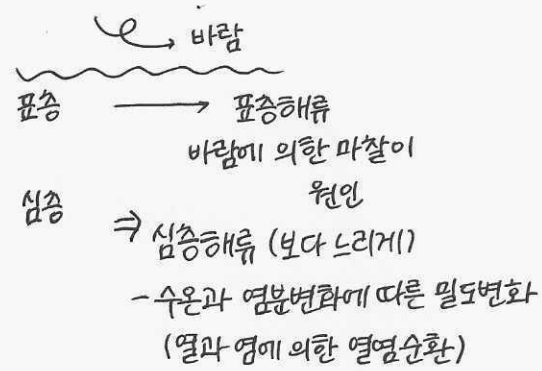
화산암: 신생대의 현무암이 가장 유명

① 한탄강 주상 절리 ② 제주도 ③ 강원도 철원 ①=③

심성암: 중생대 화강암이 가장 유명

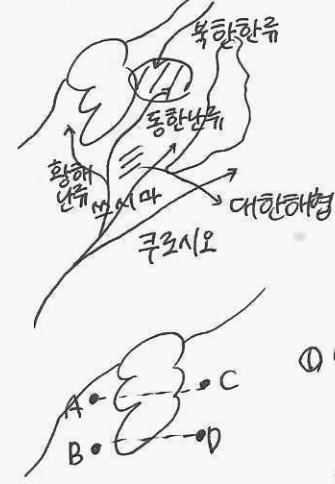
① 설악산 울산바위 ② 월출산 ③ 북한산

해수의 성질 → 해수의 표층순환



역할: ① 위도별 에너지의 불균형 해소
 ② 난류와 한류로 열 전달

우리나라 주변의 해류



조영수역

용존산소 ↑ 영양염류 ↑ 플랑크톤 ↑
 • 좋은어장 = 난류성 + 한류성 어종
 • 여름에는 북상, 겨울에는 남하.
 기존에 살던 해양생물이 영양염류의 공급원
 → 미생물에 의해 분해되어 사라짐.

① 남북간의 수온차이

황해 < 동해 (조영수역 형성)
 해수의 성질이 급격하게 차이가 날 수 있음.

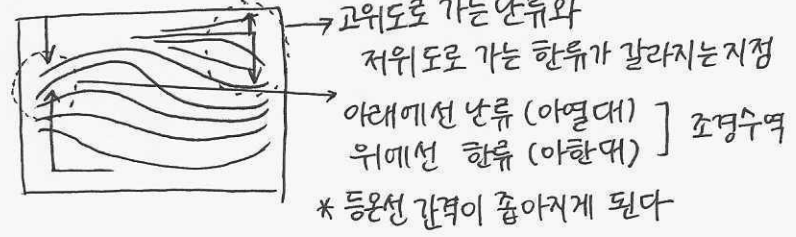
• 황해는 육지에서 흘러들어온 물이 많아 등수온선이 해안선과 나란

② 겨울철 표층수온

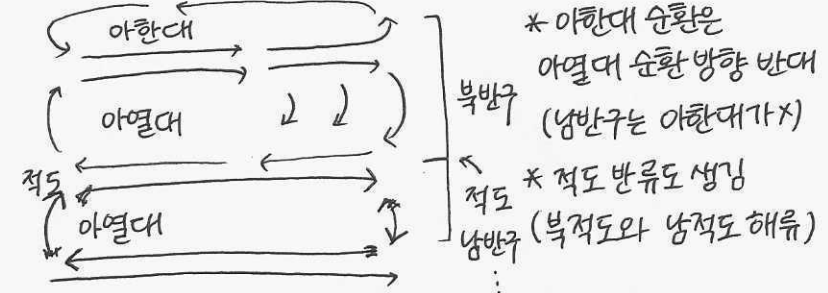
$B < D$ (동해) 황해는 대륙의 영향 ↑ 땅은 비열이 작음.
 * 동해는 황해보다 수온의 연교차가 작은 편이다. / 남해가 가장 ↓
 - 황해는 평균 44m, 남해 100m, 동해 1500~2000m

• 2017 지고 3월 16

등치선과 위도보다 난류와 한류의 파악!



교차서별 세용 + 수능특강

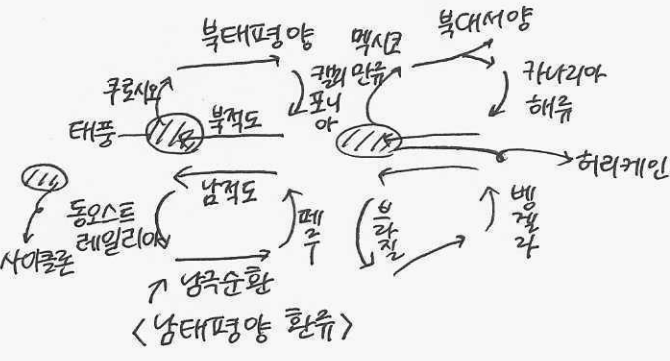


* 열대 순환 그리지 않았으나 적도반류 - 북적도 해류의 열대가 0
 - 서쪽 난류는 한번에 많은 양이 올라감, 동쪽은 분산되어서 덜함
 * 순환의 중심이 서쪽으로 치우쳐 있다. → 위도에 따라 전향력 차이
 (f) 전향력은 고위도가 가장 ↑ (f) 쿠로시오 해류는 폭 ↓ 유속 빠름

① 북적도 해류와 남적도 해류: 무역풍

② 북태평양 해류와 남극순환해류: 편서풍

* 남반구는 대륙이 적어서 한 해류로 직진 (부딪히는 건 갈라지기도 함 - 동오스트레일리아, 페루)
 * 북태평양, 남태평양이 이루는 순환 → 아열대 순환



난류 저위도 → 고위도 한류 고위도 → 난류 (저위도)
 수온과 염분 ↓
 ↓
 용존산소량 ↑

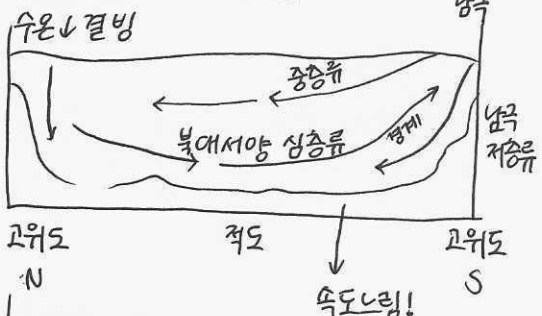
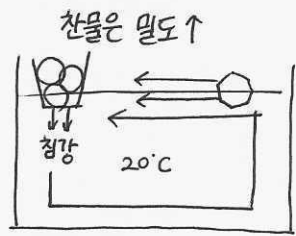
(f) 수온이 높아서 염분이 높은 것이 아니다. 염분은 날씨에 의해 더 영향이 많다.
 → 열대 (저위도)는 염분이 더 낮다.
 같은 위도에서 난류와 한류 비교시 염분의 양임.

* 강한 열대저기압의 발생빈도
 : 서태평양 > 동태평양

+ 해류에 의한 주변지역의 기후

난류의 영향으로 영국의 런던 (고위도), 레이카비크 > 뉴욕, 퀘벡
 * 뉴욕에서 멀리 떨어진 곳에서 멕시코 만류가 지나가게 된다.

해수의 심층순환



→ 수온 약층이 없음 - 침강이 잘 됨
 성질이 비슷한 물 덩어리 → 수괴 덩어리
 바람의 영향을 거의 받지 않아서 각자 갈 길

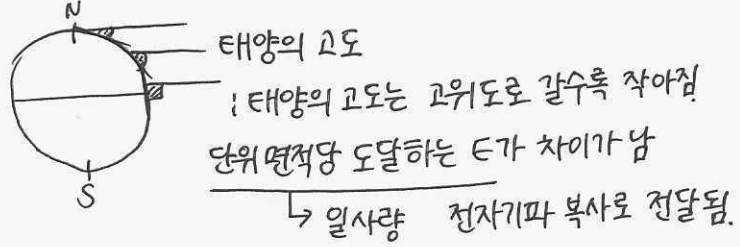
- ① 염분은 북대서양 심층수 > 남극 저층수
- ② 수온은 북대서양 심층수 < 남극 저층수 (역차압)

T-S도
 • 남극 저층수는 온도가 영하까지 내려가기도 하지만 염분 ↑ 알지 X
 • 등수온선, 염분 통해 심층순환의 경로 알아내게 됨.

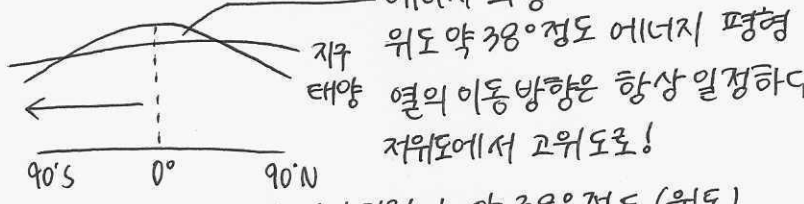


* 지구온난화와 심층순환
 북대서양 표층수온 ↑ → 빙하 녹아 → 담수 유입량 ↑
 → 염분이 ↓ → 밀도 ↓ → 침강 약해져 심층순환 X
 그렇다면 표층순환도 같이 멈추게 됨.
 → 위도에 따른 온도 차이가 크다 → 저위도: 온도 ↑ 고위도 온도 ↓

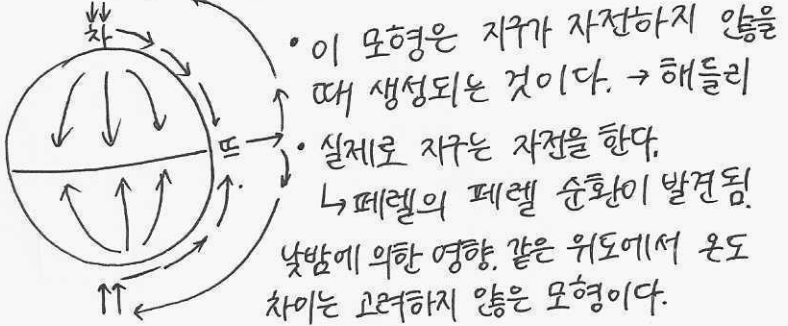
대기대순환



↓ 일사량 전자기파 복사로 전달됨.
 지구복사에너지가 방출되는 양도 저위도 > 고위도
 저위도는 E 흡수량 > E 방출량 고위도 E 방출량 > E 흡수량
 과잉에너지 → ↑ by 대기, 해수 순환
 대기과 에너지의 불균형 해소
 대기와 해수에 따른 순환
 → 위도에 따른 E의 불균형 때문에



- 에너지 이동량이 최대인 지점이 약 38° 정도 (위도)
- 에너지 이동량이 많다는 것은 E 흡수/방출 차이가 적다.

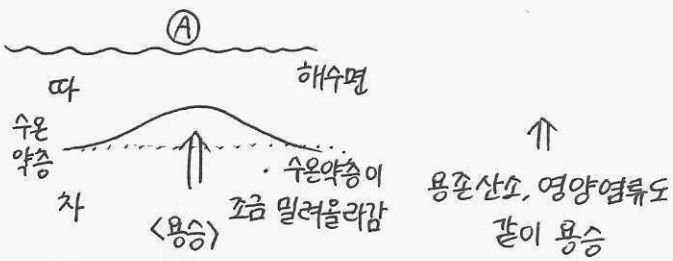


낮과 밤이 생기지 않는 모형은 지구가 자전을 하지 않을 때가 아니라 지구자전주기 = 공전주기 동주기 자전이다.

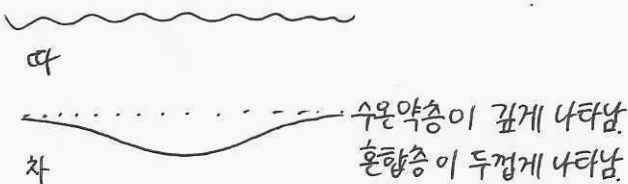
- 실제 지구의 자전 모형
 북반구는 전향력이 오른쪽, 남반구는 전향력이 왼쪽
 → 이것도 지구가 다 물로 덮여 있을 때를 가정한 거라 완전한 모형은 무역풍 아니다.
 • 남반구는 대칭적으로 고려하게 된다.
 * 해들리 - 페렐 - 극순환
 해들리와 극순환은 직접순환 & 열적순환

- ① 적도 지역 - 열대수렴 페렐 순환은 간접순환 & 역학적 순환
 상승기류 강해서 구름 ↑ 강수량 ↑ 증발량 - 강수량 < 0
- ② 중위도 고압대
 하강기류 - 날씨 제일 맑음 (온난고기압, 북태평양고기압)
- ③ 한대전선대
 저압대 증발량 - 강수량 < 0 하강기류 형성
- ④ 극 고압대

용승과 침강

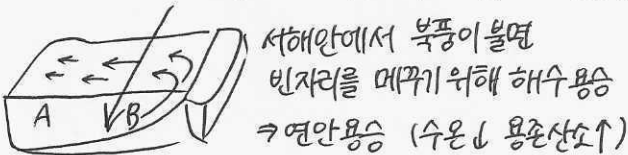
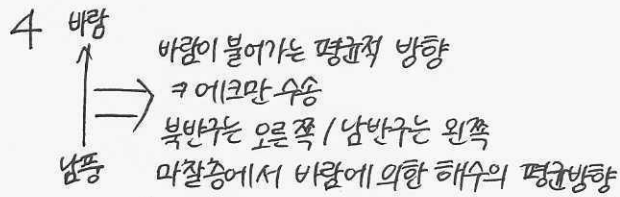


① 지역은 주변보다 수온이 낮을 것
 < 용존산소량과 영양염류가 많다.
 플랑크톤이 많아진다/영양소 농도↑
 → 좋은 어장이 형성된다 (용승 & 조영수역)

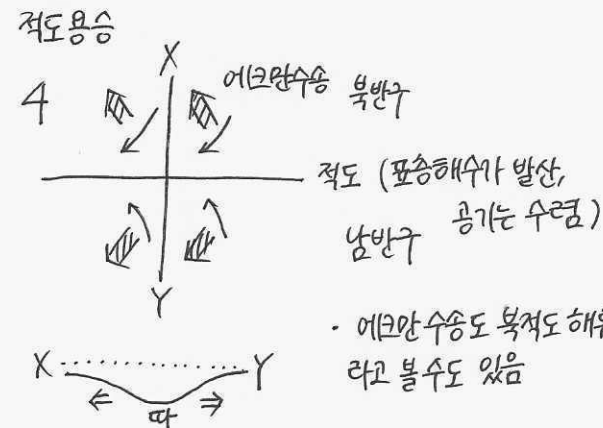


< 침강 >

바람에 의해 표층해수가 이동하게 되고, 이동한 표층수 보충하기 위해 심층에서 물이 올라오는 현상을 용승



- 수온약층의 깊이는 A가 B보다 깊다.
- 온도↓ 수증기 응결되어서 안개가 낄수도 있음.

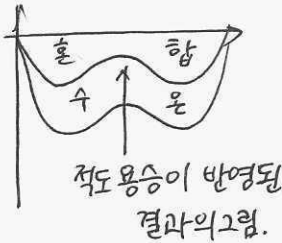


수온약층 차 * 캘리포니아 주변 30° 고기압 따라 북풍이 분다. → 연안 용승 일어남.

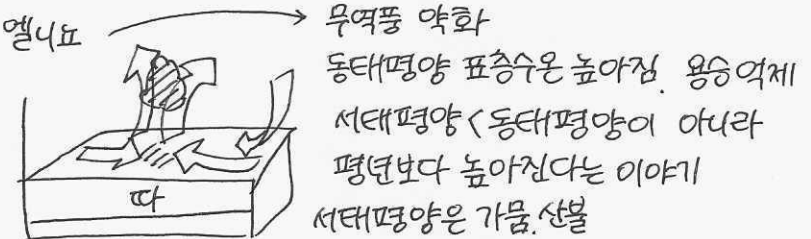
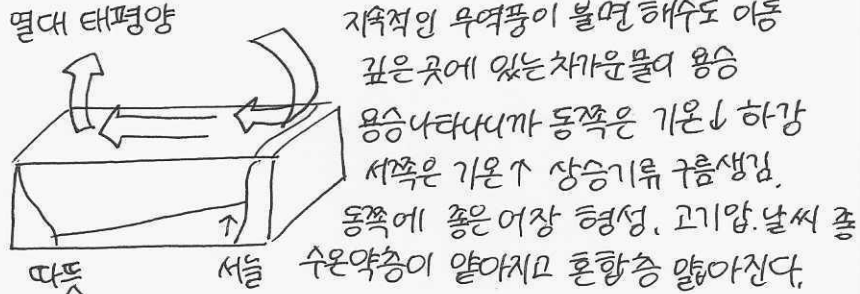
- ① 주요 용승 지역
1. 캘리포니아 연안 용승
 2. 적도 용승
 3. 페루 연안 용승
 4. 아프리카 서해안 용승



북반구의 겨울철 30°
 - 시베리아 고기압 발달 (바다에 원래 고기압↑)



• 엘니뇨와 라니냐



→ 대부분 동태평양과 서태평양 차이가 감소하는 방향
 < 1. 적도 반류의 열의 수송량이 좀 많아진 형태

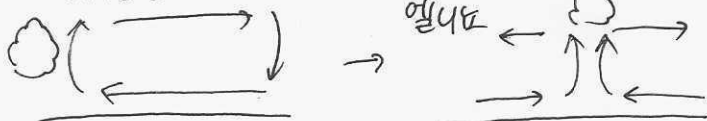
• 표층 수온 편차 (관측 - 평년 값)

* 혼합층 두께 (동태평양) 바람의 세기 (무역풍)

엘니뇨 < 라니냐 ↔ 엘니뇨 < 라니냐

직접적으로 영향을 미치는 것이 아니어서

* 워커 순환



남방진동

동태평양의 기압은 감소하게 되고, 서태평양은 기압 증가
 but, 서태평양 > 동태평양
 해수 흐름의 변화 → 수온 변화 → 기압 변화
 EL Niño and Southern Oscillation (ENSO) → 대기과 해양의 상호작용

* 남방진동지수 (남태평양 기압 - 서태평양 기압)

(지수가 < 0 남 < 서태평양 엘니뇨
 지수가 > 0 남 > 서태평양 라니냐)

• 이 현상이 이 지역만이 아닌 다른 지역에도 영향 → '원격상관'

기후변화의 자연적 요인 - 외적요인

- ① 태양활동의 변화
- ② 지구 자전축 경사각의 변화
- ③ 공전궤도 이심률의 변화
- ④ 세차운동

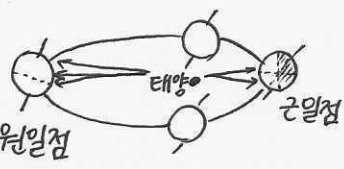
밀란코비치

① 태양활동의 변화

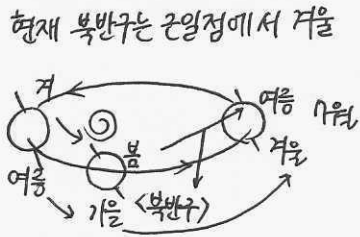
태양복사 E는 지구에 가장 큰 영향주는 에너지
 → 태양복사 E가 99% 정도
 태양흑점수의 변화주기: 11년 극대기, 극소기 (증감주기)

유난히 흑점이 없었던 시기 1650-1700
 : 소빙하기로 불릴 정도로 기온이 낮아졌었음
 흑점수의 감소 → 지구의 기온 감소
 태양 극대기 → 태양활동이 굉장히 활발

② 지구 자전축의 경사각 변화



계절: 자전축 경사 방향 보고 결정

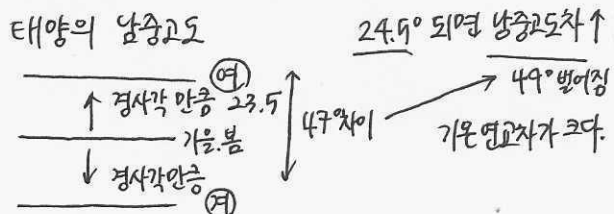


현재 북반구는 근일점에서 겨울
 북반구와 남반구는 달력은 같이 쓰지만 계절은 반대에 위치

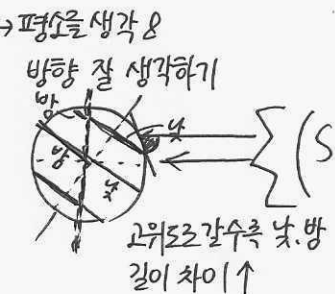
계절변화가 생긴 이유

→ 낮과 밤의 길이가 달라짐 / 태양의 방출고도 변화
 여름철 낮 > 밤 (고도↑) 겨울철 밤 > 낮 (고도↓)
 : 지구의 공전 + 지구 자전축 경사각 때문에 이렇게 됨.

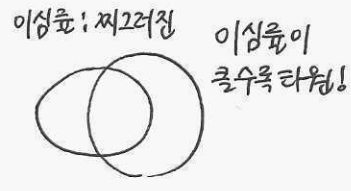
공전궤도면에 대해 지구의 자전축 경사각 → 66.5°



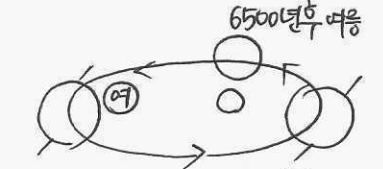
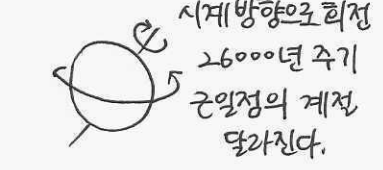
겨울 21.5° 밤의 길이 A < B
 여름 24.5° 밤의 길이 A > B



공전궤도 이심률의 변화

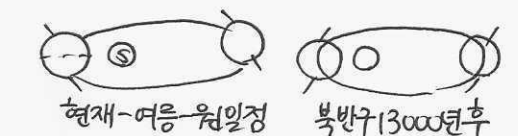
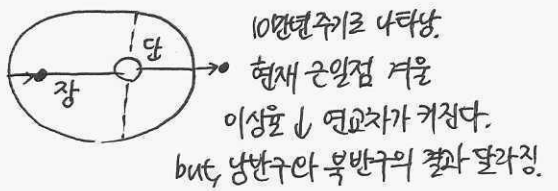


세차운동

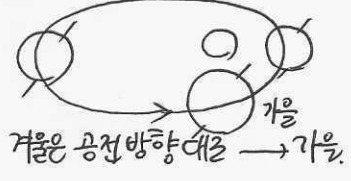


* 세차운동은 시계방향으로 나타나서 시계 방향으로 옮겨지게 됨!

but 이심률이 변해도 공전궤도의 장반경은 같다.



* 자전축 경사각 변하지 않으면 겨울-봄일점 방출고도차는 변하지 X
 (년동안 계절 변라타 6500년 위치(같은 계절))



지구 기후변화의 자연적 요인 - 내적요인

- 1) 화산활동: 화산재 → 햇빛 차단 → 기온 감소
- 2) 빙하연저 감소 → 반사율 ↓ → 온도 증가 → 되먹임작용, 피드백작용
- 3) 대륙과 해양의 분포 변화 → 대기(과해수의 순환) 변화.

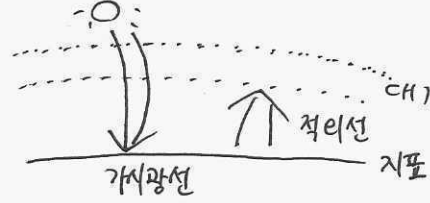
지구 기후 변화의 인위적 요인

- 1) 온실기체 - 화석연료 CH₄, CO₂
- 2) 에어로졸 - 응결핵 구름 ↑ 반사율 ↑ 기온 ↓
- 3) 산림훼손 온도 상승

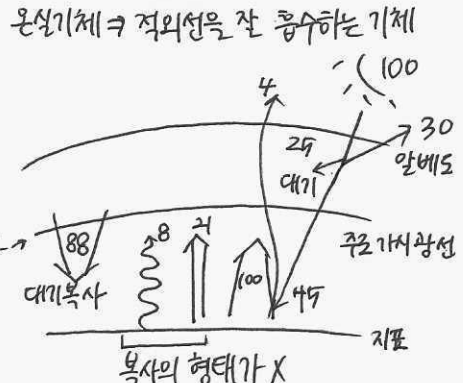
초미세먼지 PM-2.5
 미세먼지 PM-10

온실효과 - 온실기체
 기온의 일교차 ↓ (CO₂, CH₄, H₂O...)
 온실효과의 기여도 H₂O 70%, CO₂ 9%
 지구온난화 - 지구 평균 기온 ↑

지구의 연주시



• 지구는 전자기파 방출 (자외선도 포함)
 적외선 지표에서 방출함



- 지표 45 + 8 + 8 = 8 + 2 + 104
- 대기가 적외선은 흡수하고 가시광선은 통과 → 88 + 8 + 2 + 100 = 88 + 66 (평형)
- 대기 25 + 8 + 2 + 100 = 88 + 66 (평형)

* 대기의 창 → 104에서 4 적외선 방출

지구온난화

① 화석연료의 사용량 증가 → 대기중 CO₂ 농도 증가

→ 기온 상승 < 온난화 >

- 대륙빙하의 해빙 → 해수의 열팽창 > 해수면 상승
↳ 육지면적 감소 (침수) 난류성 어종 ↑
- 증발량 ↑ 강수량 ↑ → 가뭄, 사막화 (내륙지방),
↳ 표층영분이 낮아지는 경향 홍수, 호수빈곤 ↑

사막화 - 생명활동이 이어진 수 X

사막의 면적 확장 → 지표의 반사율 ↑ → 기온 ↓

→ 상승기류 X → 구름 X → 비 X

• 한반도 기후 변화 경향 파악하기

① 우리나라의 연평균 기온은 증가하고 있음

② 우리나라 근해 연평균 수온 상승

③ 우리나라 연강수량이 증가하고 있음

but, 연 강수량의 증가

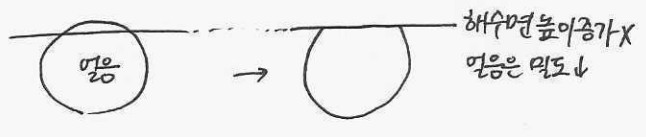
→ 호우일수 증가 / 건조한 때는 건조

④ 우리나라 평균 연대야 일수 극단적 증가

반사율 일정할 때 지구복사 E(70) E강도 X

온실기체 증가시

증가 X



별의 표면온도와 크기

청색 청백 백 연노랑 노랑 주황 빨강

T ↑ T ↓
분광형 O B A F G K M
0~9까지 A₀ ~ A₉ A₀ 10000K
고온 저온

태양은 G₂ 5800K 노란색 별

흑체 (가상물체)

반사율이 0이다. 반사율이 높아 모든 빛을 반사

할때 흰색으로 보이는 원리

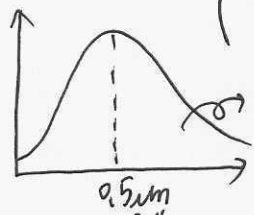
에너지 100공급 → 온도 ↑ → 온도 결맞는 Eλ 방출

★ 온도에 의해서 흑체가 방출하는 E 파장 결정 λ_{max}

별에서 복사가 나타날때 흑체와 거의 동일

* 빈의 변위법칙 (태양 5800K λ_{max} 0.5μm)
지구 288K λ_{max} 10μm (15°C)
 $T = \frac{1}{\lambda_{max}}$

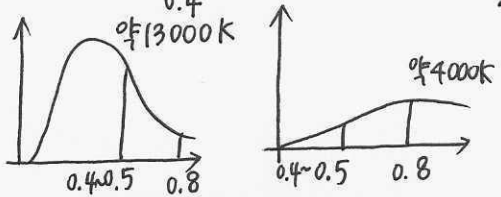
플랑크 곡선



온도에 따라 λ_{max} 달라짐
온도가 ↑ λ_{max} ↓ (빈의 변위)

영역: 단위시간당 단위면적에서 방출되는 E 양

가시광선 0.4μm ~ 0.8μm μm
대략 범위는 0.5μm ~ 0.8μm



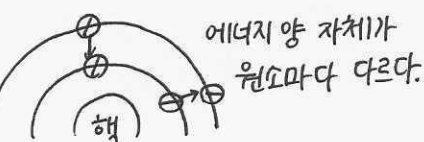
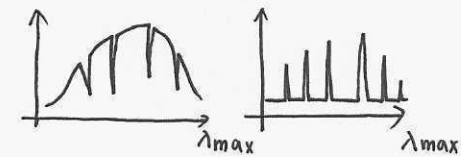
태양보다 표면온도 ↑ 태양보다 표면온도 ↓

스펙트럼 - 빛이 나누어진 색의 띠

연속스펙트럼 선 세기 / 종류가 원소에 따라 다르다.

흡수 스펙트럼 저온의 기체 (뒤에 광원)

방출 스펙트럼 고온의 기체만



별의 분광형과 표면온도

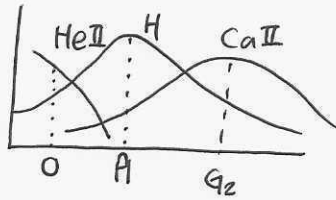
O 30000 ↑ 파
B 청백
A A₀ 10000 흰
F 연노
G G₀ 6000K G₉ 5000K
K 주
M 3500 ↓ 붉 선 ↑

수소흡수선의 세기는 A가 가장 크다.
↳ 원래 말파벳순으로

이온의 흡수선 별의 대기의 조성이 달
원자의 흡수선 라서 스펙트럼이 다른게
분자의 흡수선 아니라 온도가 다르면
이온화정도가 달라서

• 표면온도가 높으면 이미 다 전자가 들떠있어서 E가 들어와도 별로 변하지 않는다.

I 중성 II 이가 III +2가



* 별들의 대기 성분은 비슷하지만, 표면온도에 따라 이온화정도 다름
→ 그래서 흡수 스펙트럼 다르게

A 10k B 100k

* 광도: 별에서 단위시간당 방출되는 E 양
∝ 절대등급 (작을수록)

$\frac{1\text{등급 별 광도}}{6\text{등급 별}} = 100\text{배 차이}$
 $\frac{1\text{등급}}{2\text{등급}} = 2.5\text{배}$ (100^{1/5}승)

단위면적, 단위시간당 E A B T 온도에 따른 ⊕
E = 6T⁴ 6는 상수 10K 100K 1:10000 배
↓ 1:10

슈테판 볼츠만 법칙 광도: 단위시간당 E

$$L(\text{광도}) = 4\pi R^2 \times 6T^4 (\text{별의 표면적} \times E)$$

M-K 분류법

- I 초거성
- II 밝은 거성
- III 거성
- IV 준거성
- V 왜성
- VI 준왜성
- VII 백색왜성

겉보기 등급

거리에 따라 달라지는 등급 ↑ 선폭 ↓
흡수선이 동일 = 분광형 동일
A, B B는 별구성하는 물질 밀도 ↑
A III 크기는 R ↓
B III A 크기는 ↑ (평균 밀도 ↓)

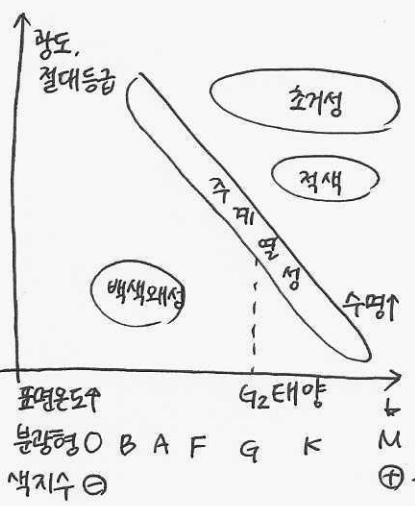
R ↑ 크기가 크면, 표면중력 작음, 대기 밀도 ↓ 선폭 ↓ 광도 A > B

태양 G₂ V 5800K 4.8 등급

H-R도와 별의 분류

항성 = 별 = star

Hertzsprung-Russell 도



- 주계열성
광도가 큰 주계열성 = 표면온도가 크다 할 수 있음
= 크기도 크고 질량도 큼
= 수명이 짧다.
→ 90%가 다 주계열성이다.
 - 거성 (적색거성, 초거성) 말도↓
크기가 엄청큰 편, 표면온도 낮은 편
→ 광도가 큰 편 (크기가 압도적)
 - 백색왜성 말도↑ (늘다)
크기가 아주 작고 표면온도가 크다.
→ 광도가 작은편에 속한다.
- ① * 원시별 → 주계열성 → 거성 → 백색 왜성

* 백색 왜성 크기는 지구, 질량은 태양과 비슷하다

• 별의 진화

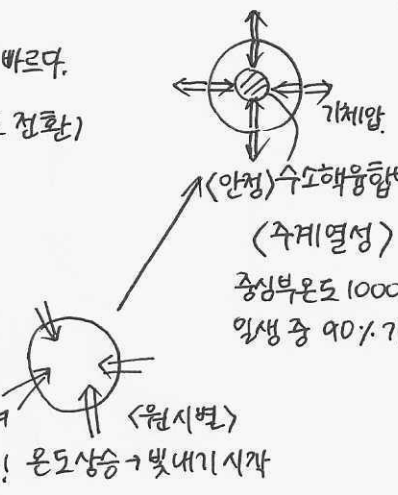
별의 질량이 크다 → 별의 진화속도가 빠르다.

중력수축 → 온도가 상승한다 (열에너지로 전환)

H 핵융합 반응, He 핵융합 반응

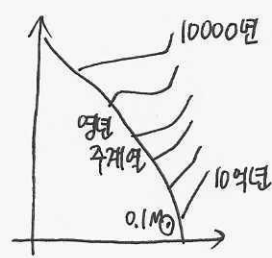
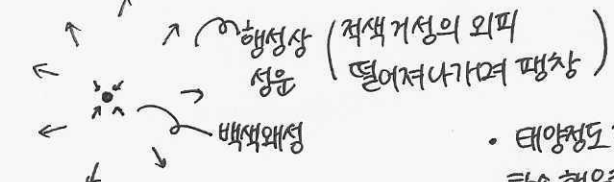
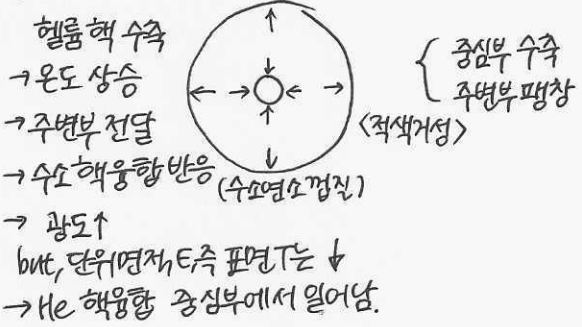
He 핵 생성 C 핵 생성
1000만 K 1억 K

성운: 성간물질이 저온, 뭉쳐서 구름처럼 고밀도
가스 + 먼지, 티끌
(H, He) 성간물질



질량이 크면 진화속도가 빠르다. → 핵융합 범위가 넓음 (연료도↑)

* 수명 $\propto \frac{\text{질량}}{\text{광도}}$ 광도 $\propto \text{질량}^{2.3-4}$ 수명 $\propto \frac{1}{\text{광도}^{0.7}}$



태양정도 질량
산소 핵융합 반응은 일어나지 않게 된다.
초거성은 Fe까지 만들어짐 (Fe 핵융합은 X)
태양 질량 2배 (12-13km 반지름)
중성자별 (← 초신성 폭발 Fe보다 무거운 원소↑ 보다는 수소↓)

질량 (태양=1)

중성자별 질량

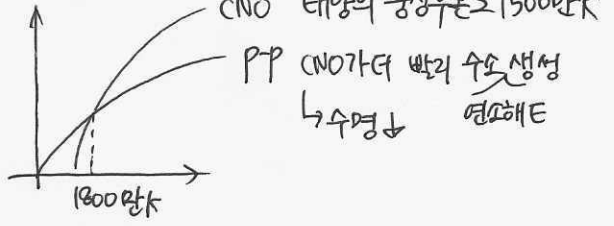
- ~ 0.0M (주계열성 X) 갈색왜성 M < 1.4M_☉ 백색왜성
 - 0.0M ~ 8 백색왜성
 - 8 ~ 25 중성자별
 - 25 ~ 블랙홀
- 1.4M_☉ ~ 3M_☉ 중성자별
3M_☉ ~ 블랙홀
찬드라세카르 한계값.

별의 에너지원

- 수소핵융합반응
- 수소원자핵 4개 $\xrightarrow{\uparrow}$ He 핵 1개
 \searrow
- $E = \Delta mc^2$ 6.4×10^{11} J 발생
- 질소 질량 $\Delta m \times \text{빛속도}^2 \times c^2 =$ 방출하는 E
↳ 0.7% 정도
- 두 핵 사이의 척력 이길 정도로 온도가 ↑ 1000만 K
- 원시별에서는 중력수축이 우세하다.
⇒ 주계열성 때 평형을 이루게 된다.

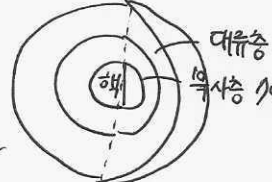
수소핵융합 반응의 종류

- P-P 연쇄반응: 태양정도 질량
- CNO 여순환반응: 태양보다 질량 많은 별

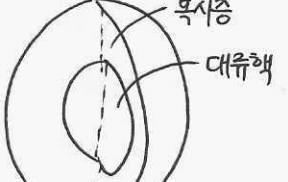


P-P 반응 관여했던 수소 원자핵은 6개
알짜반응 4 → 4 (He 원자핵)

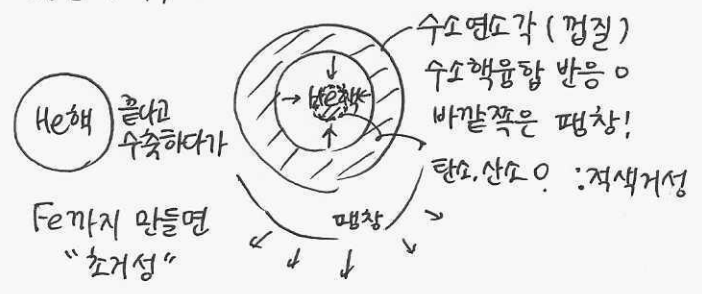
태양 질량 2배 이하



2배 이상



온도차이 크게 날 때 대류가 전도효과가
* 표면 바로 아래 대류층 → 쌀알무늬
안정한 정역학 평형 상태에 있다



태양정도 질량
산소 핵융합 반응은 일어나지 않게 된다.

초거성은 Fe까지 만들어짐 (Fe 핵융합은 X)

태양 질량 2배 (12-13km 반지름)
중성자별 (← 초신성 폭발 Fe보다 무거운 원소↑ 보다는 수소↓)