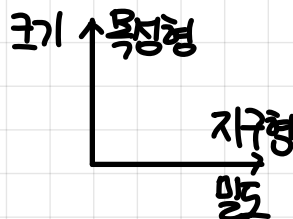


지구과학 II _ 마지막 정리

01. 지구의 형성

• 태양계의 형성과 진화

초신성 폭발 → 수축 → 원시 태양 → 원시 행성

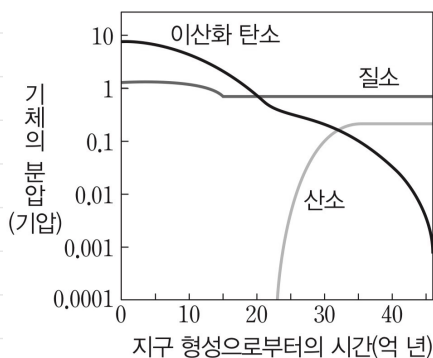


• 지구의 탄생과 진화

미행성체 충돌 → 마그마 바다 → 원시 지각, 해양

- by 미행성체, 중원소
- 미행성체 충돌수 ↓
- 밀도 분리
- 지각 냉각 → 수증기 응결

• 원시 대기의 변화



지구 대기의 조성 변화

- 질소 : 안정
- CO₂ : 해수에 용해, 침전
→ 탄산염
- O₂ : 남세균으로 증가, 산층 형성

* H₂O는 Scale 3cm.

02. 지구 내부 에너지

• 지구 내부 에너지의 근원 : 미행성체 / 중력수축 / 밀도분화 / 방사성 원소 붕괴열

* 단위 부피당 방사성 원소 함량 : 대륙지각 > 해양지각 > 맨틀

↳ 부피 : 맨틀 >> 지각 ⇒ 방열량 맨틀 > 지각

• 지각 열류량 : 1m²당 1초당 유출되는 에너지

- [H] : 맨틀 물질 상승, 냉각열
- [L] : 맨틀 물질 하강, 마그마 활동

⊗ 방사성 함유량 대 > 해
평균 열류량 대 < 해
↳ 해양지각이 더 얇아서.

03. 지진파와 지구 내부 구조

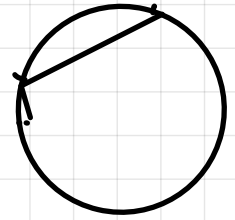
• 지진파

P파 (종파), S파 (횡파)
[고.액.기] [고]

⊕ ① 중심 km — ① 천박지진
② 심해 km — ② 심박지진

$$PSI \times \frac{v_p \times v_s}{v_p - v_s} = \text{진원거리}$$

* 진원이 멀면 $\text{망} > \text{원}$
가까우면 $\text{망} < \text{원}$

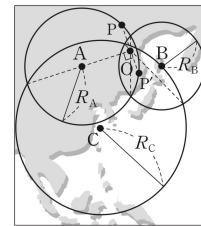


PSI → 주시 곡선 = 진앙거리

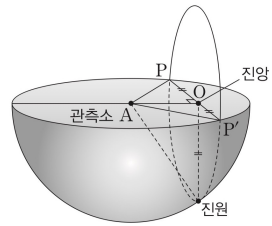
진앙의 위치 : 원 세 개 (R=진원거리) 공통점의 교점

진원의 깊이 : 중심-진앙에 누적이면서 진앙 지나는 현의 1/2

* 진원이 많으면 진앙 : 원 세 개의 교점



진앙의 위치 결정



진원의 깊이

• 지구 내부 구조

아령대 < P: 10° ~ 14° (≠ 11°)
S: 10° ~ 18° → 외핵 = 액체

* 지진파 속도 : 고 > 액 > 기

암석권 : ~ 100 km

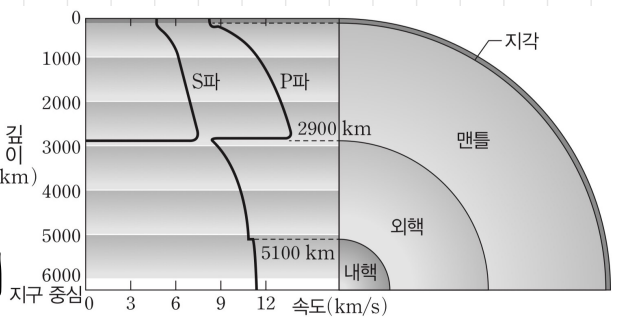
지각+맨틀 연약권 : ~ 400 km / 지동도층 (80~220) / 부분용융

중간권 : ~ 2900 km

모든

구간

계단



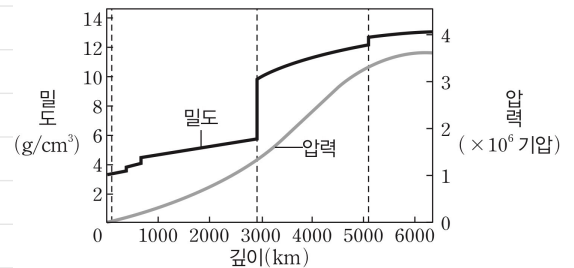
지구 내부에서 지진파 속도

• 지각 평형성

프랫 (flat) : 밀도 다름, 깊이 같음
메이리 : 밀도 같음, 깊이 다름
삭제 : 밀도 다름, 깊이 다름

지각 평형 : 중력과 부력의 평형

↳ 조류운동 [융기 : 스칸디나비아, 정동진
침강 : 피인즈, 기아노, 다도해



지구 내부의 밀도와 압력 분포

⊕ 중력: 외핵부터 감소, 중심에서 0

* 지각 평형 모형 설명

1) 등압면에서의 압력 ($P = \rho \cdot g \cdot h$)이 같다 $\rightarrow \rho \times h$ 의 합이 같다

2) 밀도비 $\propto \frac{\text{장입 전체}}{\text{장입 안쪽}}$

04. 지구 중력장

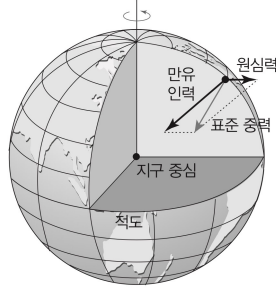
$$\overrightarrow{\text{만유인력}} + \overrightarrow{\text{원심력}} = \overrightarrow{\text{중력}}$$

- 표준중력 $\propto$ 위도

- 단진자의 주기가 클수록 g 가 작다
($T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$)

- 중력 이상 = 실 - 표 $\rightarrow$ 상대적 (+) : 적도, 해양지각
(-) : 양면, 대륙지각

$$\Delta = \frac{\text{나중}}{(\text{중})} - \frac{\text{처음}}{(\text{표})}$$



만유인력, 원심력, 표준 중력의 관계

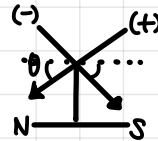
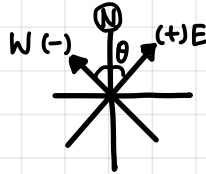
05. 지구 자기장

- 다이너모 이론: 유도 전류의 자기장

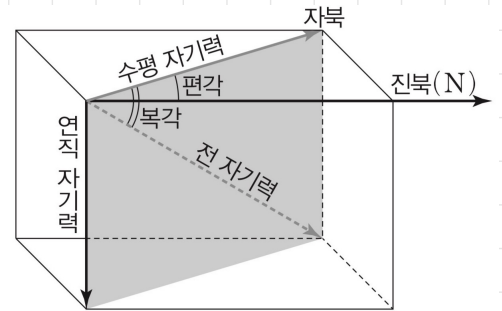
- 지구 자기 요소: 편각 / 북각 / 수평 자기력
(전 자기력의 요) (자북 ~ 진북) (가위)

- 편각: 진북을 기준으로 본 자북

- 북각: 자침이 수평면과 이루는 각



* '가위' 생각해



지구 자기 요소

• 지구 자기장의 변화

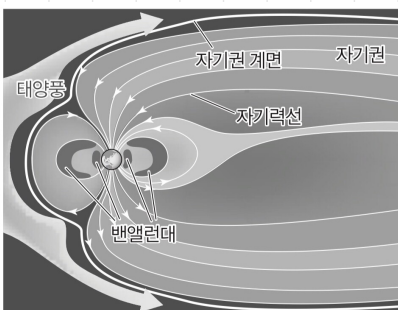
- 일변화: 외적요인 >> 내적요인

주기 = 1일, 태양 고도에 영향 $\rightarrow$ 밤 < 낮, 겨울 < 여름

⊕ 자기 폭풍: 태양 활동

- 영년변화: only 내적요인 (외핵 운동)

$\rightarrow$ 자기 역전 (역전 횡단)



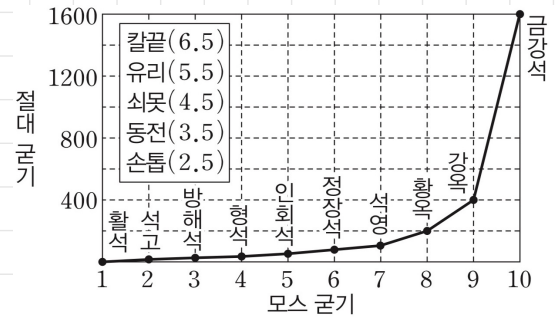
자기권과 밴앨런대

외대: 전자 $\rightarrow$ 잘 양자화 더 많음.
내대: 양성자

06. 광산염 광물, 07. 편광 현미경과 암석 조직

- 결정형: 자형 - 반자형 - 타형
- 각도에 정육면체 → 내복원자/이온의 배열 상태
- 광물의 물리적 성질 : 색, 조흔색, 조개짐, 굳기, 광택

자색 타색
 조개짐
 개짐



구분	독립형 구조	단사슬 구조	복사슬 구조	판상 구조	망상 구조
Si : O	4:16	4:12	4:11	4:10	4:8
광물	감람석	휘석	각섬석	흑운모	석영
정수리	(Mg, Fe) ₂ -SiO ₄	(Mg, Fe)-SiO ₃	Ca ₂ (Mg, Fe) ₅ -(Al, Si) ₈ O ₂₂ (OH) ₂	K(Mg, Fe) ₃ AlSi ₃ O ₁₀ (OH) ₂	SiO ₂
결합 구조	① 규소(Si) 산소(O)	②	③	④	⑤

광물 색소 · 광화 저항도

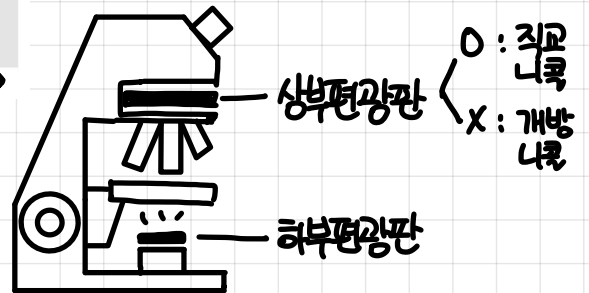
- 복굴절 : 두 갈래 (상광선, 이광선)
- 등방체 (방출, 형석, 암염)

* 개방

- 밝다 → 투명광물
 - 색상 일족들 (다색성) → 유색 이방체
 - 투명 → 등방체, 무색 이방체
- 어둡다 → 불투명광물 (ex. 금속광물)

* 직교

- 간접색 찬란 → 유색 이방체
- not 찬란 → 무색 이방체
- 어둡다 → 불투명광물 / 등방체 (완전광) (빛이 통과 X)



개방니켈 : 다색성
 직교니켈 : 간접색, 노광

투명 (유/무색 이/등방체)
 불투명

무색 : 석영, 장강석, 사장석, 백운모
 유색 : 감, 휘, 각, 흑

• 화성암

- 결정형 : 자형-반자형-다형

과 저

- 조직 : 조립질-저반/암주에서 형성

반상-암상/암맥 형성 → 병행+섞기

세립질.원질 - 빠진 색

조직에 의한 분류	화학 조성에 의한 분류			염기성암	중성암	산성암
	성질	SiO ₂ 함량	색	적음 ← 52 %	← 63 % →	→ 많음
	조직	냉각 속도	많은 원소 밀도	어두운색 Ca, Fe, Mg 크	중간	→ 밝은색 Na, K, Si 작음
화산암	세립질 조직	빠르다		현무암	안산암	유문암
심성암	조립질 조직	느리다		반력암	섬록암	화강암

↳ 유문현은
라성반

• 화적암 :

노대변성 (녹정작용, 고결문질) / 인화적 (한정온도) / 유기적

↳ 역암, 사암

↳ 암염, 석고, 석회암

↳ 석회암, 석회, 석회

* 2mm 이상 → 역암

1/2mm 이하 → 점토

* 엽리 vs 편리 vs 층리

• 층리 : 화적으로 나타나는 구조

• 엽리 : 압력에 수직으로 배열된 상태

• 편리 : 눈에 보이는 엽리

• 편마 : 두께를 줄임

• 변성암 :

접촉변성 (역) / 광역 변성 (역, 암주)

↳ 편마, 입상변성

↳ 엽리

변성 작용	원암	변성암
접촉 변성 작용	세일	훈펠스
	사암	규암
	석회암	대리암
광역 변성 작용	세일	점판암(슬레이트) → 천매암 → 편암 → 편마암
	사암	규암
	석회암	대리암
	화강암	화강 편암 → 화강 편마암

08. 광상

- 금속광물자원 vs 비금속광물자원 → 제련의 원

• 라성 광상 : 마그마 냉각 과정에서 생성

1) 정마그마 광상 : 자철석, 크로코철석, 백금, 니켈

2) 페그마타이트 광상 : (석영, 장석, 운모), 희유원소, (철, 텅스텐), (주석, 전구)

3) 기성 광상 : 텅스텐, 주석, 망가니즈

4) 열수 광상 : 석영맥, 금, 은, 구리, 납, 아연

• 화적 광상 : 이미 존재하고 있는 것의 재구성

1) 표사 광상 - 운반되어 화적 : 사금, 금, 백금, 금강석, 주석

↳ 제련 시 Al

2) 풍화산출광상 - 그 자리에 화적 : 장석 → 고경토 → 보크사이트
각철, 적철

3) 침전 광상 - 해수 증발 : 적철석 (철산화물), 석회석, 망가니즈 탄화, 암염, 석고, 황산나트륨

• 변성 광상 : 흑연, 황철, 석면

• 접촉교대광상 - 석회질화석 + 라성암체 → 석회질과 규산염 반응 → 기존광물교대 : 철, 구리, 텅스텐, 납, 주석, 몰리브데넘, 아연

09. 광물과 양질의 이용

• 광물의 이용

금속 광물	이용
철	기계, 자동차, 건축, 조선 등
구리	전선, 전자 부품, 합금 등
알루미늄	고압 전선, 합금, 우주 항공 산업, 창틀, 건축 재료, 알루미늄 캔, 주방 용기 제작 등
망가니즈	강철 합금, 의약품, 건전지 등
금	보석, 치과 재료, 화폐, 전자 제품
은	보석, 사진 재료, 식기
납	도료, 전지
리튬	전지 원료
희토류	전자 산업, 항공 우주 산업 등

비금속 광물	이용
고령토	종이, 도자기, 시멘트의 원료 등
규사	유리, 도자기, 반도체 소자, 내화 벽돌의 원료 등
유황	화학 공업 원료
형석	알루미늄 제련, 의약품
점토 광물	도자기, 내화 벽돌, 종이
석영	유리 원료, 광학 기구, 전자 부품 등
장석	유리, 에나멜, 유약, 치과용 재료 등
활석	종이, 페인트, 화장품의 원료 등
운모	단열재, 절연체 등

• 양질의 이용

암석	이용
화강암	건축 자재
대리암	건축 자재, 조각 재료
석회암	비료, 시멘트, 화학 공업 원료
현무암	건축 자재, 맷돌 등
반려암	돌그릇

* 비금속 광물: 생분해 / 분해 과정 필요.

10. 해양 자원

• 해양 에너지 자원 : 가스수력(저문고압) / 해양연료 / 해양 재생에너지

1) 조력 - 조차 (위치에너지) , 여류 O, 파조력 → K해안 (시화호)

2) 조류 - 조류 여류 Δ, 비파조력 → 문동호

3) 파력 - 파조 (운동에너지) , 변동량 ↑, 고정식/운동식 → 동해, 제주도

4) 온도차 - 수온변화 , 표층-심층 온도차 → 영대 해역에서 유리

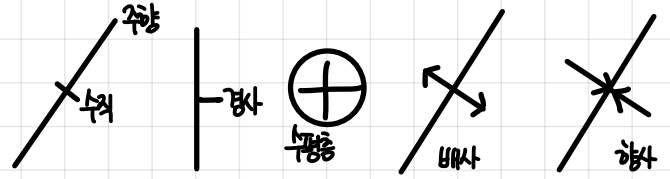
• 해양 생물 자원 : 재생산력 ↑

• 해양 광물 자원 : 브리진, 유라늄, 마그네슘 등이 풍부함

* 망가니즈 단괴 (망가니즈, 철, 구리, 니켈, 코발트) → 클리프톤-클리퍼턴 단독 개발권 (저문고압) Ni C.F.E, Co M. → 나한 .com

11. 지질도 작성과 해석

- 노두 : 지층이 지표로 노출된 지점
- 노천지질도 → 지질도 → 지질단면도 → 지질주상도
- 크기노미터 : 그냥 읽으면 됨. → 수향보정 : 편각을 그대로 더해주기
- 경사 : 그림 보고 판단
- 주향 : 교선이 진북에 대해 가해진 각도



* 지질단면도 ① 축 잡기

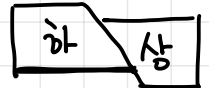
② 계곡 / 능선 판단

③ 계곡 → 위로 접어들기 / 능선 → 아래로 접어들기

④ 지층선, 단층선 그리기

⑤ 세부 판단

⊕ 상반-하반



상반이 내려가면 정
음이면 역

지층의 선관계
→ 수평으로 원기 이용

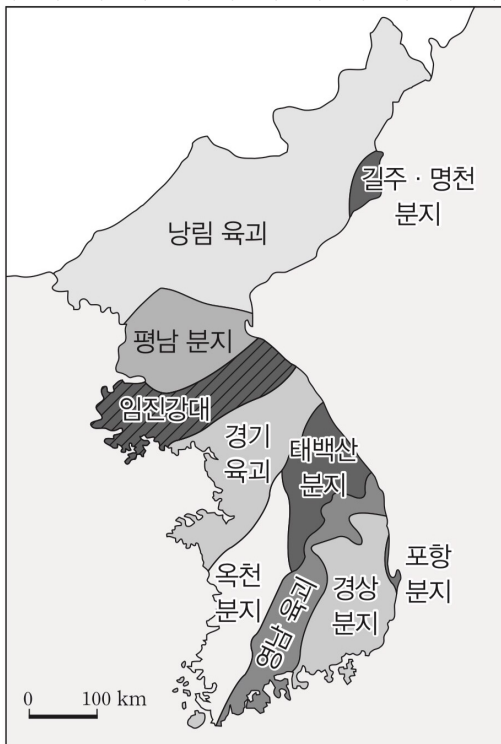
⊕ 경사

두 주향선의 수평 거리
높이 차를 이용해 판단

⊕ 굽은 → 함양
역단층
정단층 → 장력

12. 한반도의 지사

• 한반도의 권



한반도의 지체 구조

- 육괴 : 방향성 X

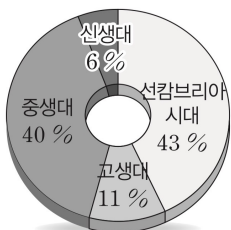
- 남령, 경기, 영남 → 선캄브리아 변성암 (편·편마)
중생대 + 각암 (관입)

- 분지 : 화적층

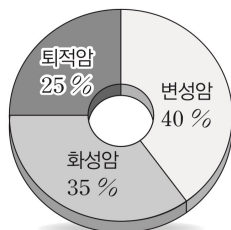
- 평남 → 고생대 화적층
- 경상 → 백악기 화적암 + 리산암
- 포항 → 네기 지층

- 중생대 : 변형 지형

- 육괴 중생대 [육괴 분지 (변성)
태백 분지 (비변성)



지질 시대별 암석 분포



종류별 암석 분포

⊕ 선 > 중 > 고 > 신

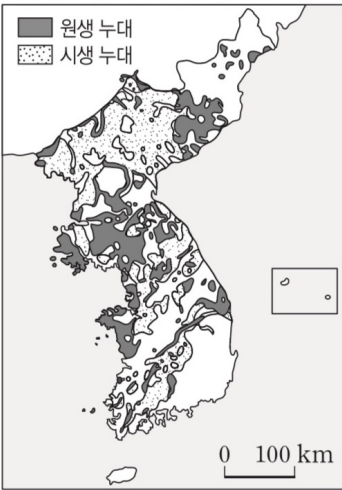
변 > 화 > 퇴

(많은 순서대로)

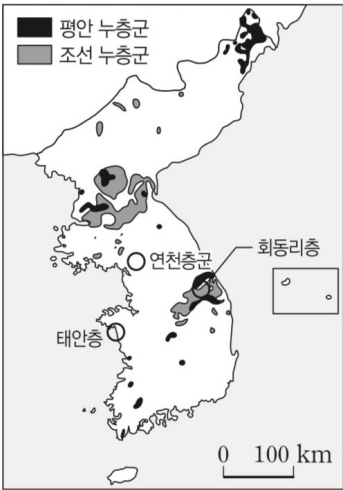
✧우리나라 지질계통 / 지질 시대별 암석 분포

지질 시대		지질 계통	특징
신생대	제4기	연일층군	육성층/해성층
	네오기		
	팔레오기		부정합
중생대	백악기	경상 누층군	육성층, 공룡 화석
	쥐라기		불국사 화강암 관입 불국사 변동
	트라이아스기	대동 누층군	육성층, 석탄층
			부정합 대보 조산 운동
고생대	페름기	평안 누층군	육성층, 석탄층
	석탄기		해성층, 석회암
	대본기		부정합
	실루리아기		결층
		회동리층(실루리아계)	해성층
	오르도비스기		부정합
	캄브리아기	조선 누층군	결층
선캄브리아 시대 (시생 누대, 원생 누대)		선캄브리아 시대층	해성층, 석회암
			부정합
			변성암 복합체

우리나라의 지질 계통과 특징



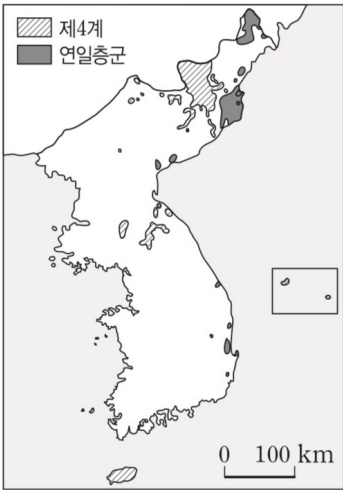
선캄브리아 시대



고생대



중생대



신생대

우리나라의 지질 시대별 암석 분포

• 선캄브리아

- 경·영·남 육괴
- 시생누대 → 대이차도 형성 / 원생누대 → 조청도 노르마틸라이트

• 고생대

- 조신누층 → (연전, 리징니) → 평안누층

⊕ 생물학자의 코노트

- 조신누층 : 평남·대백산 분지 (해성) - 석리암, 사암, 셰일

↳ 조핑 삼 탄 두 코
 석 염 족 족 노
 층 층 류 류 든 트

⊕ 육층 ≠ 마른 땅
 ↓
 관수 등 민물환경

- 평안누층 : 조신누층 위 부정합 (해성 → 육성) - 사암, 셰일, 무연탄층

↳ 평양 방 탄 산 무
 치 추 족 은 연
 식 층 류 판
 무 층 류 층

* 바다에 있다가 육지로 드러남.

- 중생대 : 홍성 → 대누 → 대보 → 경상누 → 빛변
 (해) (주암) (백암)

- 대동누층 : 석암, 사암, 셰일, 석탄층 (육성)

↳ 대 노 운 연 민
 청 행 체 못
 류 나 등 고
 무 무 못 기

- 경상누층 : 사암, 셰일, 석암, 음반암 (육성)

↳ 경 연 적 음
 체 지 리
 등 등 암
 무 무

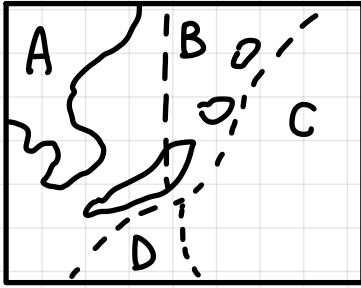
- 신생대 : 동해, 제4기, 특도, 원릉도 형성 (육성, 해성)

↳ 연 유 규
 암 공 라
 층 층 무
 군

↳ 제4기 지층

13. 한반도 주변의 판 구조 환경

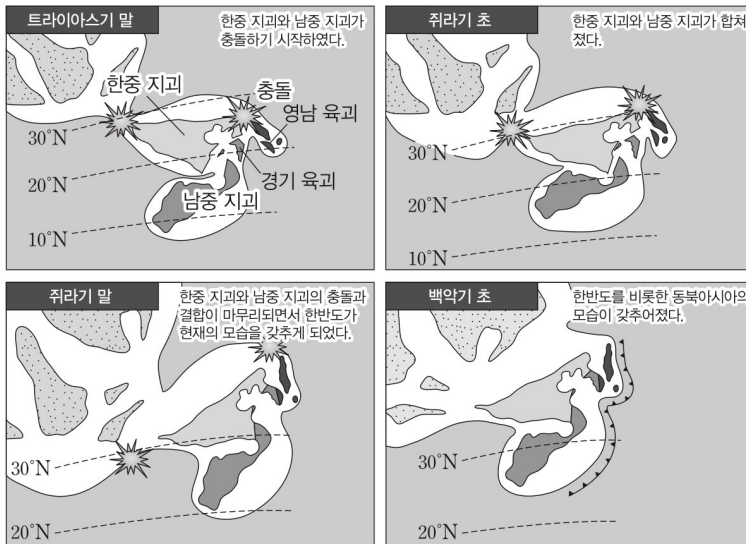
• 한반도 주변의 판 구조



필리핀 (D)이 유라시아(A) 아래로 섭입,
태평양(C)이 필리핀과 북미(B) 아래로 섭입

• 한반도의 형성

- 고생대 : 곤드와나 주변의 적도 지역
- 중생대



한반도의 형성 과정

① 곤드와나에서 한중·남중국지괴 분리

② 두 지괴 충돌 → 몽골변동

③ 두 지괴 합성 → 대보조산운동

↳ 북한산, 계룡산

이후 북으로 이동, 유라시아와 충돌

④ 백악기, 고태평양판의 섭입

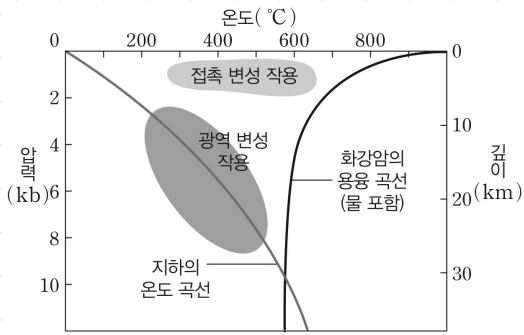
→ 불사강암 + 화산암 (경상도)

- 신생대 ① 태평양판이 일본 아래 섭입

② 일본이 골짜기 → 동해 확장

③ 북→북→북→한 형성

14. 변성 작용과 한반도의 변성암



변성 작용의 온도와 압력 범위

변성작용

점층변성
(면)

hornfels 조직 : 치밀 균질 (세립 + hornfels)

입상변정질 조직 : 원암 광물의 재결정 (대리암, 규암)

광역변성 - 엽리 조직 : 압력에 수직

(현+엽리) → 편리 → 편마 (by 두께)

변성 작용	원래의 암석	변성암			
		변성 후 암석	조직		엽리 유무
접촉 변성 작용	사암	규암	입상 변정질 조직		엽리 없음
	석회암	대리암			
	세일	훈펠스	훈펠스 조직		
광역 변성 작용	세일	점판암	쪼개짐	세립질 ↕ 조립질	엽리 발달
		천매암			
		편암	편리		
		편마암	편마 구조		
	현무암	각섬암	엽리		
	화강암	(화강) 편마암			

※ (* 규암과 대리암은 광역 변성 작용에 의해서도 만들어질 수 있음)
↳ 엽리 뚜렷 X

• 한반도의 변성암

- 선캄브리아 : 경기육괴 인천 대이작도 현암(편마) / 백령도 규암, 영남육괴
↳ oldest, 25억년

- 태백산, 무전, 양진강, 경이 → 동강변동 광역변성

- 대보조산, 뽕사 변동 점층변성 → 퇴적암의 hornfels화

④ 현암

변성암의 입자가 작고
조밀하기 때문에
변성암의 구조

15. 해수면 움직이는 힘

- 정역학 평형 : 압력 경도력과 중력이 평형인 상태
- 압력 경도력 : 압력의 차이로 인해 $\textcircled{H} \rightarrow \textcircled{L}$ 로 작용하는 힘.
- 정역학 방정식

$$\Delta P = \rho \cdot g \cdot \Delta z \rightarrow \text{모든 위치에 성립}$$

• 수압 : 물 위의 한 점에서 받은 압력 $\rightarrow$ 모든 방향에서 같은 크기

- 수압 경도력
 - 연직 PGF : 운동 거의 X
 - 수평 PGF : $\textcircled{H} \rightarrow \textcircled{L}$ 로 힘을 받아 이동
- ex) 바람, 기압차, 온도차 등 ... Point는 "경사" 아 "밀도"

1) 밀도가 일정할 때 수평 수압 경도력

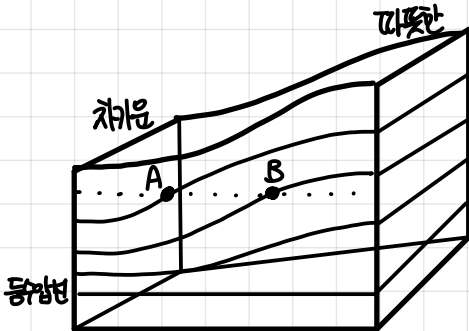


$$A \text{와 } B \text{ 지점 아래의 두 지점에서의 } \Delta P = \rho g \Delta h$$

이 해수의 단위 질량에 작용하는 PGF

$$\frac{\Delta P \times \Delta S}{m} = \frac{\Delta P \times \Delta S}{\Delta L \times \rho \times \Delta S} = \frac{1}{\rho} \cdot \frac{\Delta P}{\Delta L} = g \times \frac{\Delta h}{\Delta L}$$

2) 해수의 밀도 차에 의한 수압 경도력



밀도가 다른 두 수괴에서도 수압이 높은 B에서 낮은 A로 수압 경도력이 작용한다.

$\rightarrow$ 해수면의 경사에 비례!

⊕ 등압면 비교
= 등심에서 비교.
같은 높이를 수평 선

⊕ 등밀도의 때
가열 $\rightarrow$ 열팽창 } 기압이
냉각 $\rightarrow$ 수축 } 낮아짐

• 전향력 : 지구 자전에 의해 나타나는 힘

$$C = 2v\Omega \sin \varphi \quad (\Omega: \text{지구 자전 각속도}, \varphi: \text{위도}, v: \text{물체의 속도})$$

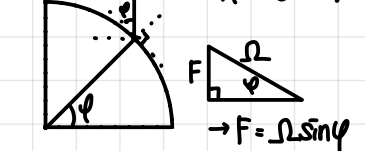
* 속력은 변하지 않지만 X, ρ 의 방향만.

* $\sin \varphi$ ($0 < \varphi < 90$) 은 위도에 비례.

* 적도에서 전향력 = 0.

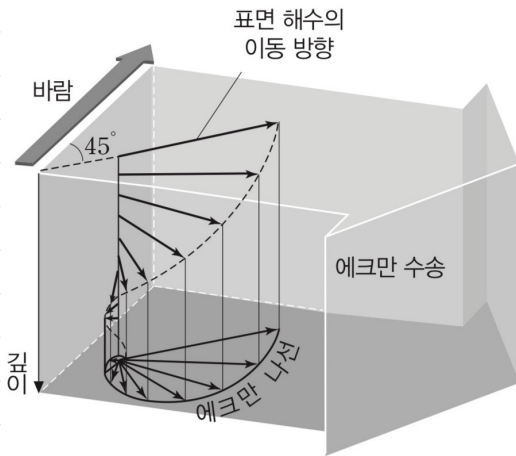
⊕ $\Omega, \sin \varphi$ 따지 $\rightarrow$ X

$\Omega \sin \varphi$ = 위도 φ 지점에서의 지구 자전 각속도



16. 미크만 수송과 지형류

- **미크만 수송** : 마찰층 내 해수의 평균적인 이동
바람에 대해 전향력 방향 90°로 이루어진다.



에크만 수송(북반구)

- **바람**
- **표면 해수** : 바람의 1%씩 45°
- **마찰 저항심도** : 표면 해수의 정반대
- **마찰층** : 표면 ~ 마찰저항심도
↳ 바람이 강할수록, 전향력이 약할수록 깊다

- **지형류** : 미크만 수송으로 해수면 높이가 달라져 작용하는 PGF와 전향력의 평형으로 흐르는 해류
↳ 수압 경도력의 전향력 방향

- 지형류의 유속 : $PGF = C$

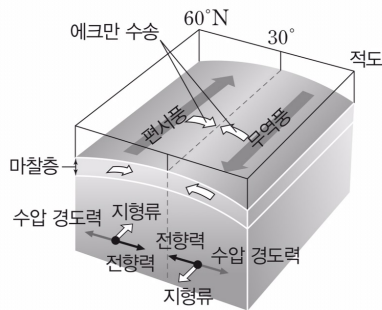
$$g \frac{\Delta H}{\Delta L} = 2v\Omega \sin \phi \rightarrow v = \frac{g}{2\Omega \sin \phi} \frac{\Delta H}{\Delta L}$$

↗ 변수.
[등위도 : 가속에 비례
등위도 : 위도에 반비례]

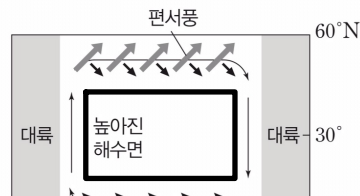
- **형성 과정** : 바람 > 미크만 수송 > 수평 PGF > 해수면 상승 > C 작용 ↑ > 지형류

• 서안 강화 현상

- **아열대 순환(N)** : 북동무역풍 + 편서풍 → 기압기, 지형류 → **한류**

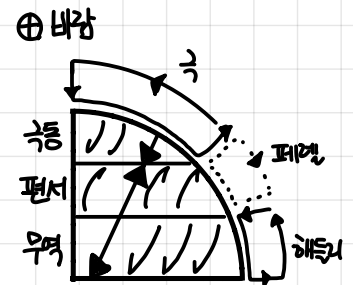


에크만 수송과 지형류(북반구)

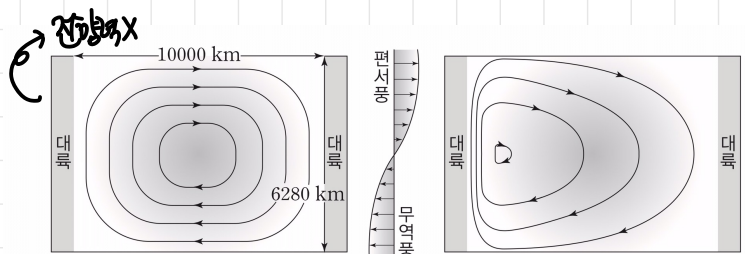


구분	폭	깊이	속도	해수의 수송량	예
서안 경계류	좁다	깊다	빠르다	많다	쿠로시오 해류, 멕시코 만류
동안 경계류	넓다	얕다	느리다	적다	캘리포니아 해류, 카나리아 해류

아열대 순환(북반구)



- **서안 강화 현상** : 위도에 따른 C 차이로, 편서풍 > 무역풍, 해수 이동량의 차이로 서쪽에 쌓임
→ 수압 경도력 차이 → 서쪽의 흐름 강해.



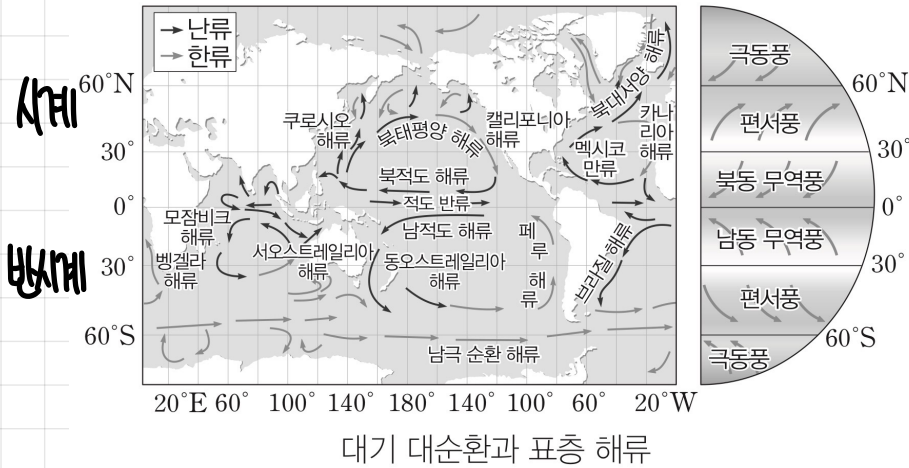
(가)

(나)

-서안 경계류와 동안 경계류

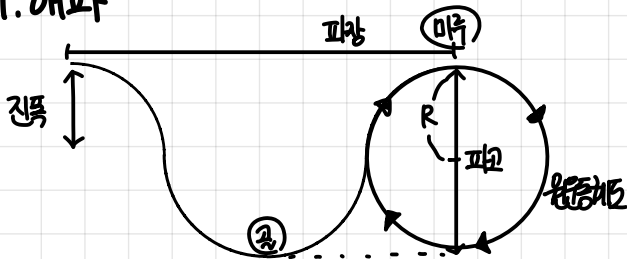
구분	폭	깊이	속도	해수의 수송량	예	염도 D.O.
서안 경계류	좁다	깊다	빠르다	많다	쿠로시오 해류, 멕시코 만류	높을수록 ↑ ↓
동안 경계류	넓다	얕다	느리다	적다	캘리포니아 해류, 카나리아 해류	낮을수록 ↓ ↑

※ 서안 경계류 : 위도별 특이점 해류



- 적도해류 (북, 남) → 무역풍
- 북태, 북대, 남극 → 편서풍
- 적도 반류 → 적도무역대 (W → E)

17. 해파



$$\text{파장} = \frac{\text{파장}}{\text{주기}} \left(v = \frac{\lambda}{T} \right)$$

• 물 입자는 원운동하여 제자리로 돌아온다.

⊕ 파동의 방향 = 진행방향

• 수심에 따른 분류

심해파 : 깊이 > $\frac{\lambda}{2}$, 원운동, 오직 파장에만 영향
 $v = \sqrt{\frac{g\lambda}{2\pi}}$
 $\hookrightarrow h = \frac{\lambda}{2}$ 이하에서는 원운동

⊕ 심해파
 $v = \sqrt{\frac{g\lambda}{2\pi}}, \lambda = \frac{gT^2}{2\pi}$
 $\begin{cases} v \propto \sqrt{\lambda} \\ v \propto T \\ T \propto \sqrt{\lambda} \end{cases}$

천해파 : 깊이 < $\frac{\lambda}{20}$, 타원운동, 수심에 영향을 받는다
 $v = \sqrt{gh}$
 $\hookrightarrow$ 해저에서 마찰운동

* 천해파 : 표면에서 타원 운동

↳ 파장의 영향과 수심의 영향을 모두 받음

• 모양에 따른 분류

- 풍랑 : 바람으로 직접 발생. 파주기 짧고, λ, T 짧음
- 너울 : 풍랑 중 파장이 긴 파가 분리되어 나온 것. 파주기 길고, λ, T 길음
- 연안외파 : 너울에서 전파되어, 파장 짧고 파고 크다

• 해파의 발생과 전파

- 1) 바람의 수 시간 지속 → **분출한 해파의 생성** (더 오래 뛴면 **높 파고, 긴 파장**)
- 2) 풍력대 벗어남 → 파장이 긴 파동 분리 → 파장이 고르고 마루가 둥근 **너울 생성**
- 3) 너울이 연안으로 접근 → $h < \frac{\lambda}{2}$ → **삼해파의 성격을 잃고 천해파로 변화**
- 4) 더더욱 접근 → $h < \frac{\lambda}{20}$ → **천해파**

두심이 많아지면서 by 해저 마찰, $v \downarrow$, 파폭이 빠른 파동의 **중첩** → $\lambda \downarrow$, 파고 $\uparrow$

= 연안 노파 $\left\{ \begin{array}{l} \text{경사 급: 북해경} \curvearrowright \\ \text{경사 완만: 미해경} \curvearrowright \end{array} \right.$

⊕ 풍력대

방향에 일정한 바람이
지속적으로 부는 구간

5) 해안에 반동해 접근 → **천해** → 해안선에 수직으로 접근

$\left[\begin{array}{l} \text{썰: 해파의 E 집중} \rightarrow \text{침식 작용 위세} \\ \text{만: 해파의 E 분산} \rightarrow \text{퇴적 작용 위세} \end{array} \right.$

18. 해일

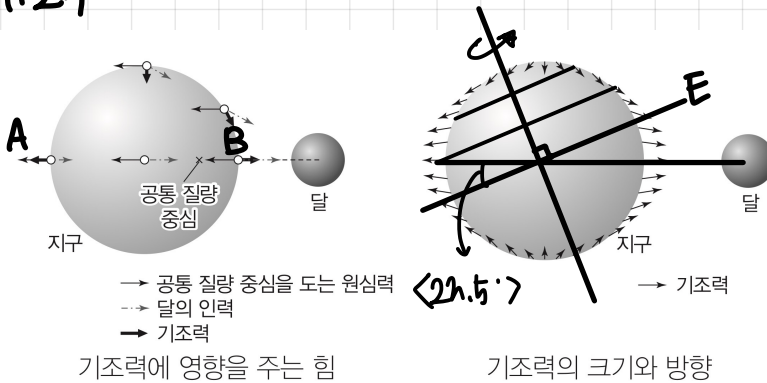
- **지진해일** = 천해파 ($\lambda \doteq 200\text{km}$)
- **폭풍해일** → by 낮은 기압, 강풍 → 만조와 겹치면 파해 $\uparrow$

⊕ 삭 → 상현 = 7일

삭 → 삭 = 28일

삭 → 망 = 15일 (보름)

19. 조석



• 조석 현상 by **12조** (만유인력 + 원심력)

• 만조: Highest 간조: Lowest

• 조차: 만조 h - 간조 h

• 조석 주기 = $12\text{h}25\text{min}$ → **같은 자리** = $24\text{h}50\text{m}$
($24\text{h} \rightarrow 1\text{h}$ 차이 $\rightarrow 50\text{m}$)

• 고위도: 일주조 → 1만간

적도: 반일주조 → 2만2간 (동일)

혼합조: 2만2간 (위.위 불일)

* 식재는 해저 요인 등도 고려해야 함.

• 삭.망 = 사리 (Max) / 상.하현 = 조 (min)

• 사리 = 달과 태양의 기조력이 합쳐짐 (대조)

• 조 = 달과 태양의 기조력이 분산됨. (소조)

* 원심력 = 지구의 모든 지점에서 방향, 크기 똑같음 *

• $12\text{조} = \frac{M}{R^3}$ → 태양의 12조 도 고려한 결과.

• 태양 12조 보다 달 12조 가 2배 이상 크다.

• by 계산 A, B 지점의 기조력의 크기는 같다 *

↳ 반일주조 해수면 높이가 비슷한 이유.

20. 단면 변화

- 상대습도 = $\frac{\text{현재수증기압}}{\text{포화수증기압}} \times 100$

⊕ 포화상태 = 동적 평형상태

↳ 응결량 = 증발량

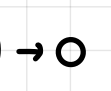
- 이슬점 : 공기 A가 포화 상태에 도달하는 온도 (기온 = 이슬점)

↳ 공기의 수증기압에 의해 결정된다

- 적대습도 : 공기 A의 단위 부피당 수증기 밀도

↳ 잠열의 방출

단면팽창 :  내부에서 기온 ↓ 온도감소 (구름생성)

단면압축 :  내부에서 기온 ↑ 온도증가

→ 단면 = only 기압 변화에 의한 온도 변화 *

• 단면 감률

북표화상태 : Δ 공기의 온도 → $10^\circ\text{C}/\text{km}$

Δ 이슬점 온도 → $2^\circ\text{C}/\text{km}$

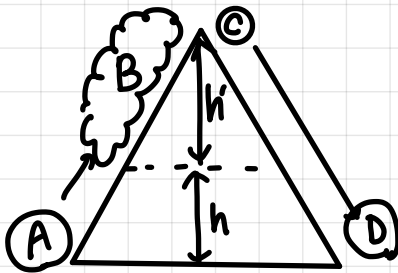
포화상태 : Δ 공기의 온도 → $5^\circ\text{C}/\text{km}$
 Δ 이슬점 온도 → $5^\circ\text{C}/\text{km}$ → 상시, 구름 생성

* 문제에서 다르게 주지 않음

- 상응점고도 $h = \frac{1}{\beta} (T - T_d) \text{ km}$

$125 \left(\frac{1}{4} \right) \beta = 1/\text{cm}$

• 편향상 : 북표화공기가 산꼭대기 높이로 고온 건조해져 부는 바람



• h' 동안 상대습도 100%인 상태로

습윤단면 감률로 온도 (= 이슬점) 깎여나감

• 하강시, 이슬점 감률 / 건조 감률로 변화

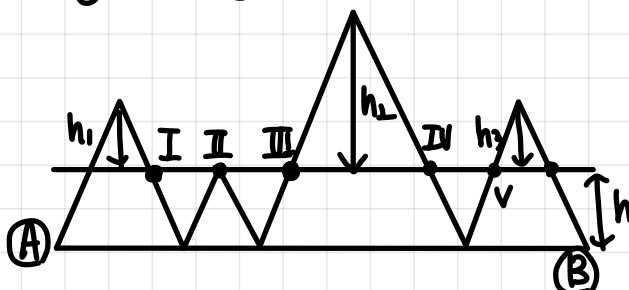
$A \rightarrow T, T_d$

$D \rightarrow T + (5)h', T_d - (3)h'$

$10^\circ\text{C}/\text{km} - 5^\circ\text{C}/\text{km}$

$2^\circ\text{C}/\text{km} - 5^\circ\text{C}/\text{km}$

* 산이 n개일 때



→ h_1, h_2, h_3 의 합만큼 깎여나감

(I, II, III 에서는 T, T_d 동일 → 깎임 여부가 결정)
 (IV, V 에서는 T, T_d 동일)

2. 대기의 안정도와 풍

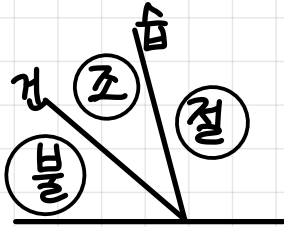
• 대기의 안정도 판정 : 기온 감률 vs 단열 감률

→ 상승과 하강을시켰을 때, 주변 공기와 기온이 바뀌는 방향이 중요.

풍

- 한점의 변화 = 안정
- 무한히 풍동 = 불안정
- 풍동 X = 중립 (기.감 = 단.감)

• 기온 감률과 안정도

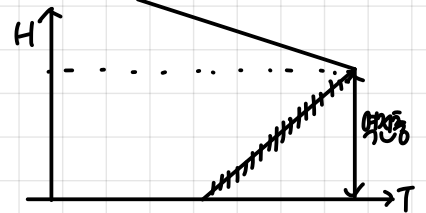


[기온 감률 > 단열 감률 = 불안정
기온 감률 < 단열 감률 = 안정]

절대불안정 → 조건부불안정 → 절대안정

⊕ 역전층 :

" 바람이 약한 맑은 날 새벽 "

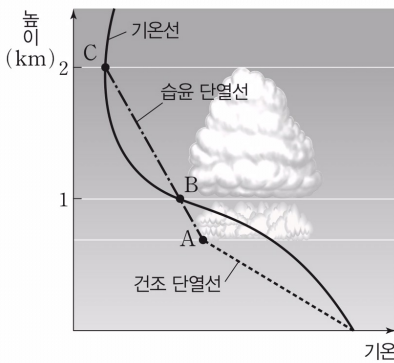


• 구름의 생성 1) 상승응결고도까지 상승, 구름 생성 시작

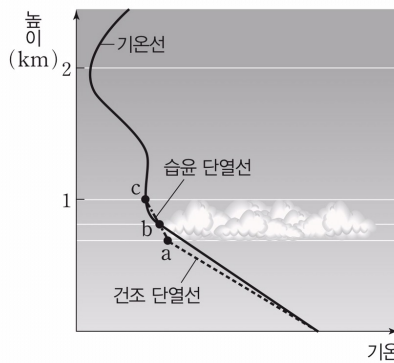
2) 주변 온도나 강아질 때까지 구름 생성

(공기의 강제 상승)

→ 안정대기 : 층운형 ☁
→ 불안정대기 : 적운형 ☁



적운의 생성 과정



층운의 생성 과정

* 지표면에서 상승응결고도 A, a까지 강제 상승.

B, b까지 강제 상승하면

[적운 : C까지 자발적 상승
층운 : c까지 자발적 상승]

↓
이후 더 이상 상승 X

• 안개

종류	생성 원리
공기의 냉각에 의해 생성되는 안개	복사 안개 : 복사 냉각에 의해 지표면 기온이 하강할 때 생성
	이류 안개 : 온난 습윤한 공기가 차가운 지표나 해수 위로 이동할 때 생성 예) 바다 안개(해무)
	활승 안개 : 지형을 따라 공기가 상승하여 냉각되면서 생성
수증기량의 증가에 의해 생성되는 안개	전선 안개 : 전선 부근에서 약한 비가 내리면서 증발하여 지표면 공기를 포화시켜 생성
	증발 안개 : 따뜻한 수면에서 물이 증발할 때 생성

22. 대기권 움직이는 힘

• 대기의 정역학 평형

$$\text{기압 } P = \frac{F}{A} \text{ [N/m}^2\text{]} \rightarrow \text{밀도가 일정한 경우 } P = \frac{mg}{A} = \frac{\rho V g}{A} = \rho \cdot g \cdot h$$

$$V \text{ [m}^3\text{]}, h \text{ [m]} \quad \rho = \text{[kg/m}^3\text{]}$$

• 고도가 높아질수록 밀도 감소, g 감소 → 기압 감소

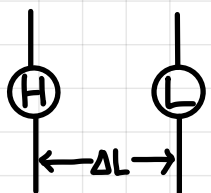
• 지상 기압 → 해면 기압으로 보정 (10m: 1hPa)

• $P \propto \rho \cdot T$ ($PV = nRT, P = \frac{n}{V}RT, \frac{n}{V} \equiv \rho$) 온도 높으면 등압일 때 밀도 ↓

⊕ 눈 실험: 76cmHg = 알정 (단면적 상한 x) → 기압 ∝ 기둥 높이

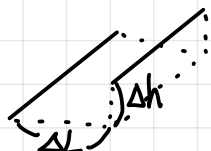
$$\text{• 대기의 정역학 평형: } \Delta P = \frac{m \cdot g}{A} = \frac{\rho \cdot g \cdot \cancel{L} \cdot A}{A} = \rho \cdot g \cdot \Delta L$$

• 기압 경도력: 두 지점의 기압 차로 생기는 힘



$$\text{단위 질량에 작용하는 힘 (등고도)} \quad \frac{\Delta P \times \Delta A}{m} = \frac{\Delta P \times \Delta A}{\rho \cdot \Delta L \cdot \Delta A} = \frac{1}{\rho} \cdot \frac{\Delta P}{\Delta L}$$

⊕ 등압면에서 두 지점 사이의 힘



$$PGF = \frac{1}{\rho} \cdot \frac{\Delta P}{\Delta L} \cdot \rho \cdot g \cdot \Delta h = g \times \frac{\Delta h}{\Delta L}$$

• 심력: 힘의 분해 → 원운동의 근원

$$F = mr\omega^2 = \frac{mv^2}{r}$$

• 마찰력: 고도가 낮을수록 커짐. 바다보다 지상에서 더 큼.

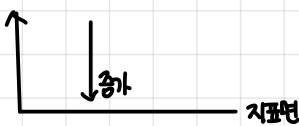
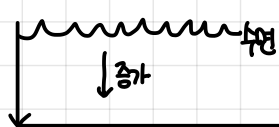
⊕ 1기압

$$1 \text{ N/m}^2 = 1 \text{ Pa}$$

$$100 \text{ Pa} = 1 \text{ hPa}$$

$$1013.25 \text{ hPa} = 1013.25 \text{ hPa} = 76 \text{ cmHg}$$

⊕ 수압 vs 기압



그 지점 위로 얇은 공기층 = 압력

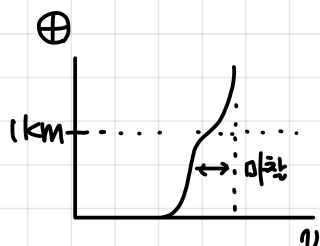
⊕ $\Delta L, \Delta P$ 가 같다면

고도가 높을수록 온 감소

→ 고도에 비례한다

⊕ 태풍, 저기압, 대기대환

↳ 전향력 고려해야 함



대기 경도력 (마찰력) 1km

↓ 자유 대기 (마찰 x)

23. 바람의 종류

• 상층에서 부는 바람: 지권풍, 경도풍

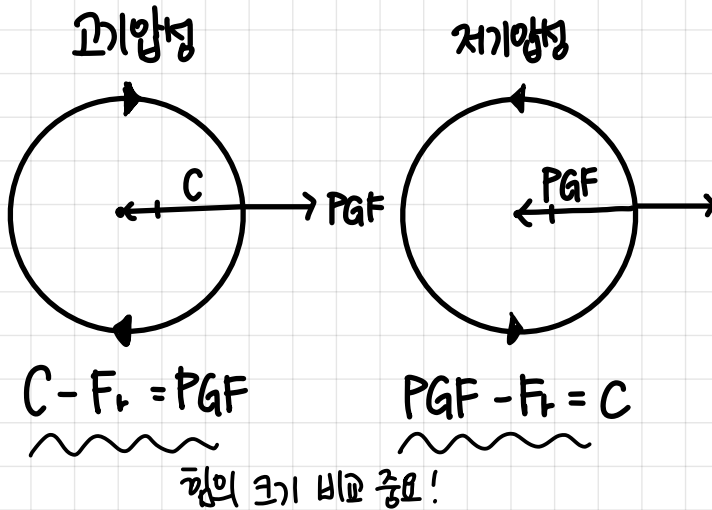
- 상층 안기도 → 등압면의 등고선, 등고선에 나란한 풍향

- 지권풍: 자유 대기에서 등압선이 직선일 때 $PGF = C$ 로 부는 바람 (전향력 방향)

$$P_H = C \rightarrow \frac{1}{\rho} \cdot \frac{\Delta P}{\Delta L} = 2v\Omega \sin\varphi, \quad v = \frac{\frac{1}{2\Omega \sin\varphi} \times \frac{1}{\rho} \cdot \frac{\Delta P}{\Delta L}}{\frac{g}{2\Omega \sin\varphi} \cdot \frac{\Delta h}{\Delta L}}$$

* 모든 변수를 알았을 때 특히 많음.

- 경도풍 : 자유 대기의 등압선이 곡선이나 원형일 때
 - 직접적 계산보다는 동일 PGF/C 값때 비교
 - 무조건 중심 방향 힘의 크기가 더 크다 (구심력으로 작용)



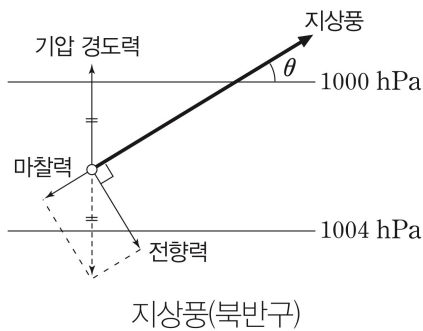
* 위도와 기압 경도력이 같은 경우,
전향력은 풍속에 비례하므로
 $U_H > U_L$ 이다.

↓
 φ, PGF 같을 때 폭도

고.경 > 저.경 > 저.경

• 지상에서 부는 바람

- 지상안기도 : 해면 기압으로 보정. 등압선에 비스듬한 바람
- 지상풍 : 1km 이하에서 부는 모든 바람



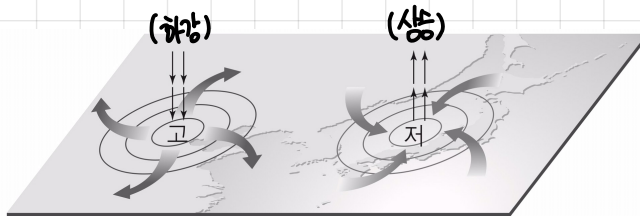
* 등압선이 나란할 때

$$\text{기압경도력} = \overrightarrow{C} + \overrightarrow{\text{마찰력}}$$

풍향 = 마찰 방향의 정반대

경각(θ) : 고도 상승 - 마찰 ↓ - 시계방향 변화
= 경각 감소

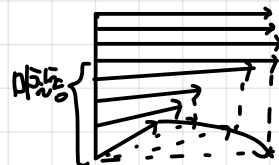
* 등압선이 원형일 때



고기압과 저기압에서의 바람(북반구)

$$\overrightarrow{PGF} + \overrightarrow{C} + \overrightarrow{\text{마찰}} = \text{구심력으로 작용}$$

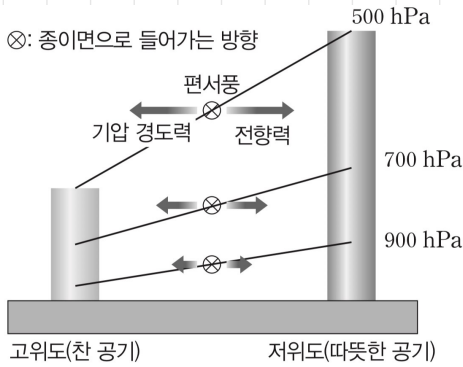
⊕ 대기의 미끄럼 나선



지표면에서 마찰고도까지
전향력 방향으로 생기는 나선.
마찰력이 크고, ΔH 에 대한 $\Delta \text{마찰력}$
이 작을수록 나선이 커진다.

24. 편서풍 파동과 제트류

- 지상의 바람 : 무역풍, 편서풍, 극동풍
- 상층의 바람 : 주로 편서풍



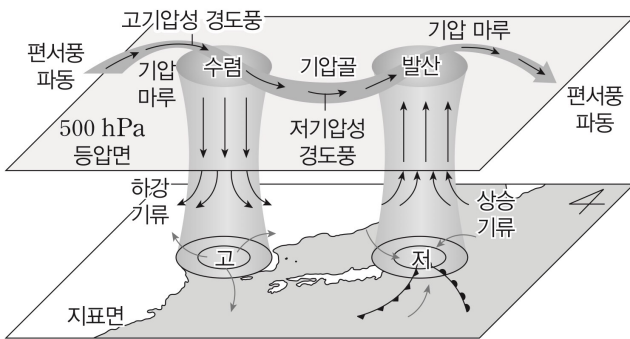
→ 서~동으로 편서풍이 분다.

- 남북간의 온도차 증가 → 북반성, 남반성 파동 생성
↕
편서풍 파동
- 편서풍 파동 → 중~고위도 영하반.

온도차 증가 → 파동 성장 → 일부분이 소멸 → 초기 상태 : 주파 변화

북: 따뜻한 고기압
남: 차가운 저기압

- 지상의 기압 배치 : 기압권을 기준으로 판단



편서풍 파동과 지상의 기압 배치(북반구)

기압권의 동쪽 : 저.경 → 고.경
백산 → 지상에서 공기 수렴 = 온도 저감

기압권의 서쪽 : 고.경 → 저.경
부름 → 지상에서 공기 백산 = 고기압

- 상층 기압권의 이동 (10/일, 시 등)

→ 지상 저.고기압도 이동 → 상층 기압권이 더 빠름 → 수렴.백산 X → 지상 기압 소멸

- 제트류 : 편서풍 파동 내 대규모 전 계면 부근의 풍속이 최대인 강한 바람

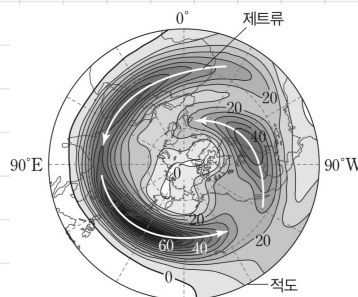
- 한대전선제트류 : 한대 전선의 급격한 온도차 (10km 높이)
- 아열대제트류 : 적도 부근에서 가열된 공기 (13km 높이)

제트류의 풍속 : 겨울철 (온도차 ↑) 이 강하다.

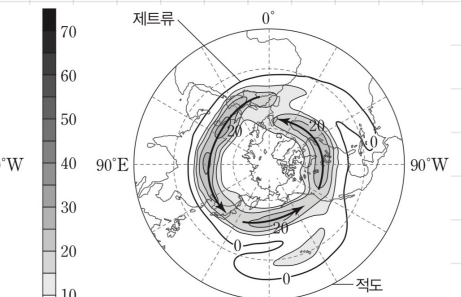
한대전선제트류의 위치
= 큰 온도 경향 (여름엔 ↑, 겨울엔 ↓)



제트류



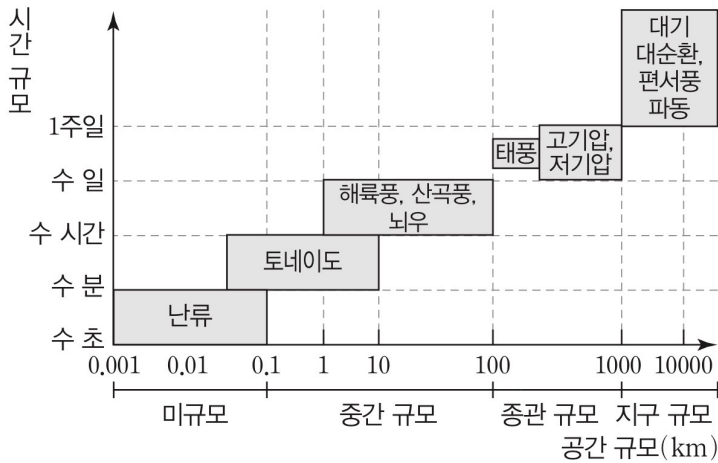
겨울철



여름철

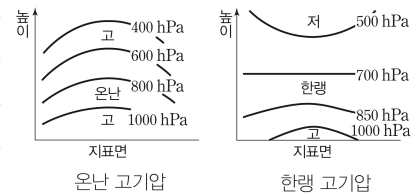
계절에 따른 한대 (전선) 제트류의 위치와 풍속 변화

25. 대기 대순환



대기 순환의 규모

- 고기압 [온난고기압 : by 상층의 무풍 (북태평양) → 단면압축으로 중심부가 뜬
한랭고기압 : by 지표의 냉각 (시베리아) → 중심부가 낮고 상층 제압]
- 저기압 [온대 저기압 : 중/고위도, 무지E → 무풍E
열대 저기압 : 21°C, 5~25°N/S, 전선X, 포스트 폭풍, 오우원안, 중심부 하강기류 (태풍)]
- 계절풍 → like 해륙풍, 대륙과 해양의 평균 온도차 · (위나라) [겨울 = 북서계절풍 (대륙풍)
여름 = 남동계절풍 (해양풍)]



- 대기 대순환 : 지구 규모의 가장 큰 대기 순환

· 복사 평형 : 흡수량 = 방출량

- 저위도 : 흡수량 > 방출량 (과잉)
- 고위도 : 흡수량 < 방출량 (부족)
- 38° 위도 : 흡수량 = 방출량

* 두께 : 위도 38° 까지 최대.

(+ : 흡수량, - : 방출량)

	태양 복사(단파 복사)	지구 복사(장파 복사)
우주 공간	-100 태양 복사 ↓ 대기 순환 ↓ 지표면의 흡수	-70 66 4 70
대기	25 5 25 반사	25 100 8 21 -25
지표면	45	45 88 -104 -8 -21 -45

지구의 열수지

- 대기 대순환 구조

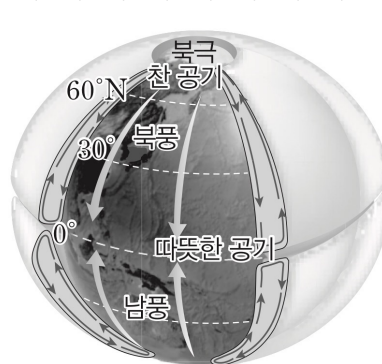
- 단일 세포 모델 (자전X → 전향력X)
- 3세포 모델 (자전O → 전향력O)

- 해들리 (0~30°) : 적도 순환, 열적 순환
- 페렐 (30~60°) : 전향 순환, 열적 순환
- 극 (60~90°) : 적도 순환, 열적 순환

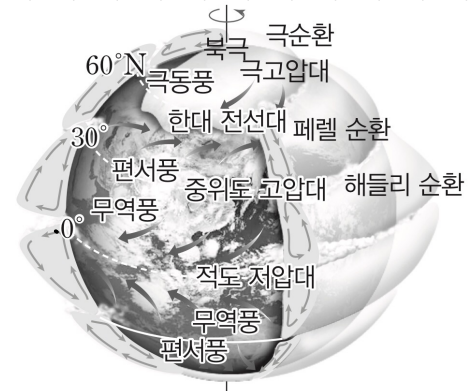
* 실제로 이렇게 나타나지는 X.

① 열대 열대 (북풍 - 남풍) : 겨울에 북풍

크게 영향

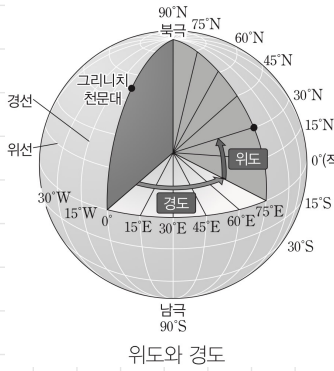


단일 세포 순환 모델



3세포 순환 모델

26. 천체의 위치 변화와 좌표계



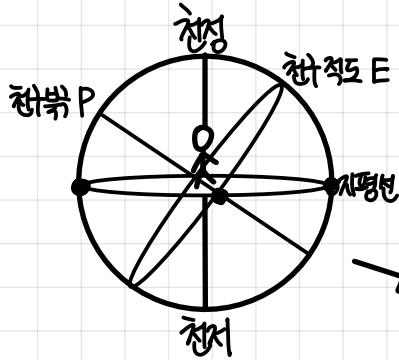
- 위도(적도), 경도(그리니치 천문대)
 $0 \sim 90^\circ$ $0 \sim 180^\circ$

* 경도(15°간격) → 24h 시차 발생, 15°당 1h 차이

↳ 한국 - 영국 - 미국 순으로 해가 뜨다 (시간이 빠르다)

시각 = 6시: 일출, 12시: 정오, 18시: 일몰

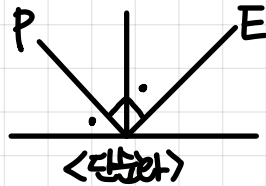
- 천: 지구(관측자)를 둘러싼 가상의 구 (스핀) → 100% 궤도 운동!



무자선: 지평선에 수직인 원

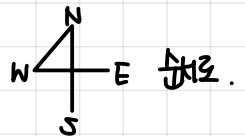
시간선: 천적도에 수직인 원

자선: 무자선인 시간선인 원 → 남중 기준선



* 자선과 지평선의 교점: 북·남점
 천적도와 지평선의 교점: 동·서점

* 북점이 뜨면 북반, 아니면 남반
 (북성의 고도 = 위도)



- 지평좌표계: 방위각, 고도

• 고도 + 천정거리 = 90°

• 방위각 = 북·남점 기준의 시계 방향 각도 ↻

• 관측 장소, 시각 표시 필요!

⊕ 천체의 일주운동: 등속, 천적도와 나란히
 ↳ 양자선과 지평선이 이루는 각: $90^\circ - \text{위도}$

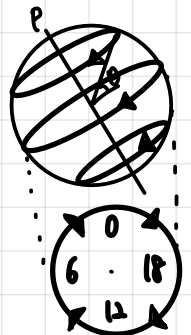
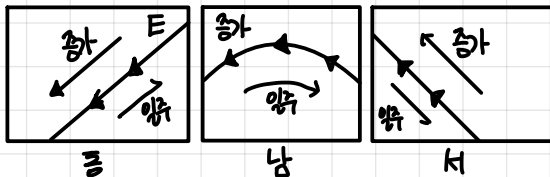
- 적도좌표계: 적경, 적위

• 적경: 춘분점 기준 시계 반대방향 → $0h \sim 24h$ or $0^\circ \sim 360^\circ$

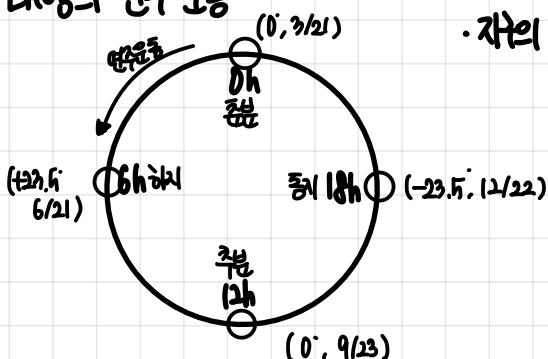
• 적위: 천적도 기준 고도 → $-90^\circ \sim +90^\circ$ (-45° 보다 $+30^\circ$ 적위가 더 크다)

* 일주운동 시, 태양, 달, 행성의 적도좌표 → 변화 / 별은 적도좌표 변하지 X

* 북반 관측 시, 방위각이 감소하는 방향으로 적경 증가 → 천체의 궤적

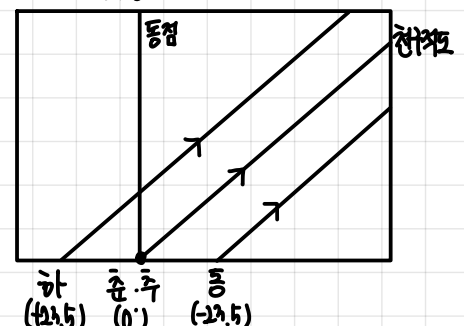


- 태양의 연주 운동



• 자의 자전축 기울기 $+23.5^\circ$
 → 태양의 적위 변화
 • 한 달에 $2h$ 증가.

* 태양 일주운동의 변화 (북반)



* 일주 운동과 천의 회전

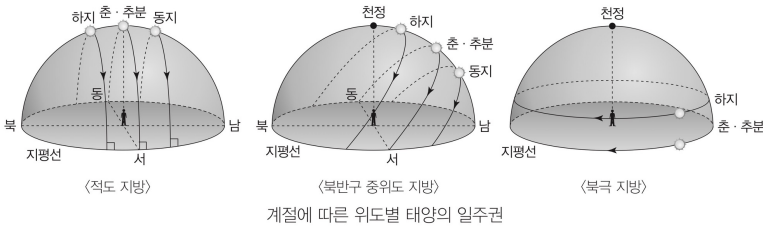
$$- \text{남중고도} = 90^\circ - \text{위도} + \text{적위}$$

적위 0° 천체의 남중고도

- 적경차이 = 남중 시간 차이, 적경이 적위도를 먼저 따진다

* 태양은 12시에 남중한다 → 적경 기준 잡기

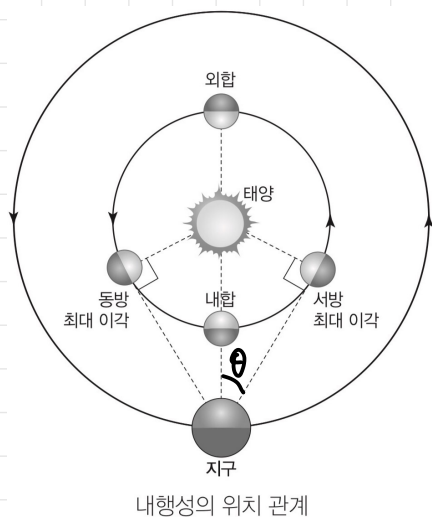
- 주성 : 24h 퍼왔음
 횡행성 : 꺾다 지는 변
 전행성 : 안 뜨는 변 (북반구)



21. 행성의 겉보기 운동

• 내행성의 겉보기 운동

1) 내행성의 상대적 위치와 위상



내행성의 위치 관계

* 상D (상현달은 D모양)

이각 : 태양 - 지구 - 천체 사이의 각.

* 내합에서 시지름 최대 (삭이라서 안 보이는거 아님)

* 금사빠 (금·최·이 48°)

* 수사광광광이사광 (수·최·이 18~28°)

위지관계 → 적경에 반영 시 앞뒤를 판단 가능

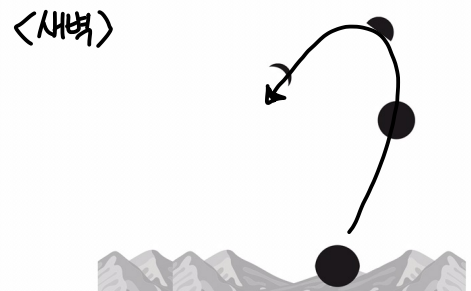
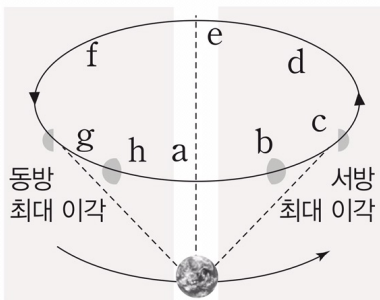
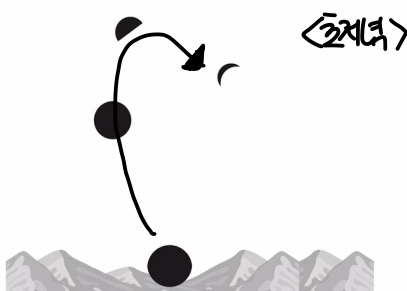
* 이각 15° 당 시간 관측 가능

2) 내행성의 겉보기 운동 : 내행성의 공전속도 > 지구의 공전속도

순행 : 적경 증가 / 유 : 멈춘 것처럼 / 역행 : 적경 감소 * 운동 방향이 변할 때, 다음 방향으로 판단해라...

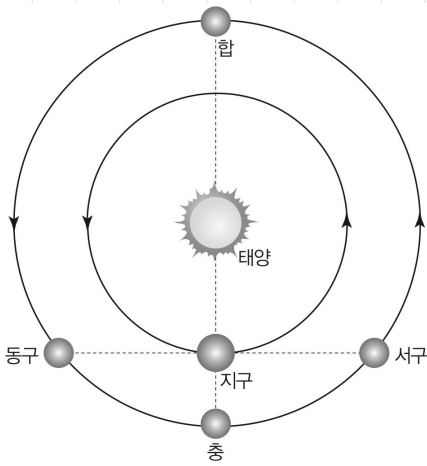
* 내합(가장 가까움) 근처에서 역행.

* 유일 때와 최대이각일 때는 서로 관련이 없다! (같은 날은, but not always)



• 외행성의 겉보기 운동

1) 외행성의 상대적 위치와 위상



외행성의 위치 관계

* 최대야각 없음

* 중첩할 것 같음 = 중

* 동, 서 = 90° 야각

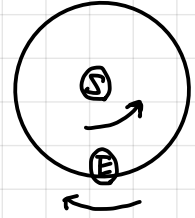
* 외행성의 공전속도 < 지구의 공전속도

합 → 서 → 중 → 동 → 합

⇒ 적령이 매일 감소

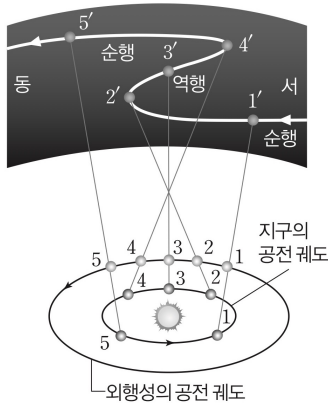
합 : 밝기, 시지름 최대 } 항상 반달보다 크다
중 : 밝기, 시지름 최대

⊕ 공전속도차이



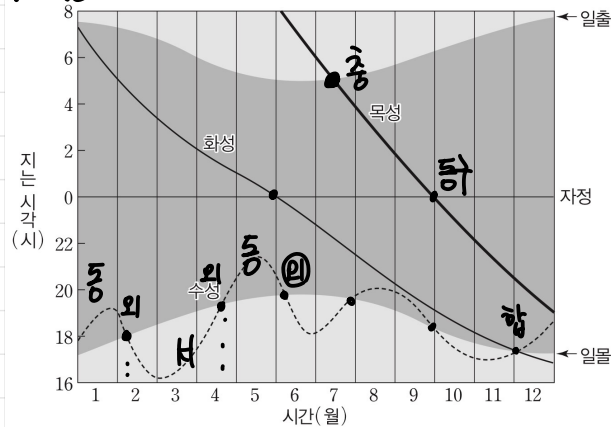
내행성 > 지구 > 외행성

2) 외행성의 겉보기 운동



외행성의 겉보기 운동

* 지는 시간의 변화



→ 운동 그 자체보다는 순행·역행 판단.

지구의 위치가 제일 가까운 중일 때 역행

28. 지구 중심설과 태양 중심설

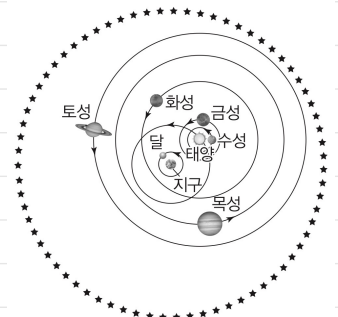
- 프톨레마이오스 : 지구 중심 / 주전원의 중심이 지구 / 별이 고정된 천구가 직접 회전

- 코페르니쿠스 : 태양 중심 / 공전속도 $\propto \frac{1}{r^2}$ / 지구 자전

- 티코 브라헤 : 지구 중심 / 모든 천체의 중심인 태양이 지구를 공전

- 갈릴레이 : 목성의 위성 / 금성의 보름달 / 금성의 시지름 변화

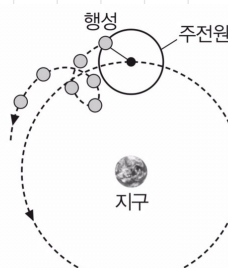
* 연주시차 관측은 1838 베셀이 해냈다.



티코 브라헤의 지구 중심설



프톨레마이오스의 지구 중심설



행성의 순행과 역행



코페르니쿠스의 태양 중심설

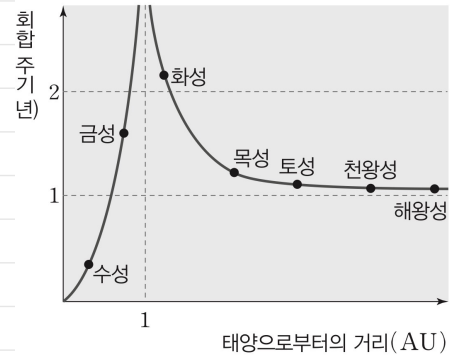
29. 행성의 공전 궤도와 속도

- 회합 주기 = 위치관계의 주기 $\rightarrow T_1, T_2$ 있을 때 1년에 $2\pi\left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}\right)$ 만큼 차이.

$$\frac{1}{T} = \left| \frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right| \quad T \times 2\pi\left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}\right) = 2\pi(360^\circ)$$

$\rightarrow$ 공전 주기가 비슷할수록 회합 주기는 길어진다

⊕ 태양계 행성의 회합 주기



행성의 회합 주기

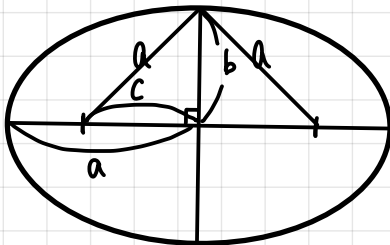
수 < 해 < 천 < 토 < 목 < 금 < 화

- 공전 속도

- 내행성 : 최대 이각 - 피타고라스
- 외행성 : 1) 행성의 공전 궤, 자의 각변량 $\rightarrow \cos, \sin$ 법칙
2) 행성의 지구 최대 이각 이용 각이 측정

30. 케플러 법칙

① 타원 궤도 법칙 : 모든 행성의 궤도 = 태양이 하나의 초점인 타원 궤도



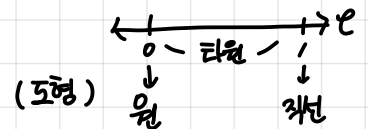
긴반지름 a , 짧은반지름 b , 초점까지 $2c$, 이심률 $\frac{c}{a}$

타원: 두 초점으로부터의 거리의 합이 일정.
 $2a$

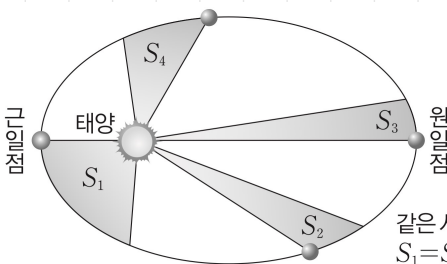
$$a^2 = b^2 + c^2$$

⊕ 이심률

(천체 궤도) 원 타원 쌍곡선 포물선



② 면적 속도 일정 법칙 : 같은 행성이 같은 시간 태양-행성이 지난 면적의 크기는 같다.



같은 시간 동안 공전한 경우,
 $S_1 = S_2 = S_3 = S_4$

면적 속도 일정 법칙

* 근일점에서 빠르고
원일점에서 느리다.

↳ 가변속도 보존 법칙 (회전운동량)

③ 조화 법칙 : 태양계에서, $T^2 = R^3$

일반식

$$\frac{R^3}{T^2} = \frac{G}{4\pi^2} (m_1 + m_2) \rightarrow \text{태양의 질량 } M, \text{ 행성 } m = \frac{R^3}{T^2} = \frac{G}{4\pi^2} \times M = 1$$

$$* \left(M_0 = \frac{4\pi^2}{G} \right)$$

↳ 쌍성계에서 중심점 ($m_1 r_1 = m_2 r_2$)
만유인력 ($\frac{G m_1 m_2}{R^2}$)
조화 법칙.

$\rightarrow$ 행성계 질량과 $\frac{R^3}{T^2}$ 는 비례.

$$\rightarrow \text{쌍성계 질량 } m_1 + m_2 = \frac{R^3}{T^2} M_0$$

$$\rightarrow \text{b4 질량중심} \rightarrow m_1 R_1 = m_2 R_2 \text{ 성립}$$

⊕ 천체와 행성계 질량의
90%는 중심별 질량이고
중심별 질량에 비례하여 보정됨.

31. 천체의 거리

- 연주 시차와 변의 거리 : $r(pc) \times p(") = 1$
 $\text{시차} \times \frac{1}{2}$ $100pc \rightarrow 0.01"$

- 5등급 = 100배

등급이 작을수록 밝음 $\left[\begin{array}{l} \text{겉보기 등급} = \text{지구에서 관측} \\ \text{절대 등급} = 10pc \text{ 거리에 갔다왔을 때 밝기} \end{array} \right.$

- 별의 밝기는 거리의 제곱에 반비례.

- 거리 지수 = $m(M) - M = 5 \log d - 5$ $\begin{array}{c} 1pc \quad 10pc \quad 100pc \\ - \quad 0 \quad + \end{array} \rightarrow \text{거리 지수}$
 $\hookrightarrow$ 등급 영향

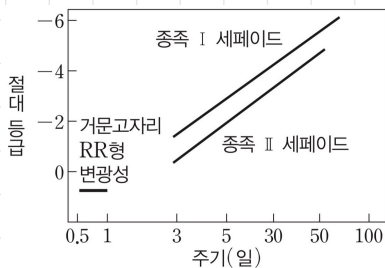
- 포그슨 방정식 : 1등급 차이 = 밝기 100배

$\Delta m = -2.5 \Delta \log l$, 밝기(l)은 거리(d)의 제곱에 반비례
 $\Delta m = 5 \Delta \log d \rightarrow (m, M)(d, 10pc)$ 대입

$$m - M = 5 \log d - 5 \rightarrow \text{겉보기 절대 등급으로 거리 구하기.}$$

- 세페이드 변광성으로 거리 구하기

. 맥동 변광성 : 수축과 팽창의 영향으로 광도가 주기적으로 변함 (팽창할 때 밝기)



변광 주기-광도 관계

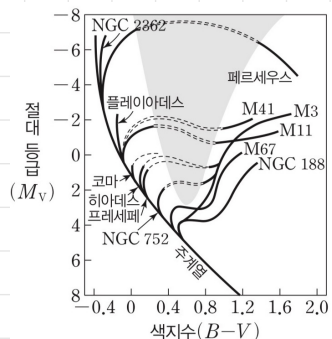
. 세페이드 변광성 : 주기 1~50일 / 주기-광도가 알려져 있음 (같은 주기일 때 I형이 더 밝음)

. 거문고자리 RR형 : 주기 < 1일 / 평균 절대 등급 = 0.5

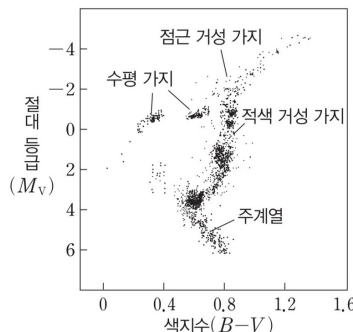
* 리트 : 1912년 세페이드의 주기-광도 관계 밝힘

허블 : 안드로메다가 외부 은하임을 밝힘.

32. 산개 성단과 구상 성단 (색등급으로 거리 구하기)



여러 산개 성단의 색등급도



구상 성단의 색등급도

. 산개 성단 : 젊은 별 수백~수천 (파란)

- 전함점이 아래에 있을수록 젊음

* 광도 클수록 주계열 ~ 적색 단계의 별 ↓ (주계열성 진화 속도도 광도)

. 구상 성단 : 늙은 별 수십만~수백만 (붉은), 둥글게 모여

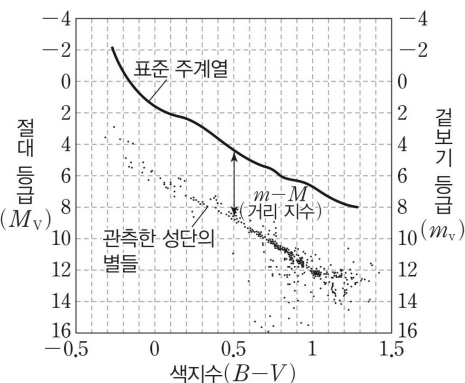
- 은하핵, 헤일로에 분포

* 구상 성단의 주계열 : 광량, 표면 온도, 광도 ↓

* 주계열 단계상 적색 거성 가장 많았지 X

* 광량 클수록 주계열 단계 빨리 벗어남 (수명도 짧음)

⊕ B 필터 : 파랑 (파란) ↓
 낮음
 V 필터 : 노랑 (노란) ↓
 낮음



주계열 맞추기로 성단의 거리 구하기

. 색지수 : $B-V \rightarrow$ 등급 영향

. 성단의 색등급도 $\rightarrow$ 겉보기 등급 / 표준 주계열 색등급도 $\rightarrow$ 절대 등급
 $\rightarrow m-M$ 으로 성단까지의 거리를 알 수 있다!

* 표면 온도가 비슷한 주계열성만 절대 등급도 비슷하게 때문에 가능

33. 성간물질

- 성간 물질 = 성간 티끌 (1%) + 성간 기체 (99%)

- 성간 티끌 : 흑연/구산화철 + 얼음 → 성간소광, 성간 적색화의 원인

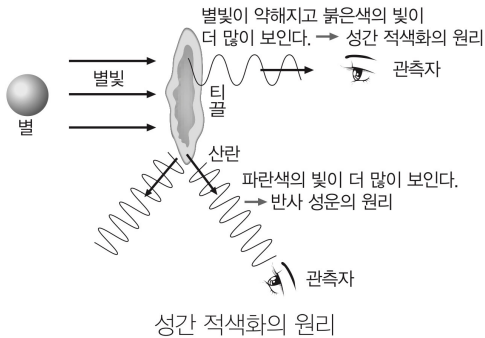
- 성간소광 : 성간 티끌에 의해 어두워보임 → 먹지 않다고 착각

$$m - M - A = 5 \log d - 5 \quad (A: \text{성간소광량})$$

- 항성 계측법 : 일정한 영역 안의 별의 개수를, 성운 내부와 외부에서 측정해 비교.

* 성간소광량은 파장에 따라 다르며, 파장이 길수록 작아진다.

- 성간 적색화



· 색효과: Δ 색지수

소광 → B, V 등급 모두 증가 but
B가 더 많이 증가
= 색지수 증가

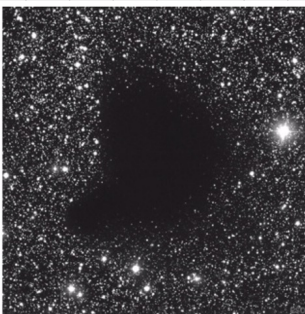
- 성간 기체 : He는 비활성기체라서 H가 거의 대부분이다.

고온 : H II → 전리된 이온화 상태 (H^+) → 중성 수소가 돌아오면서 빛방출 (RED)

저온 : 분자운 → 분자 상태(안정) (H_2) → 별 생성 과정

* H II 영역 : 중성수소 → 21cm 수소선 방출

- 성운 : 성간기체 + 성간티끌, 구름처럼 보이는 것



바너드68(암흑 성운)



메로페 성운(반사 성운)

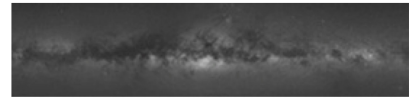


장미 성운(방출 성운)

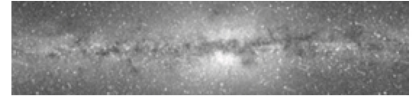
· 암흑 성운 : 성간 티끌에 의해 어두워 보이는 성운

· 반사 성운 : 성간 티끌이 빛을 산란시켜 파랗게 보이는 성운

· 방출 성운 : 성운 주변의 온도가 높은 별의 자외선을 흡수, 이온화되었다가 중성수소가 돌아갈 때 뿜는 빛의 이름
구름 적색



가시광선으로 본 우리은하(성간 소광 많음)



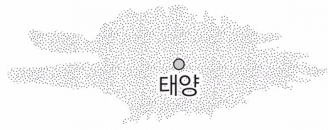
적외선으로 본 우리은하(성간 소광 적음)

* 은하면 근처의 $A = 25 \text{ mag/kpc}$

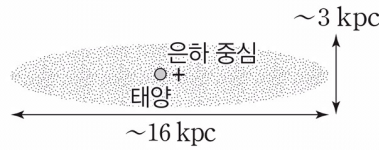
34. 우리은하의 나선팔 구조

• 우리은하의 발견

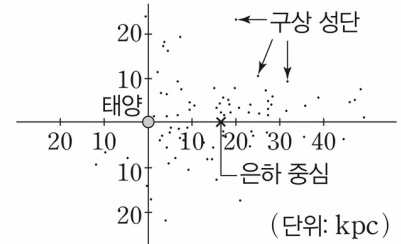
- 1) 허셜 : 태양 중심, 별의 수는 400만 개 정도
- 2) 캡테인 : 태양이 은하 중심 근처에 있음, 2067년, 남작리전타원체, 110만 광년 고려 → 9백만 광년
- 3) 새플리 : 변광성 → 구상성단 공간분포, 태양 중심 X, 지금 100kpc (소광영고려 X), 구상성단 - 궁자리 중심



허셜이 주장한 우리은하

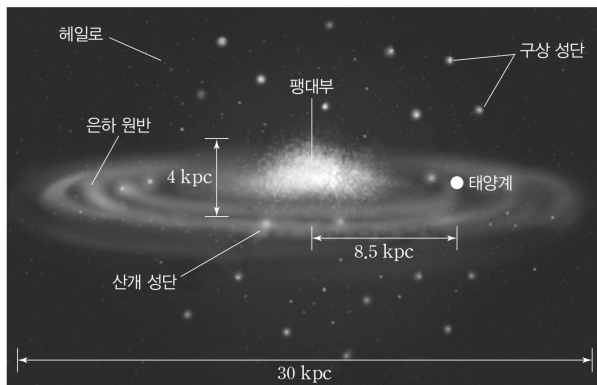


캡테인이 주장한 우리은하



새플리가 주장한 우리은하

• 우리은하의 모습 : 막대나선은하

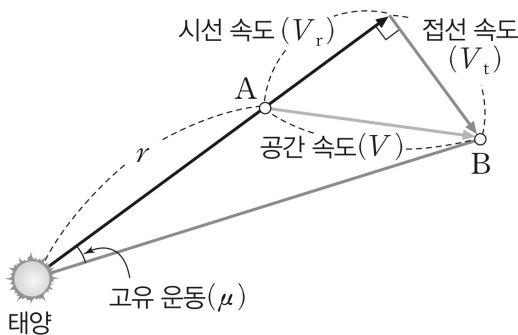


우리은하의 모습

팽대부를 가로지르는 막대
 지금 30kpc. 중심으로부터 8.5kpc
 팽대부, 헤일로 : 구상성단
 나선팔 : 산개성단
 * 궁자리 → 중심부

35. 우리은하의 질량 분포

• 별의 운동



별의 운동

$$\text{시선 속도} = \frac{\Delta \lambda}{\lambda_0} \times C \quad (\text{편이된 파장} \times C)$$

정지상태 흡선 파장

$$\text{접선 속도} = 4.74 \mu r \quad (\mu = \text{고유운동}) \quad ["/\text{년}]$$

(시선방향에 수직) ↳ 천상변위량

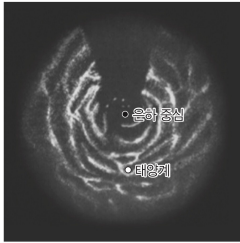
$$\text{공간속도 } V = \sqrt{V_r^2 + V_t^2} \quad (\text{벡터합})$$



• 21cm 파장의 관측과 해석

중성수소의 등용면 → 바닥 = 21cm 파장의 수직선 방출 → 쉽게 $\lambda = 21\text{cm}$ 관측 가능

우연히 나선광 구조의 발견



은하 내벽에서부터: 수소 분자 가스

은하 원반에 방출한 21cm 선의 도플러 이동 분석

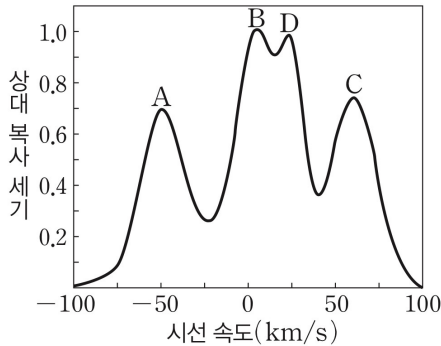
→ 나선광 구조 확인

2005 스피처 전파망원경 → 막대구조 발견

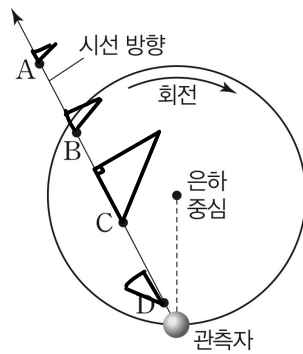
⊕ 중성수소

등용면 = 방출자나 전자의
스핀 방향이 같음

바닥 = 다름.



케플러 회전을 할 때의 시선 속도



중성수소 구름의 파장 → 우리 은하의 회전으로 도플러 이동

방출선의 세기 $\propto$ 시선방향 수소 원자 수

A ~ D가 커질수록 회전할 때 (중심에서 멀어질수록 속도 감소)

$-50\text{km/s} = A$ (가까워짐)

가장 빨리 멀어지는 것 = C (중심에서 제일 가깝)

$\hookrightarrow +65\text{km/s}$

$+5\text{km/s} = B$
 $+25\text{km/s} = D$] 시선방향으로 떨어진 차이

* 빛의 세기 $\propto$ 중성수소의 양 → 나선광이 중앙 팽대부

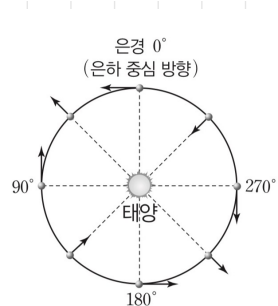
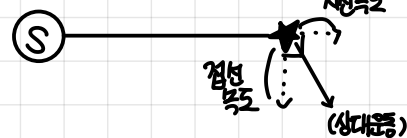
* 관측자료 - 태양계 부근 별의 운동

- "상대운동": 상대가 나뉘어 있을 때 똑같은 운동을 한다.

- 케플러 회전을 하는 것을 알 수 있다.

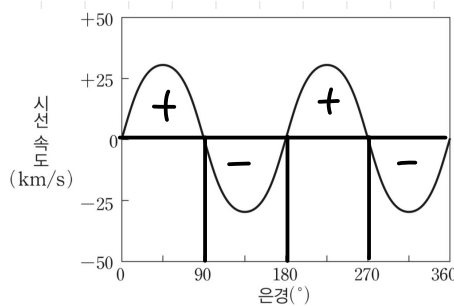
⊕ 은성

태양계 중심으로
운동을 기준으로
76° 방향.



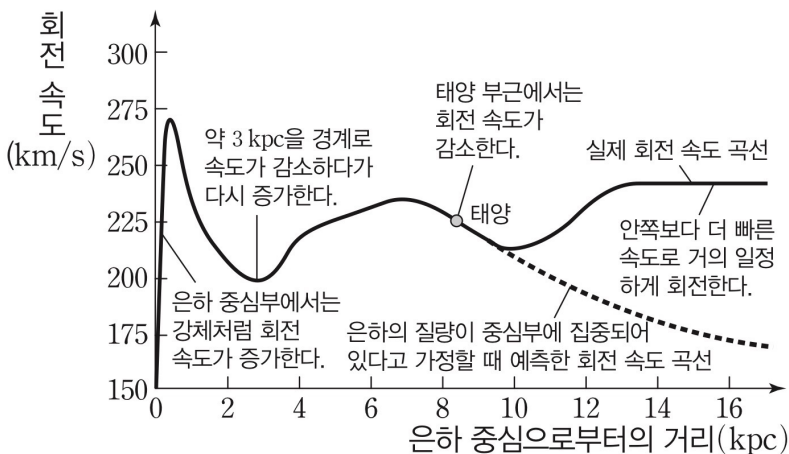
태양 부근 별의 상대 운동(방향)

가까운 별에서 태양의 운동 제거



은경에 따른 시선 속도

정렬 분리



우리 은하의 회전 속도 곡선

• 우리 은하의 질량 구하기

1) 만유인력 = 구심력

$$G \frac{M_{\text{태}} m_{\text{별}}}{R^2} = \frac{m \cdot v^2}{R}, \quad M \propto R v^2$$

↑
중심부에서 천체까지 거리
↓
별계도 안쪽의 총 질량

2) 케플러 제3법칙

$$(M_{\text{태}} + M_0) = \frac{R^3}{T^2} \cdot \frac{4\pi}{G}$$

* 은하 중심에 태양계까지 안쪽의
모든 질량이 집중되었다 가정

* 우리 은하의 회전 속도 곡선

$0 \sim 1\text{kpc}$: 강제회전

$1 \sim 3\text{kpc}$: 케플러회전

태양 부근 케플러회전

상대 속도 (10km/s)

$\hookrightarrow$ 강제회전 X, 케플러회전 X

→ 은하 외곽에도 상당한 질량이 분포해 있음
= 보이는 것보다 많음.

* 외부 은하들도 케플러회전 X.

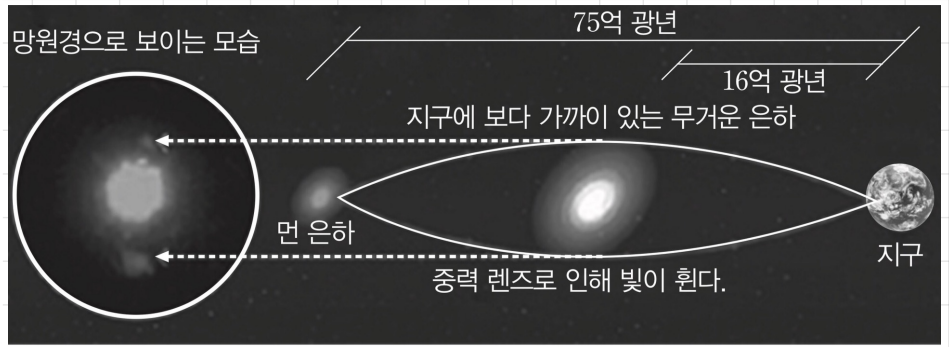
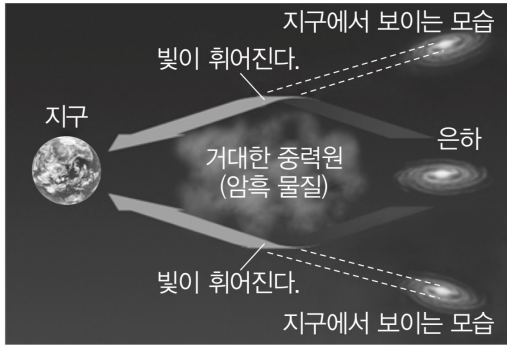
⊕ 강제회전

: $v \propto r$

케플러회전

: $v \propto \frac{1}{\sqrt{r}}$

• 암흑 물질 : 빛을 X, 질량 O, 중력 렌즈 효과로 추정, 우주의 질량의 90%.



중력 렌즈 현상

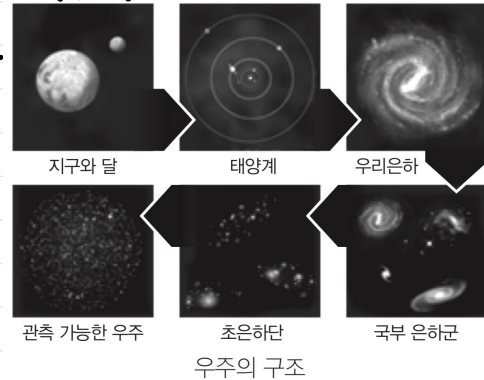
36. 우주의 공간 분포와 우주의 구조



- 수십 개 은하까지
중력에 뭉쳐
- 수백 ~ 수천 개 은하까지
중력에 뭉쳐
- 국부 은하군
 $10^{13} M_{\odot}$
- 천년자리 은하단
 $10^{14} \sim 10^{15} M_{\odot}$

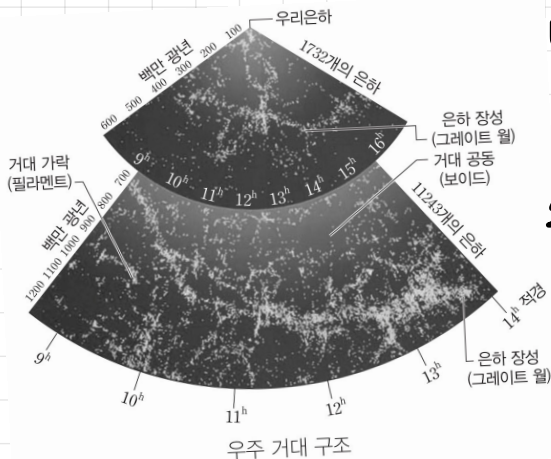
- 군, 단거리 뭉쳐
→ 팽창함에 따라 흩어짐
- $10^{14} M_{\odot} \sim$
- 천년자리 초은하단
- 라니아케아 초은하단

*우주의 구조



• 우주 거대 구조

→ 은하들은 일부 지역에 집중적으로 분포.



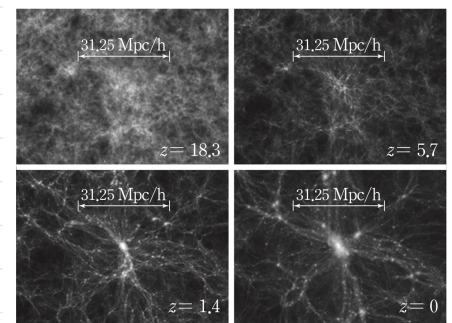
1) 은하장성

- 거대 가닥 (필라멘트)을 따라 존재
- 최대 크기의 규모

2) 거대 공동 (void)

- 밀도가 평균의 $\frac{1}{10}$ 이하
- 우주의 대부분을 차지

점점 뚜렷해져서 방향이 변함



우주 거대 구조 형성(z: 적색 편이)

• 우주 거대 구조의 형성 : 우주는 상위 구조 안에 하위 구조가 포함되어 계층적이다.

- 암흑 물질의 중력 작용으로 필라멘트 등이 형성되었을 것으로 추정.
- 우주배경복사의 뜨거운 부분 → 은하 장성, 차가운 부분 → 거대 공동과 관련 있음. → 초기 우주의 에너지 분포 변화 현재의 구조 형성
- 우주 초기의 미세한 밀도 차이가 심화되어 현재의 분포로 이어짐