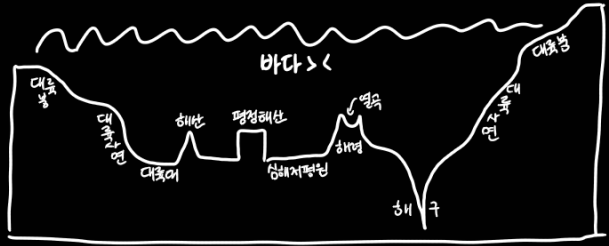


I. 지권의 변동

01. 판구조론의 정립과정

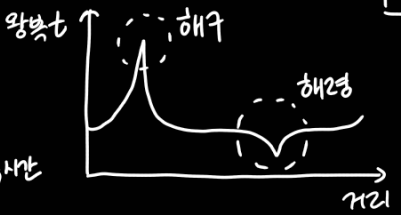
11 **대륙이동설** - 베게너 ... 중기 다고생대

- ① 해안선 모양의 유사성 (대서양을 사이에 둔 남아메리카 동해안과 아프리카 서해안)
- ② 빙하의 흔적분포
- ③ 화석 부파의 연속성
- ④ 지질구조의 연속성 (섭입대 **횡양력** → 산맥) (북아메리카와 유럽)



12 **맨틀대류설** - 홀츠 ... 대륙이동의 원동력 설명 (중기에서 X)

- 방사선 동위원소의 불균일



13 **해양저 확장설**

- 음향측심법: 초음파 발사 ... 수심 $d = \frac{1}{2}vt$... 왕복시간

↳ 중기 by 헤스 & 디튼

- ① 해양저각 연령 분포와 퇴적물의 두께 ...
↳ 멀어질수록 두께, 연령 ↑
- ② 고지자기역전 줄무늬의 대칭분포 ...
↳ 줄무늬폭 ↑: 확장속도 ↑
- ③ 열곡과 변환단층의 발견 ...
↳ 확장속도 ↑

⇒ 4쪽: 해양저각 연령 퇴적물 두께

④ 섭입대에서의 지각변동 ... 해구서 판의 소멸!

II 판구조론

· 암석권 = 판 = 지각 + 최상부 맨틀

· 연속권 = 맨틀 부분 용융 ... 대류

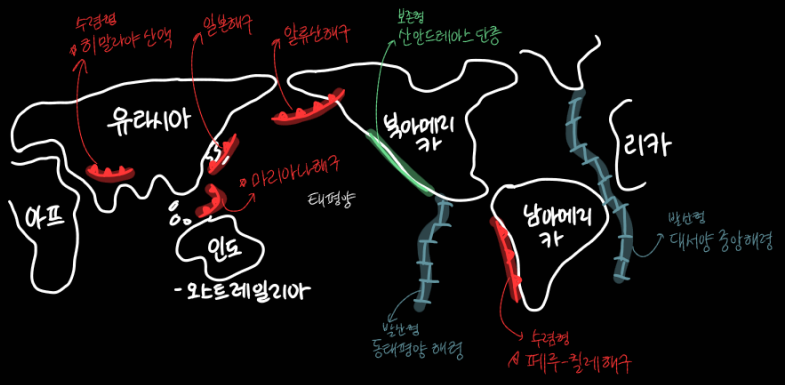
* **발산형 경계**
 해령, 열곡 (동태평양 해령, 대서양 중앙해령)
 천발지진 & 화산활동 0
 (해구 O, 바다다 / 해구 X, 느려)

→ 천발지진은 갈고기고 섭입해역 심발지진까지, 화산 0

* **수렴형 경계**
 충돌대 (대륙판끼리): 횡양력 ... 습곡산맥 (히말라야 산맥) / 천발·중발지진 & 화산 X
 섭입대 (대륙·해양판): 대륙·해양판 / 해구, 습곡산맥 / 천·중·심발지진 & 화산 0 (안산암질)
 해양·해양판: 해구, 호상열도 / 천·중·심발지진 & 화산 0 (현무암, 안산암질)

→ 천발지진 근처에 위치!

* **보존형 경계**
 천발지진, 화산 X



02. 대륙분포의 변화

- * 지리상복곡
- 자북극(5극) 자남극은 N극 성분.
- 북각: 지구 자기력선의 방향과 수평면이 이루는 각도 (ex) 자기적도 0°, 자북극 90°
- 고지자기 북각 (고지자기 북각이 크다 = 자자기북극과의 거리가 가깝다 = 고위도) ... 시간이 지날수록 지리는 남쪽으로 내려오고, 고지자기 북각도 ↓
- 전류자기 (같은 시기에 하나의 대륙에서 형성된 전류자기의 방향은 한 점으로 수렴된다)

- 지구의 길보기 이동 " 북아메리카와 유럽에서 특정한 지구의 이동경로는 일치 X → 대륙이동의 중요한 증거 "

- 고지자기곡: 지구의 고지자기 방향으로부터 추정할 지리상복곡

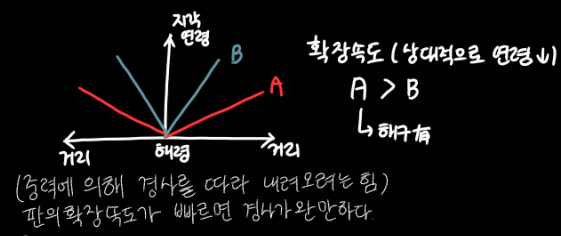
+ 인도대륙의 이동 북반구(+36°) 남반구(-49°) ... 시간에 따른 고지자기 북각, 위도의 평균 변화율 ↓

* 라게의 대륙분포

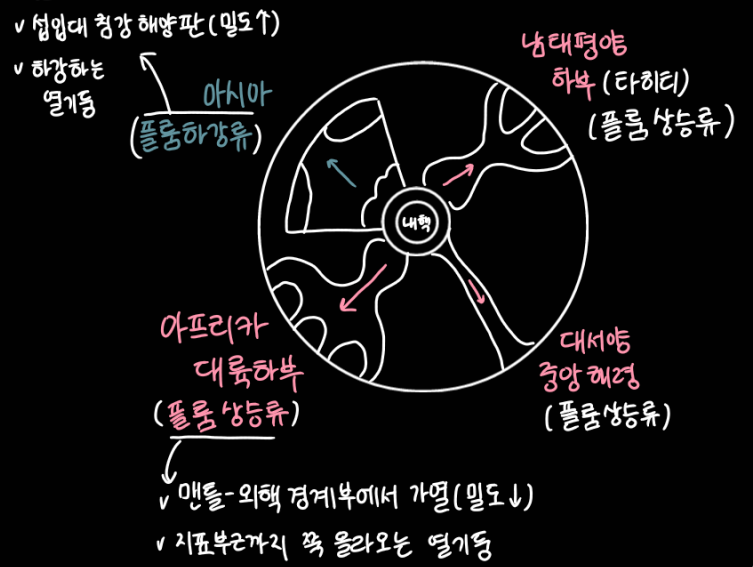
약 11억년 전; 로디니아 → 고생대 말: 판게아 → 중생대: 대서양 형성 → 신생대: 인도복합

03. 맨틀대류와 플룸 구조론

- 맨틀대류 상승 (해령): 고온, 저밀도 물질 상승
- 맨틀대류 하강 (섭입): 섭입대에서 침강하는 판은 밀도 두께 ↑
- ∴ 해양각 형성: 밀도 ↓ → 멀어짐, 냉각, 수축; 밀도 두께 ↑ → 해구에서 연약권보다 밀도 ↑ 아래로 침강



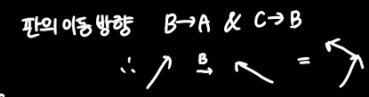
* 플룸구조론: 전체 맨틀대류, 판내부의 지역변동 X



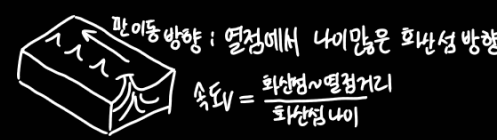
✓ 지진파 속도

- 뜨거워 → 느려
- 차가워 → 빨라

* 호상열도 (판의 경계와 나란히 발달)



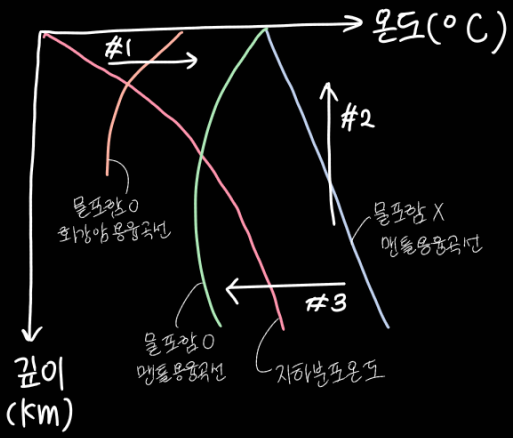
ex) 하와이 열도



* 열점 ① 판의 경계와 무관하다 ② 위치가 고정되었다 ③ 열점화산 → 화산성, 해안 형성

↳ 뜨거운 플룸 아래

04. 마그마의 생성과 화성암



- #1 온도상승 ≡ 대륙지각 → 유문암질 마그마
- #2 깊이얕아짐 = 압력감소 → 현무암질 마그마
- #3 물공급 ≡ 맨틀용융전 하강 → 현무암질 마그마

- 발산형 경계 : 현무암질 마그마
- 섭입형 " : 현무암질 + 유문암질 = 안산암질 마그마
- 열점 : 현무암질

※ 화성암 쌍쌍기

^{세립질} 화산암 : 현무암, 안산암, 유문암 → 신생대
^{미립질} 심성암 : 반려암, 섬록암, 화강암 → 중생대

(밀도↑) 염기성암 ← → 산성암 (밀도↓)
 Ca, Fe, Mg ← → Na, K, Si
 어둡다 ← → 밝다
 (감람석, 휘석) (석영, 정장석)

백두산, 철원한라산, 옥도, 울릉도, 제주도 : 화산암
 북한산, 북한산, 금강산 ... : 심성암

II. 지구의 역사

01. 퇴적구조와 퇴적환경

• 퇴적암: 교화작용(독성작용) → 압축작용 → 교결작용(시멘트화 작용)
↳ 입자사이 공극 채우기

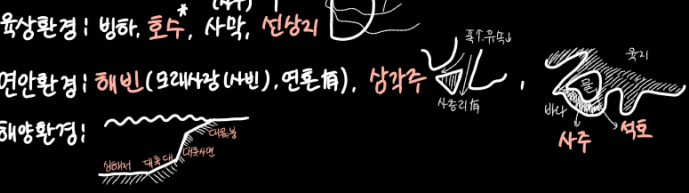
내설성 퇴적암
 풍화·침식: ^{중리X} ^{중리} 이암·셰일 → 사암 → 역암, 가력암
 정도 < 실트 < 모래 < 자갈
 화산분출물: 응회암 → 리필리응회암 → 집괴암(화산 가력암)
 화산재 < 리필리(화산력) < 화산탄, 화산암괴

화학적 퇴적암 - 침전작용: 증발암(고온 건조기후) = 암염 / 석회암 / 처트
 NaCl / CaCO₃ / SiO₂

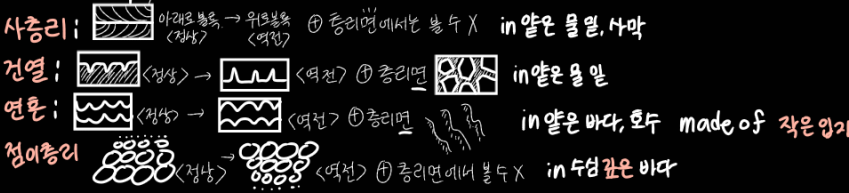
유기적 퇴적암 - 생물유해 골격: 석회암 / 처트, 규조토 / 석탄(육상환경)

• 우리나라의 퇴적지형
 고생대: 석회암층(강원도), 석탄층
 중생대: only 육상층!! 땅(경상도)
 신생대: 응회암(제주)

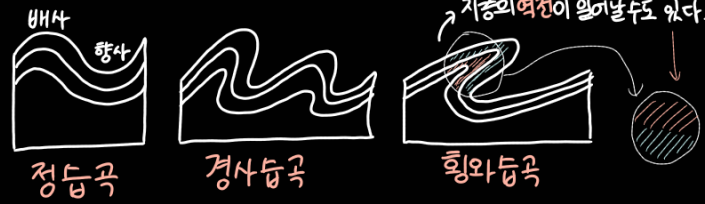
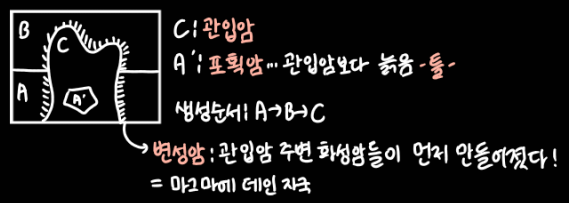
퇴적환경



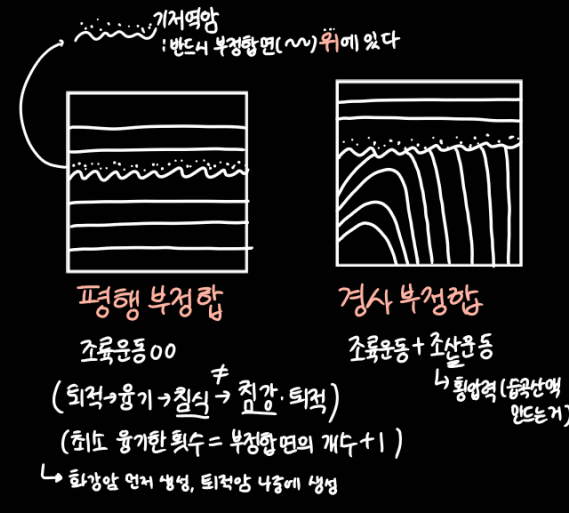
퇴적구조



02. 지질구조의 생성과정



주상절리... 온도강도 (화산암)
 편상절리... 압력강도 (심성암)



부정합면 바로 아래에 심성암이나 변성암이 있어야 한다.

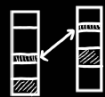
(+) 관입암의 위쪽이 매끈하게 갈려 있다
 단층면이 끊어져 있다.
 위 아래 지층이 경사졌다

03. 지층의 상대연령

· 지층의 대비

① 암상에 의한 대비 ... 비교적 가까운 거리에 있는 지층의 대비에 이용

전층 (떨어져 있음) : 응회암층, 석탄층



② 표준화석 이용 ... 멀리 있는 지층에도 적용 가능

04. 절대연령

· 방사성 동위원소의 붕괴
모원소 → 자원소

· 반감기 : 모원소가 처음 양의 1/2로 감소하는데 걸린 시간

· 지층의 절대연령 = 반감기 횟수 × 반감기

⊕ ¹⁴C를 이용한 연령측정 at 유기물 연대측정
↳ 반감기: 5730년

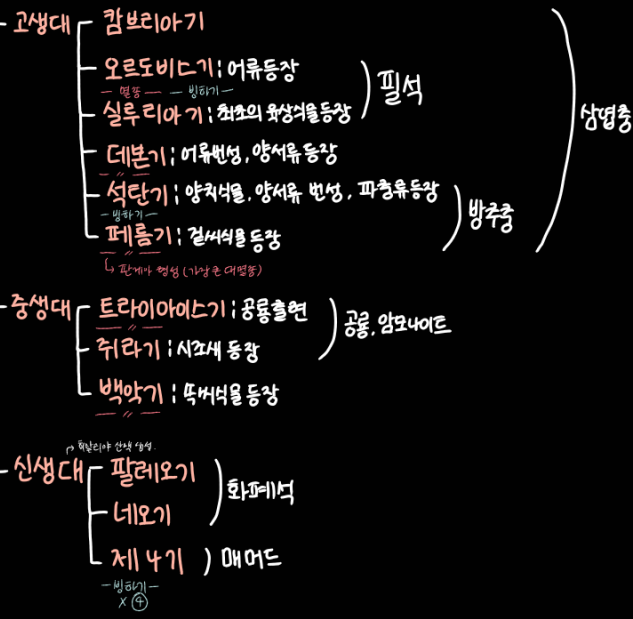
⊕ 형성암 → 원암나이 알 수 X
퇴적암 → 퇴적시기 상한선만 알 수 있다.

05. 지질시대의 환경

40억년전 - 시생누대 : 최초의 생명체 출현 (스트로마톨라이트)

25억년전 - 원생누대 : 대세포 생물 출현 (메디아카라 동물군) ... 제일 김

5억4천년 - 현생누대 - 5억4천만년



표준화석 : 생존기간 ↓, 분포면적 ↑
시상화석 : 생존기간 ↑, 분포면적 ↓

* 빙하코어 연구 : 수십~수백만년 전 기후를 알 수 있다.



* 빙하의 산소 동위원소비 ¹⁸O / ¹⁶O α 기온 α 대기 중 CO₂

III. 대기와 해양의 변화

I. 기압과 날씨 변화

* 기압: 1013 hPa

- 고기압: 하강기류 / 바람이 시계방향으로 불어나감
- 저기압: 상승기류 / 바람이 반시계방향으로 불어 들어옴

정체성 고기압

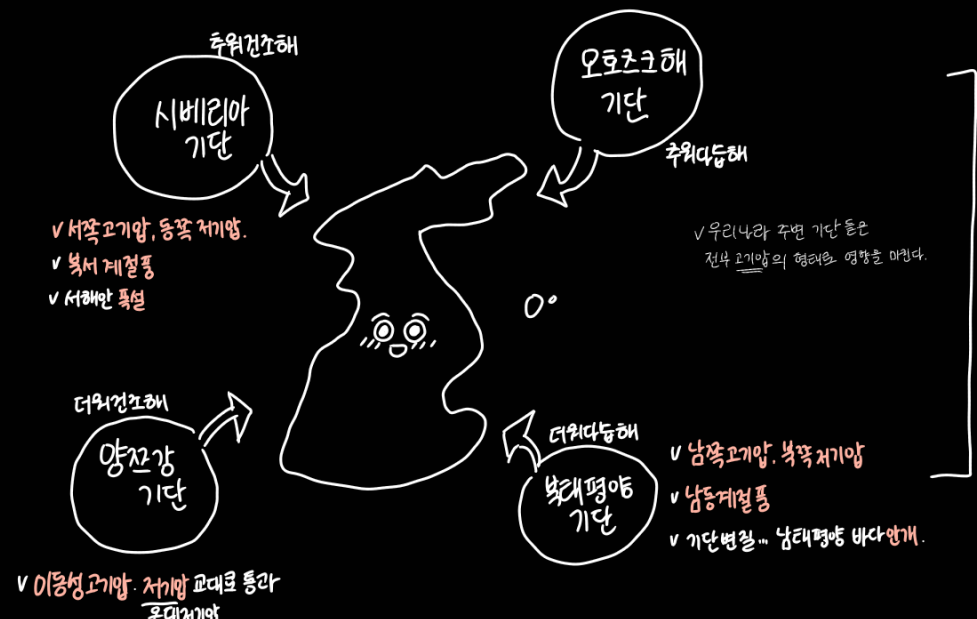
온난 고기압: 위도 30° (온대지방) / 중위도 고압대의 하강기류 ex) 북태평양 고기압

한랭 고기압: 찬지표면 (지표면 북서냉각) / ex) 시베리아 고기압

이동성 고기압: 우리나라는 봄 가을에 이동성 고기압 & 이동성 저기압이 교대로 통과하며 날씨가 변덕스러운

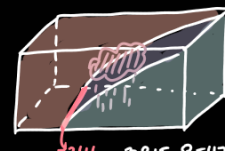
가시영상: 반사되는 가시광선 (햇빛) 축적 → 구름이 두꺼워질수록 **밝다** (적운형 구름)

적외영상: 구름이 방출하는 적외선 (열) 촬영 → 온도가 낮을수록 **밝다** = 구름 꼭대기의 고도가 높을수록 밝다.



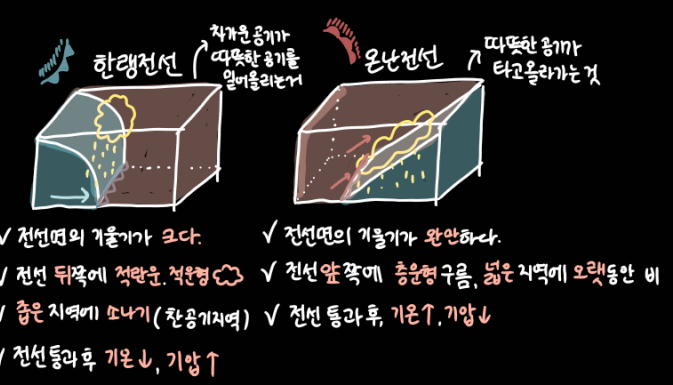
장마전선 = 정체전선. (북태평양기단)

북쪽의 찬기단 (오크츠크해기단)과 남쪽의 따뜻한 기단의 세력이 비슷.



시베리아 - 황해 - 서해안

북서 시베리아 고기압, 남동, 열, 두꺼운 구름



폐색전선

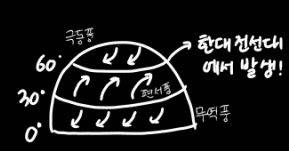
이동속도가 빠른 한랭전선이 온난전선을 따라잡아 겹쳐진 전선

온난전선 & 한랭전선의 앞면이 합쳐진 (구름, 강수구역 넓음)

정체전선

세력이 비슷한 두기단이 만나 동서방향으로 발달

장마전선. 차... 비, 구름

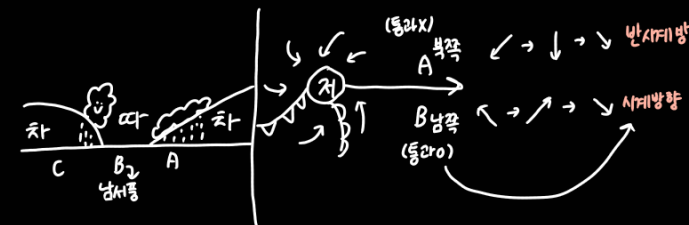
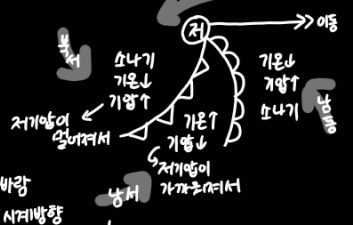


온대저기압 (중위도 온대 지방에서 발달)

남서쪽에 한랭전선, 남동쪽에 온난전선을 동반하여 **편서풍**의 영향을 받아 동쪽으로 이동하면서 날씨 변화를 일으킨다.

우리나라 → 봄 가을에 통과

시간이 지날수록 한랭 온난 전선사이의 각도는 작아짐

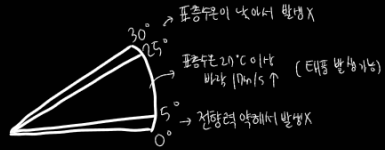


- 정체전선 형성
- 반시계방향으로 회전
- 왼쪽 한랭전선, 오른쪽 온난전선 분리 → 온대저기압
- 중심부에서 폐색전선 생성
- 저기압 소멸

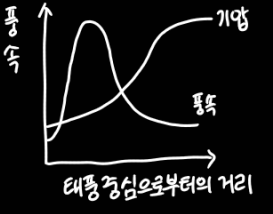
02. 태풍과 날씨

모든 태풍은 무역풍대에서 생성된다

열대저기압은 위도 $5^{\circ} \sim 25^{\circ}$, 수온 27°C 이상인 열대해상에서 발생
 북태평양의 서쪽에서 발생하여 최대 풍속이 11m/s 이상!! 인 열대 저기압을 태풍이라 한다!
 기원과 수권의 상호작용
 에너지원: 수증기의 응결로 발생한 잠열



- ① 저위도 열대해상에서 열과 수증기를 공급받은 공기 상승
- ② 수증기의 응결로 방출되는 잠열에 의해 공기가 열, 상승기류 강화
- ③ 더 많은 수증기가 응결 → 적란운 발생 → 저기압 강화 → 태풍 두둥둥강



태풍의 눈에서 기압이 가장 낮고 맑고, 하강기류이다.

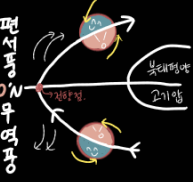


상공에서 공기는 서서히 방향이 틀어진다

지표부근에서 공기는 반시계 방향으로 회전

태풍의 이동경로 (대기대순환, 북태평양 고기압의 영향 받음)

- 북태평양 가장자리를 따라 북상
- 7.8월부터 9월이 더 동쪽으로 치우쳐져 진행 ... 9월이 되면서 북태평양 기단의 세력이 약화되어 남쪽으로 수축된다.



위험반원: 태풍이 진행하는 방향에 대하여 오른쪽 지역 (풍향! 이 서서히 방향) ... 태풍이 동남향 ⇨ 태풍내 바람 방향 (풍속이 빠르다)
 안전반원: 태풍이 진행하는 방향에 대하여 왼쪽 지역 (풍향! 이 반시계 방향) ... 태풍이 동남향 ⇨ 태풍내 바람 방향 (풍속이 느리다)
 태풍의 이동속도가 느릴수록 위험! 안전 반원의 풍속 차이 ↓
 세력이 강해진다 = 기압이 낮아진다



태풍의 소멸

육지에 상륙 or 수온이 낮은 해역 통과 → 중심기압 ↑, 세력 약화 → 열대저기압 or 온대저기압으로 변질
 → 마찰 → 열 수증기 공급 중단

의의

저위도의 라임에너지를 고위도로 수송

	온대저기압	vs	열대저기압
전선	○		×
에너지원	가열에너지 변화		수증기의 잠열
발생지역	한대전선대		열대해상 (위도 $5^{\circ} \sim 25^{\circ}$)
이동경로	서 → 동		포물선 경로로 북진
계절	봄, 가을		여름

03. 우리나라의 주요 악기상

뇌우 ⚡ 강한 상승기류 적란운
 ↳ 천둥번개도나기

[지표가 뜨거울때 한랭전선에서 태풍에서]

- ① 적운단계: 강한 상승기류로 인해 적운 발달
- ② 성숙단계: 상승기류 + 하강기류 / 우박형 / 강수현상 등
- ③ 소멸단계: 하강기류 → 비가 구름 소멸

우박 ❄️ 강한 상승기류 적란운
 ↳ 얼음덩어리

[5-6월, 9-10월에 발생 겨울에는 상승기류 X, 건조]

- ① 과냉각 물방울 → 수증기가 빙정에 달라붙어 빙정 커짐
- ② 우겨썩힌 빙정이 아래로 떨어짐 + 물방울과 합쳐짐
- ③ 똑똑하다가 개센 상승기류에 의해 올라가다가 반복 → 지상으로 떨어짐

호우 ☁️ 강한 상승기류 적란운
 ↳ 국지성호우: 짧은시간, 좁은지역에 많은비

폭설 ❄️ 시베리아기단의 영향 태풍의 영향
 ↳ 동해안에서의 폭설: 태백산맥에 북동풍이 부딪히면서 눈구름대가 생성됨

황사 🌪️ 상층의 편서풍터널 이동
 ↳ 봄에 자주 발생 이층전 고기압 저기압 발달

04. 해수의 성질

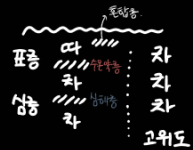
염분: 해수 1kg 속에 녹아있는 염류의 양 = 농도 (NaCl > MgCl₂ > MgSO₄ ...)
 ↳ 염분비 결정법칙

(+) 등염분선 → 폐곡선 존재

- 적도: 저기압 발달 ... 염분 ↓ (강수량 ↑)
- 중위도: 고기압 발달 ... 염분 ↑
- 고위도: 수온 ↓, 저기압 발달 ... 염분 ↓
- 극지방: 빙하의 태빙, 담수유입 ... 염분 ↓

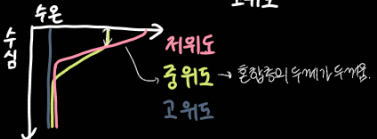
↳ 대서양이 태평양보다 짙. and 황해 ... 하권수유입과 and 여름 비가와 ... 겨울이 자

해수의 온도
 ↳ 해수의 표층수온은 태양복사에너지 영향 받음
 저위도 수온 >> 고위도 수온

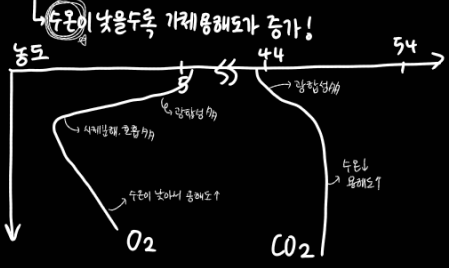


- (2) 수온: 황해 < 동해
- (8A) 비가 → 염분 ↓

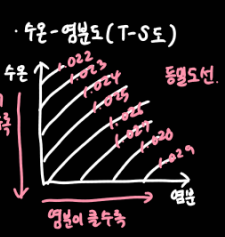
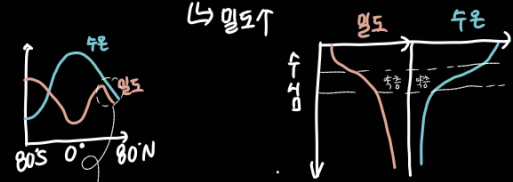
- 혼합층: 바람이 강할수록 두꺼움
- 수온약층: 0~4°C 안정
- 성태층: 총 부피의 80%



해수의 용존기체



해수의 밀도
 ↳ 해수의 밀도는 수온과 염분에 따라 결정된다.
 ↳ 수온이 낮을수록 밀도가 높고, 염분이 클수록 밀도가 높음



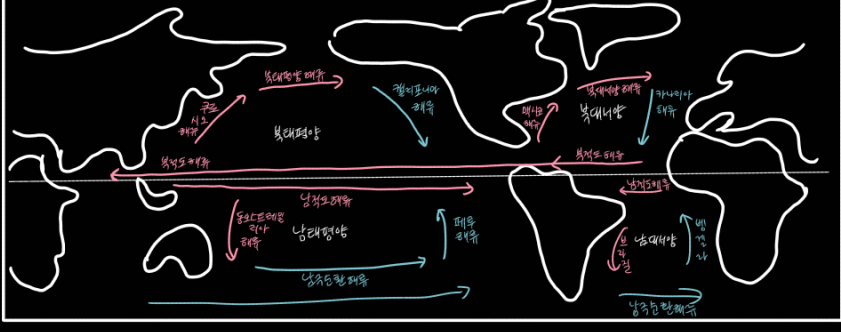
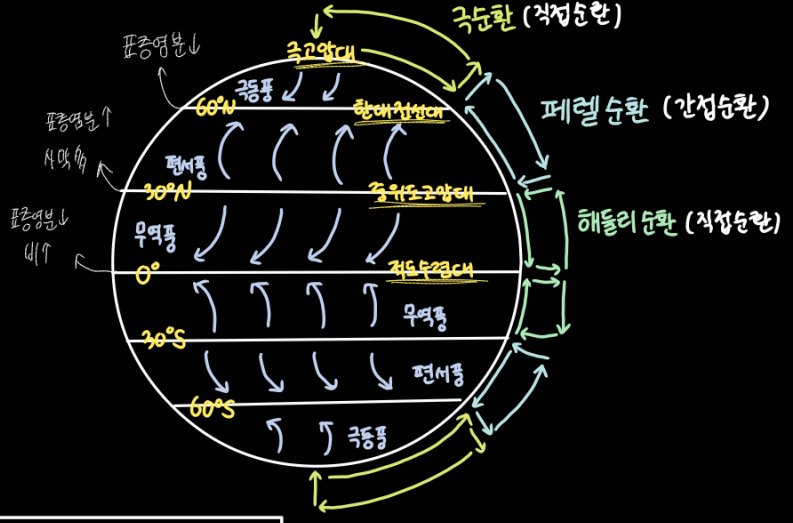
↳ 밀도가 같은 두 해수를 섞으면 혼합된 해수의 밀도는 이전보다 커진다.

- ① 수온이 낮아질수록 밀도는 계속 커짐 (수온비교적 밀정) → 혼합층
- ② 수온 밀도 변화가 급격 → 수온약층 (밀도약층)
- ③ 수온이 일정함 → 성태층

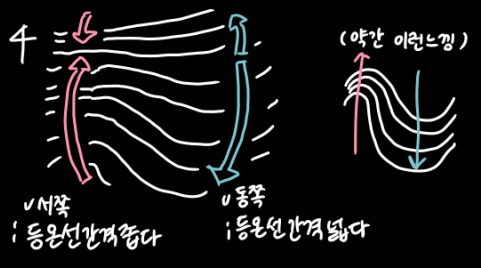
IV. 대기와 해양의 상호작용

01. 해수의 표층순환

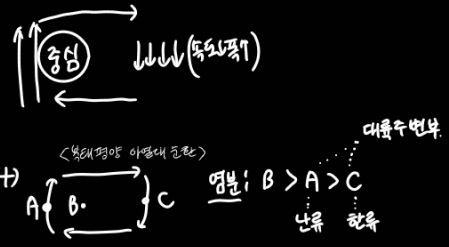
- 고위도로 갈수록 태양복사E 흡수량 ↓ (E 부족)
- 열의 이동량이 많다 (70°): E 흡수량과 방출량 차이가 적다
- 전향력 [북반구: 진행방향의 오른쪽, 남반구: 진행방향의 왼쪽]



/// 한류: (같은 위도에 비해) 수온 ↓, 염분 ↓, 용존산소 ↓, 영양염류 ↑ (고위도 → 저위도)
 /// 난류: (같은 위도에 비해) 수온 ↑, 염분 ↑, 용존산소 ↓, 영양염류 ↓ (저위도 → 고위도)



- 적도부근: 열대순환
 ex) 북적도해류, 남적도해류 (우역풍)
- 중위도: 아열대순환* (북반구는 시계방향, 남반구는 반시계 방향)



- 고위도: 아한대 순환

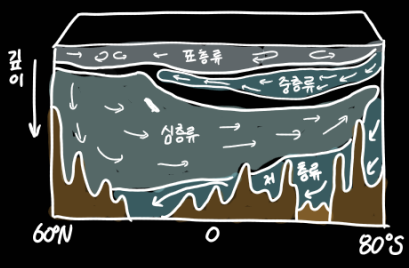


- 남북간의 온도차 크다!
- ∨ 소경수역
 - ↳ 난류와 한류가 만나는 해역
 - ↳ 용존산소 ↑, 영양염류 ↑
 - ↳ 여름에 복상, 겨울에 남하
- ∨ 황해의 염분 ↓

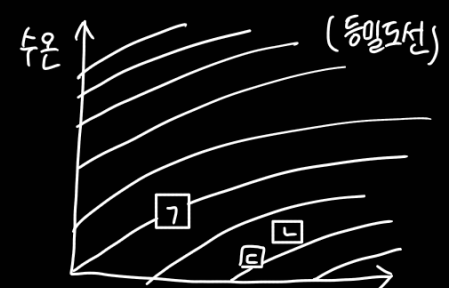
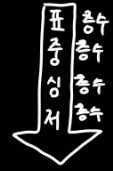
02. 해수의 심층순환

(열염순환)

수온역류의 하부에서 느리게 일어나다 in 대서양 (수백~수천년 걸림)
 수온과 염분의 변화에 의한 밀도차 (수리케리는 잘 안 써임)

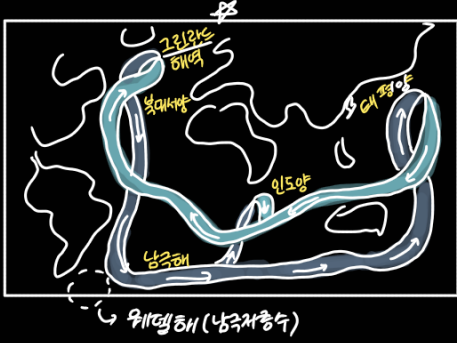


- 남극 중층수: 추우욱 동쪽에서 들어오는 애.
- 북대평양 심층수: 그린란드 해역에서 형성
- 남극 저층수: 웨델해 (남극 주변)에서 형성



- 7: 남극 중층수
 - 1: 북대서양 심층수
 - 2: 남극 저층수
- 상업고 밀도약아 (commercial density minimum) and 염분 (psu) are also indicated.

* 해수의 순환과 기후변화



북대서양 표층에서 고위도로 흐르는 난류는, 극지방에서 열을 빼겨 차가워진다. → 침강 ↓ (심층수)
 남쪽으로 흐르다가 남쪽 저층수와 만난다.
 그리고 대평양 → 인도양 ↑ 으로 나뉜다.
 인도양 북부와 북대평양에서 표층수와 만난다.

* 지구온난화 → 북대서양에서의 침강약화
 → 표층, 심층 순환 약화 → 열염순환 약화

03. 대기와 해양의 상호작용

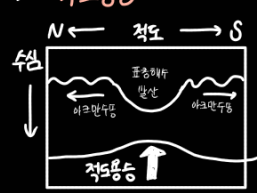
* 연안풍성



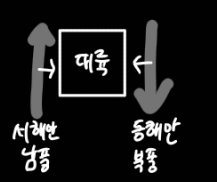
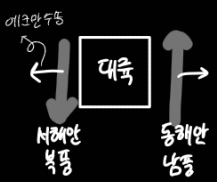
* 연안침강



* 적도풍성



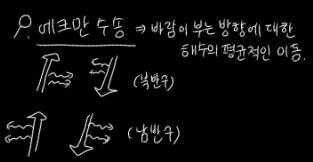
* 동등지역

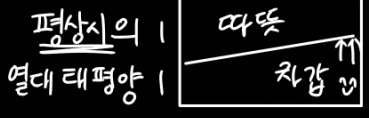


in 북반구
 * 바람이 사계방향으로 발산 (고기압) → 이코만 수동 수렴 (성해수 침강)
 반사계방향으로 수렴 (저기압) → 에크만 수동 발산 (성해수 상승)

⇒ 좋은 어장 (산도, 염차, 플랑크톤 등)

⇒ 표층 수온이 낮아서 만개형성



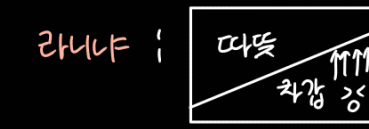


무역풍
 ↳ 동태평양 해역의 따뜻한 해수를 서태평양으로 운반.
 ∴ 동풍 ⇒ 수온↓, 해수면 높이↓, 혼합층 두께↓

해수면 경사, 수온, 혼합층 두께
 동태평양으로 이동해도
 서태평양이 □가 아직 더 높긴 함.
 but)) 평상시보다 그 차이가 작아짐!!



무역풍 약화!
 ↳ 서쪽으로 가는 해수 약해짐 and 해수면 경사를 따라 오히려 동쪽으로 이동
 ↳ 동태평양 해역 동풍 약화 → 미강 양함!!!



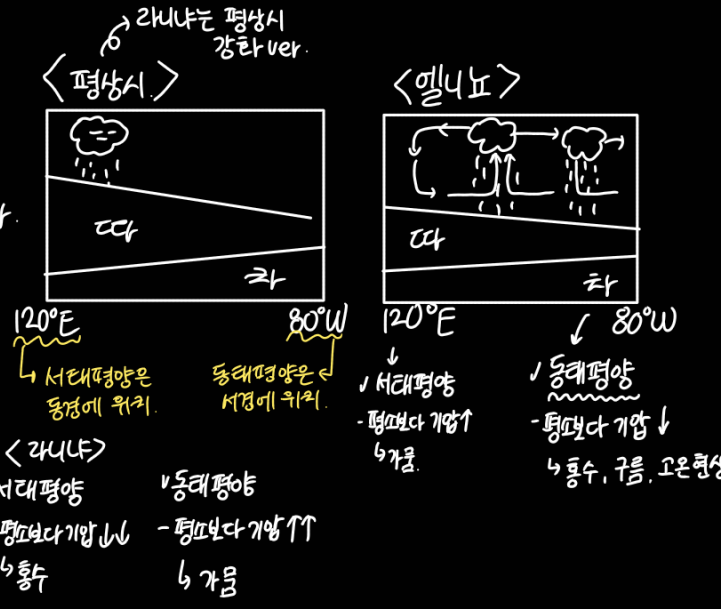
무역풍 강화!
 ↳ 평상시의 발달 ver.
 (동태평양 동풍 강화, 평상시보다 더 커짐)

* 엘니뇨와 남방진동 = 시프타기

① 위커순환 : 서태평양에서는 저기압이 형성되어서 따뜻한 공기 상승.
 (열대태평양의 동태평양에서는 고기압이 형성되어서 찬 공기가 하강한다.
 동서방향 대기 순환)

② 남방진동지수

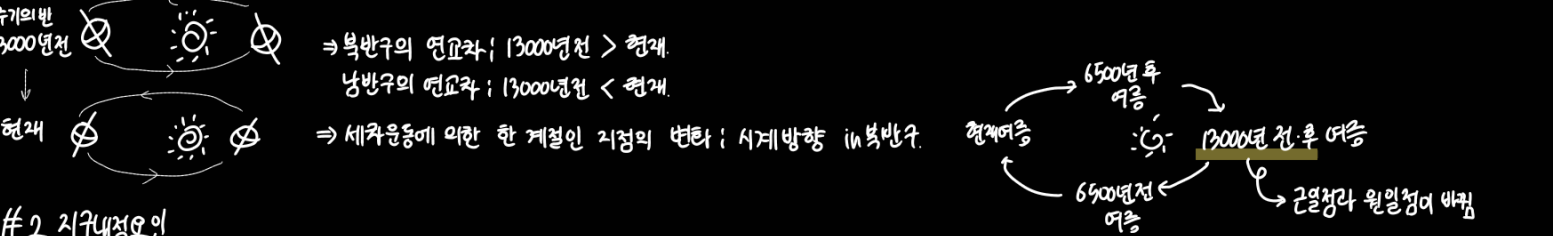
- ⊕ 큰 값이면 라니냐
- ⊖ 큰 값이면 엘니뇨



04. 지구의 기후변화

#1. 지구외적요인

- 태양활동의 변화
- 지구 자전축 경사각의 변화 (21.9° ~ 24.5°)
- 공전궤도 이심률 변화 → 이심률이 커질수록 공전궤도는 더 찌그러진다 → 원일점은 태양에서 더 멀어지고, 근일점은 그만큼 더 가까워짐 ⇒ 연교차가 작아진다.
- 세차운동 (자전축은 26000년 주기로 회전 = 지구공전과 반대방향)

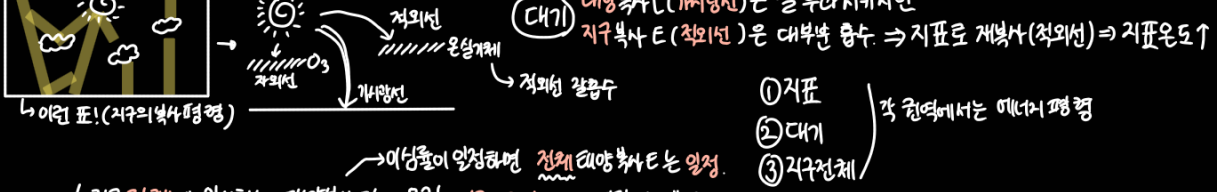


#2 지구내적요인

- 화산재 → 지구 평균기온↓
- 빙하연적장도 → 지표 반사율↓, 흡수율↑ → 기온↑ (양성 피드백)

#3. 인위적 요인 + 인간활동

- 온실기체, 메이트를 배출, 산림훼손, 도시화 ⇒ 지구기온↑



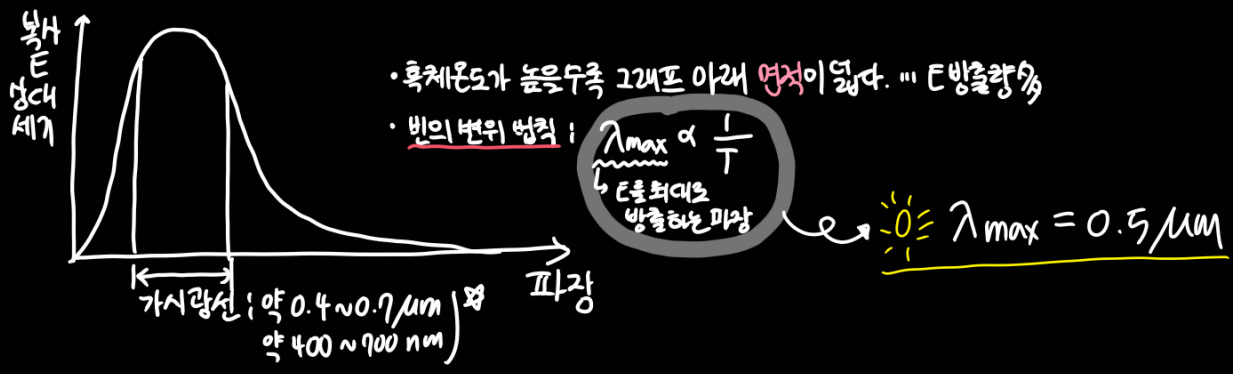
↳ 지구 전체에 입사하는 태양복사도는 오직 지구-태양 거리 영향만 받음
 ↳ if 온실기체/대기가 없다면 지표 온도는 100을 넘을 수 X (실제로는 지구에 입사하는 태양복사도 100 중 70 흡수, 30 반사 (알베도))

V. 별과 외계행성계

이. 별의 표면온도와 크기

- * 흑체: 모든 빛을 흡수. (반사 X)
- ↳ 흡수한 모든 빛을 방출 (연속스펙트럼)
- ↳ 오직 온도에 의해서 파장에 따른 세기 변화양상 결정.


* 플랑크곡선: 흑체의 온도와, 그에 따른 흑체 복사에너지 방출 파장에 따른 분포.




- * λ_{max}
 - ↳ 단위면적당 E 방출 ... 면적: 표면온도가 높을수록 면적 ↑
 - ↳ 전체에서 E 방출 ... 면적: 항도!! / 복사 최대 λ 을 보고 T 략인!!

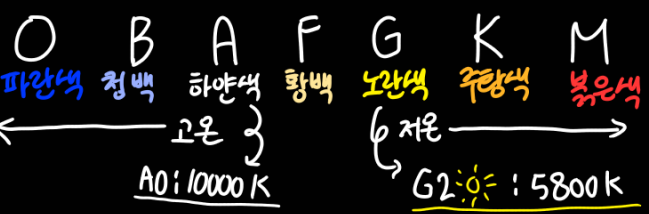
- * 고온의 별 ... **파란색**
- 저온의 별 ... **붉은색**

* 스펙트럼

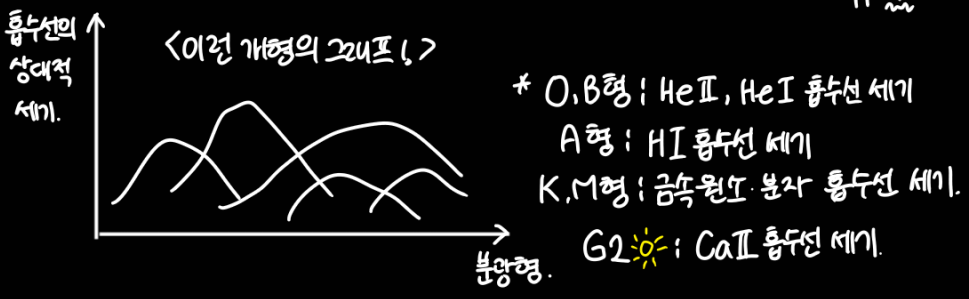
저온의 기체 ... 흡수 스펙트럼 (별의 대기가 특정파장의 빛을 흡수하는 것) 

고온의 기체 ... 방출 스펙트럼 

* 별의 표면온도와 분광형



- (고온의 별: 흡수선의 수 ↓)
- (저온의 별: 흡수선의 수 ↑)
- ↳ Q. 별들마다 스펙트럼 다른 이유?
 - A. 대기성분이 달라서 (X)
 - A. T에 따라서 이온화 되는 정도가 달라서. (O)



* 별의 **표면온도**와 **색지수**

* AOV 색지수 $B-V=0$ / 5명 5학년.
절대등급 -1? 등급

↓ ↑ 수명↓
* **파란색 별** (고온의 별) : $B-V = \ominus$
* **노란색 별** (저온의 별) : $B-V = \oplus$
↑ ↓ 수명↑

색지수 $\ominus \dots\dots 0 \dots\dots \oplus$
표면온도 **고온** $\xrightarrow{10000K}$ **저온**
분광형 O B A F G K M

↳ 질보기 등급 (U.B.V 등급) * 빛의 세기가 강할수록 질보기 등급이 작다.

* 별의 **광도**와 **절대등급**

(100억)
☀️ + 4.8 등급.

별전체가 단위시간동안 방출하는 에너지 양. 별의 실제 밝기를 등급으로 나타낸 것

* 광도 ↑ = 절대등급 ↓
광도 100배 차이 = 절대등급 5등급 차이
1등급 차이 = 광도 약 2.5배 차이

* 별의 **광도**와 **반지름**

별이 단위시간동안 단위면적에서 방출하는 에너지는 **표면온도의 네제곱**에 비례한다. ($E = \sigma T^4$)
* 광도 $(L) \propto R^2 T^4$

* **광도계급** (M-K 분류법)

I 초거성 / II 밝은 거성 / III 거성 / IV 준거성 / V 주계열성 / VI 준왜성 / VII 백색왜성.
← 반지름이 크다.

* 분광형이 같아도 광도는 다를 수 있다. (반지름에 따라)
분광형이 같을 때, 반지름이 클수록 스펙트럼 흡수선의 두께가 얇다.
흡수선의 세기 (진한 정도)

02. H-R도와 별의 분류

H-R도: 별의 **광도**와 **표면온도** 사이 관계를 나타낸 그래프.

가로축: 표면온도, 분광형, 색지수, 색깔 (왼쪽 위: 표면온도, 광도, 반지름, 질량 ↑)
세로축: 광도, 절대등급 수

주계열성: 광도 ↑ = 표면온도 ↑ = 크기 ↑ = 질량 ↑ = 수명 ↓
적색거성: **주계열성의 수 십 ~ 수 천 배**, 밀도는 주계열성보다 ↓ (광도 10^2 / 절대등급 0)
준거성: **주계열성의 수 만 ~ 수 십 만 배**, 밀도는 적색거성보다 ↓ (광도 10^4 / 절대등급 -5)
백색왜성: 표면온도 ↑ but 반지름 ↓ = 광도 ↓ (+10n + 15?), 밀도 ↑

☀️ G2V, 5800K, 4.8등급
광도 $10^0 = 1$

광도는 항복은 누가 더 크다 비교 X
반지름은 대략으로
백 < 주 < 적 < 준.
밀도는 그 반대. (백 > 주 > 적 > 준)

03. 별의 진화

* 별의 탄생
 성간물질 → 성운 $\xrightarrow[\text{고밀도}]{\text{저온}}$ 원시별 (중력 > 기체압)
 별이 팽창하면서 한기름은 증가하고 표면온도는 낮아진다.

→ 주계열성 (수소 핵융합 반응)
 온도 1000만 K

* 질량이 큰 원시별: 수평 방향으로 진화 (표면온도 변화 대폭↑, 광도는 거의 비슷) ∴ R↓
 질량이 작은 원시별: 수직 방향으로 진화 (표면온도 조금 상승↑, 광도 대폭 감소) ∴ R↓
 태양 질량의 0.08배 이하인 작은 주계열성이 될 수 X (갈색 왜성이 된다)

* 주계열성
 · 정역학 평형 상태 (중력 = 기체압)
 · 질량이 클수록 수축 빠르게 진화하고, 수명도 보다 짧다.

* 태양과 비슷한 질량인 별의 진화.

- ① 주계열성 중심부에 수소고갈, 헬륨핵 생성
 1. 중심부 수축 (중력 > 기체압) ∴ 중심부 온도 ↑
 2. 중심부의 열이 주변으로 전달.
- ② 중심핵 외곽에서 수소 핵융합 반응, 별의 주변부 팽창
 (수소 연소 정지) (표면온도 ↓, 반지름 ↑ ∴ 광도 ↑)
- ③ 적색거성 중심부에 헬륨고갈, 주변부는 팽창과 수축 반복 (불안정)
 (헬륨 핵융합 반응)
- ④ 행성상성운: 별의 주변부 물질이 우주공간으로 방출 (새로운 별의 재료)
 백색왜성: 중심부 수축 (크기 ↓ 온도 ↑ 밀도 ↑) ∴ 수축 C.O 핵

✓ 주계열성의 중심부에는 수소만 있던 것은 아님!

✓ 맥동변광성: 별에서 광도, 반지름, 표면온도가 변한다.



* 태양보다 질량이 큰 별의 진화

- ① 주계열성에서 초거성으로 진화. (중심부에서 헬륨보다 무거운 원소의 핵융합 반응)
- ② 중력 수축 ∴ 초신성 폭발; 철보다 무거운 원소 생성
- ③ 중성자별: 밀도 ↑
 블랙홀: 밀도 ↑↑↑



✓ 여러 층의 양파 껍질 구조
 ✓ 중심부로 갈수록 무거운 원소

◎ 질량에 따른 별의 최후 (태양 = 1)

* 반지름 & 광도: 백색 > 적성 > 블랙홀

- 0.08 이하: 갈색거성
- 0.08 ~ 8: 백색왜성
- 8 ~ 25: 중성자별
- 25 이상: 블랙홀

05. 외계 행성계 탐사

(Δ 변위량)
 별과 행성이 얼마나 가까워지느냐, 멀어지느냐의 문제.

① 도플러 효과를 이용한 방법 (시선속도법)

시선방향으로 멀어지면 파장이 길어짐 = 시선속도(+) ... 적색편이
 시선방향으로 가까워지면 파장이 짧아짐 = 시선속도(-) ... 청색편이

* 시선속도 = $v \times \cos \theta$

* 별과 행성 사이에 질량 차이가 클수록 → 공통질량중심은 별쪽으로 치우침.
 (행성과 별은 공통질량중심에 대해 정반대에 있다)

- 유리한 조건

- 1) 행성의 공전궤도면과 시선이 나란할수록 (수직: 편이량 X)
- 2) 행성의 질량이 클수록 ... 공통질량중심이 별에서 멀어짐 ... 별이 많이 움직임 ... 편이량 X **대**
- 3) 별-행성 거리가 가까울수록 ... 행성의 공전주기 \downarrow ... 별의 공전속도 \uparrow ... 편이량 X **대**

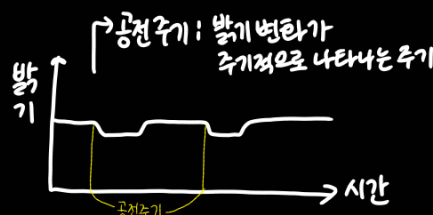
∴ 도플러 효과를 이용하여 행성의 질량을 알 수 있다.

② 식 현상을 이용한 방법 (횡단법)

행성이 중성별을 지나면 우리가 보는 중성별의 밝기 \downarrow

- 유리한 조건

- 1) 행성의 크기가 클수록 밝기 변화가 크다.
- 2) 행성의 공전 궤도면과 시선방향이 무조건 나란해야 한다.
- 3) 공전궤도 반지름이 작을수록 좋다.
 (별과 행성 사이 거리가 가까울수록)



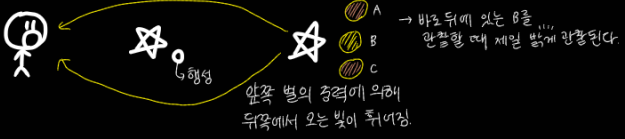
* 다시 암기!
 $L \propto T^4 R^2$

∴ 식 현상으로 행성의 크기를 알 수 있다.

행성의 밀도를 알 수 있다
 \downarrow
 가스행성 or 암석행성 판단 가능

④ 행성이 별 앞을 지날 때, 행성의 대기를 통과하는 빛 분석 ... 행성의 대기 성분 추정 가능.

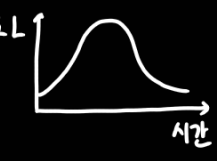
③ 미세중력렌즈 현상을 이용한 방법



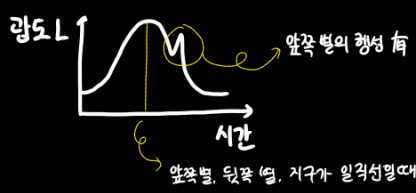
- 위 방법들과의 차이점

- 1) 주기적인 변화가 아니다. 우연히 발생하는 것.
- 2) 시선방향이 공전궤도면과 나란하지 않아도 된다.
- 3) 상대적으로 별과 행성 거리가 멀어도 탐사 가능하다.

<앞쪽 별에 행성이 없음>



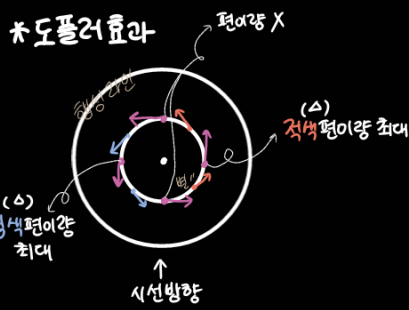
<앞쪽 별에 행성이 있음>



④ 직접 촬영하는 방법

중성별을 가리고 촬영한다. (적외선으로)

- 1) 도플러 현상으로 발견된 별 ... 대부분 질량 X
- 2) 식 현상으로 발견된 별 ... 대부분 공전궤도 반지름 X
- 3) 미세중력렌즈 현상 별 ... 대부분 공전궤도 반지름 X



* 행성의 공전주기 \propto 별과 행성의 거리 $\propto \frac{1}{\text{공전속력}} = \text{공전궤도 반지름}$

06. 외계 생명체 탐사

* 생명체가 존재할 수 있는 행성의 조건

- ① 지구형 행성 (표면이 단단한 암석)
- ② 액체 상태의 물
 - 다양한 물질을 녹일 수 있는 좋은 용매
 - 비열이 크다. = 급격한 온도 변화 억제
- ③ 대기: 온실효과 = 따뜻해, 급격한 온도 변화 따지 (낮. 밤)
 - 오존층 = 강한 자외선을 막아줌
- ④ 자기장: 우주에서 오는 고에너지 입자 차단 ex) 우주선, 태양풍

* 생명가능지대

↳ 별의 둘레에서 물이 액체로 존재할 수 있는 거리의 범위
 (누름 자화목도 현해 中 지구만) ... 태양과 **IAU** 떨어져 있다. (약 1억 5천만 km)

- ① 중심별의 질량이 매우 큰 경우
 - 수명이 짧다
 - 주위 행성에서 생명체가 발생하여 진화할만큼 충분한 시기 확보 X.

② 중심별의 질량이 매우 작은 경우

- 생명가능지대가 중심별과 너무 가까움. 폭도 좁고
 - ↳ 인력 ↑↑ ... 행성의 자전주기가 길어지다가 결국, **동주기자전**
 - ↳ 공전주기 = 자전주기
 - ↳ 낮과 밤의 변화가 없음. = 생명체가 살기 어려움.

* 외계 생명체 탐사

1) 외계 지적 생명체 탐사 (SETI)

- 전파를 이용하여 외계 지적 생명체를 찾을
- 전파 영역에서 관측하는 ATA 망원경 이용 (지상에서 관측)

2) 우주탐사선

- 보이저호, 파이오니어호 : 에세지가 실려있는 금속판, 레코드판 실어 발사
- 큐리오시티 : 화성탐사선 ... 화성대기에서 메테인 C4+ 발견

3) 우주망원경 (우주에서 관측)

- 케플러 망원경 ... 식 현상 이용
- 테스 망원경 ... 식 현상 이용, 가시광선 영역 / 현상 이용
- 제임스 웹 망원경 ... 적외선 영역 / 발사 예정.

↖ 주계열성.

* 중심별의 질량이 클 수록 **광도** ↑

↳ **광도**가 클 수록 생명가능지대는 (중심별에서 멀어짐) 그 폭이 넓어짐

* 단위시간동안 단위면적에 들어오는 에너지 양 = $\frac{\text{광도}}{\text{거리}^2}$

* 태양은 점점 적색거성이 되어간다. = 생명가능지대가 뒤로 밀어짐 (폭도 넓어짐).
 ↳ 지구는 약 10억년 후 생명가능지대를 벗어난다.



VI. 외부 은하와 우주

I. 외부은하

+ 은하 별에서 질량의 방향성은 없다.

* 허블의 은하 분류

↑ I형 ↑ 나선적

· 타원은하 : 편평도로 E0 ~ E7 분류
 성간 물질이 거의 없다.

· 나선은하 : 나선핵 크기, 나선팔이 감긴 정도에 따라 a, b, c 분류

→ 작 ↗ 은하원반 有

나선은하 → 성간물질 많, 고온의 젊고 푸른 별 많
 은하핵 → 성간물질 적, 저온의 늙고 붉은 별 많

1) 막대나선은하 (SB)

2) 정상나선은하 (S) ⊕ 우주는 막대나선은하

· 불규칙은하 : 성간물질 많, 고온의 젊고 푸른 별 많 (Irr)

(I형, II형)

↳ 특징 0 ↳ 특징 X

* 특이은하

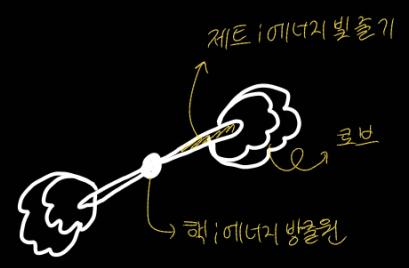
- 1) 적색편이 ↑↑
- 2) 후퇴속도가 빠름
- 3) 우리가 관측하는 퀘이사는 우주 초창기때 모습

① **퀘이사** : 거대한 은하지만 너무 멀리 있어서 하나의 별처럼 보임.

② **전파은하** : 수십배 강한 전파방출, 가시광선 영역에서 타원은하로 보임.

③ **세이퍼트은하** : 중심부의 광도가 상대적으로 높음 (퀘이사보다 낮음...)
 가시광선 영역에서 나선은하로 보임.

스펙트럼에서 방출선 폭이 넓음
 ↳ 중심부에 뜨거운 ↳ 성운이 빠르게 회전
 성운 有



④ **충돌은하** : 은하간의 거리가 가까움 → 인력에 의한 충돌
 성간물질의 밀도 ↑ ... 새로운 별 탄생

02. 대폭발 우주론

멀리있는 은하일수록 더 빨리 멀어간다.

우주의 팽창속도는 어느 위치에서든 일정하다

• 대부분의 은하에서는 적색편이가 일어난다 " 우리은하에서 멀어지고 있다 " 우주는 팽창하고 있다

• 적색편이가 큰 은하일수록 후퇴속도가 빠르다. $V = c \times \frac{\Delta\lambda}{\lambda_0}$
 $z = \frac{\Delta\lambda}{\lambda_0}$ (은하까지 거리가 멀수록 적색편이가 크고, 후퇴속도가 빠름)

↳ 팽창하는 우주의 중심은 없다.

* M : 10^6 Å : 10^{-10} μ : 10^{-6}
 K : 10^3 n : 10^{-9} m : 10^{-3}

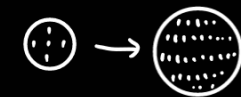
* 허블법칙 $V = h \times r(\text{거리})$ 거리 시간으로 팽창한다!

* 허블상수 : 약 70 km/s/Mpc " 1Mpc 당 우주가 팽창하는 속도

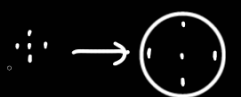
* 우주의 나이 = $\frac{1}{H}$ = 약 138억년

우주의 크기 = $\frac{c}{H}$ = 약 138억 광년 (은하의 후퇴속도는 우주의 끝에서 가장 크다)

• 정상 우주론 : 호일이 주장 / 질량 ↑, 밀도 온도 유지 " 우주는 변화하지 않는다



• 대폭발 우주론 : 가모프 주장 / 크기 ↑, 질량 일정, 밀도 온도 ↓



↳ 대폭발 (빅뱅)

1~3분 : 양성자와 중성자 개수비 1:1

3분 : 약 10억 K / 수소와 헬륨 원자핵의 개수비 12:1 & 질량비 3:1 (초기 우주에는 헬륨보다 무거운 원소는 만들어지지 X)

38만년 : 약 3000K / 중성자와 양성자 " 빛 진행 (투명한 우주, 물질과 복사의 분리)

현재 : 약 2.7K " 2.7K 흑체가 방출하는 전자기파 (전파)로 우주가 채워짐 (우주배경복사)

* 급팽창 이론 (인플레이션 이론) : 빅뱅후 $10^{-36} \sim 10^{-34}$ 초 사이에 우주가 빛보다 빠른 속도로 팽창했다는 이론

① 자기홀극 문제 : 우주의 지평선보다 훨씬 크게 팽창해서 자기홀극은 우주의 지평선 너머로 틀어짐 " 자기홀극의 밀도 ↓

② 우주의 지평선 문제 : 원래 지평선에서의 빛은 서로 만날 수 없는데, 빅뱅후 급팽창 이전까지 우주는 지평선보다도 작았어서 우주 내부의 빛이 충분히 섞였다 " 우주배경복사 균일

③ 우주의 평탄성 문제 : 현재 우주는 곡률 = 0 으로 보인다. → 우주초기에 급격하게 팽창해서 우주공간크기가 매우 커진 것!

* 가동 팽창 우주

↳ 예정보다 더 어두움.

-우주의 팽창속도는 점점 빨라지고 있다. (Ia형 초신성 관측으로 찾아냄)

↳ 병 암흑에너지 " 척력유발

↳ 먼라게 우주의 모습이 반영된 것

03. 암흑물질과 암흑에너지

- 보통물질: 비교적 쉽게 관찰할 수 있는 대상 / 밀도가 매우 작다. (전세계파로 검출가능)
- 표준모형: 이 세상은 기본입자 12개 ... 이런 거로 이루어져 있다.
- 암흑물질: 빛과 상호작용하지 않아서 실체 X
 - ↳ 중력 유발, 간접적으로만 존재 확인 가능.

① 중력렌즈현상 이용

- 거대한 은하단이 큰 중력유발 ... 퀘이사 등에서 오는 빛이 굴절됨 ... 상이 여러 개 관찰됨.
- 실제 직접적으로 관측되는 질량 < 중력렌즈 현상으로 유추한 은하단 질량 ... 은하단에 **암흑물질** 존재.

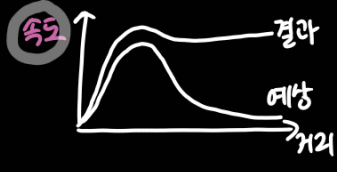
② 나선 은하의 회전 속도 이용

- 강제회전: 질량이 골고루 분산된 경우 / 실제 선 속도는 거리에 비례
- 케플러회전: 질량이 중심부에 집중된 경우 / 회전 중심으로부터 거리가 멀어질수록 회전속도가 느려짐.

- 나선은하관측 (질량이 중심부에 집중)

예측: 중심부는 강제회전, 주변부는 케플러회전

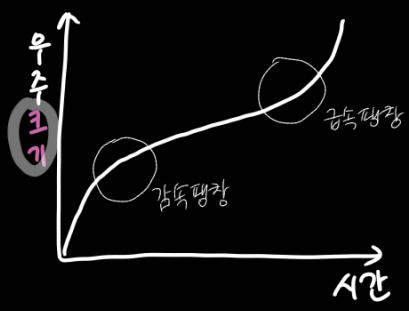
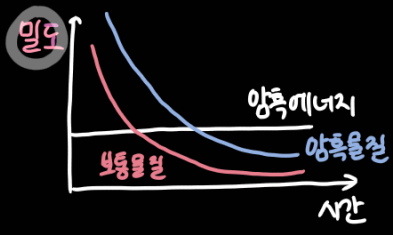
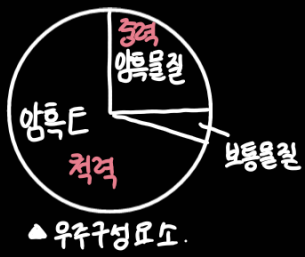
결과: 중심부는 강제회전, 주변부는 중심부에서 멀어져도 회전속도 일정.



⇒ **암흑물질 존재 확인!**
(아 ~ 은하외각에도 상당한 양의 물질이 있구나)

* 암흑에너지

- ↳ 척력 유발 (우주 팽창 속력 ↑↑)
- ↳ 우주가 팽창함에 따라 암흑에너지 밀도 ↑ ... 밀도 일정. (+) 보통 물질 밀도 일정. 밀도 감소.

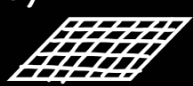


빅뱅 → 급팽창 → 감속팽창 → 가속팽창
(암흑물질 99) (암흑에너지 99)

* 우주의 미래

- 임계밀도: 우주팽창의 힘과 우주 밀도의 중력이 평형일 때 밀도.
- 밀도변수 Ω : $\frac{\text{우주밀도}}{\text{임계밀도}} = \frac{\text{물질+에너지 밀도}}{\text{임계밀도}}$

- #1) 열린우주: 임계밀도 > 우주의 밀도 / 팽창 forever / $\Omega < 1$ (음의곡률)
- #2) 닫힌우주: 임계밀도 < 우주의 밀도 / 속도 낮아지다가 수축 / $\Omega > 1$ (양의곡률)
- #3) 평탄우주: 임계밀도 = 우주의 밀도 / 속도 낮아지지만 계속 팽창. / $\Omega = 1$ (곡률 = 0)



* 초신성 관측 자료는 가속팽창 우주모형에 잘 맞는다.

* 가속 VS 감속 팽창 ... 물질 VS 에너지 우세정도 비교!