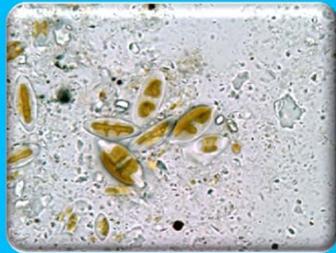


교과목명: 생물해양학 및 실험 2013년도 1학기

담당교수: 김 종성

해양생물학



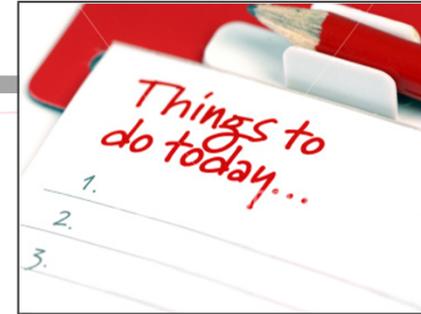
2장



Laboratory of Marine Benthic Ecology

서울대학교 해양저서생태학연구실

2장



해양환경과 생물의 적응

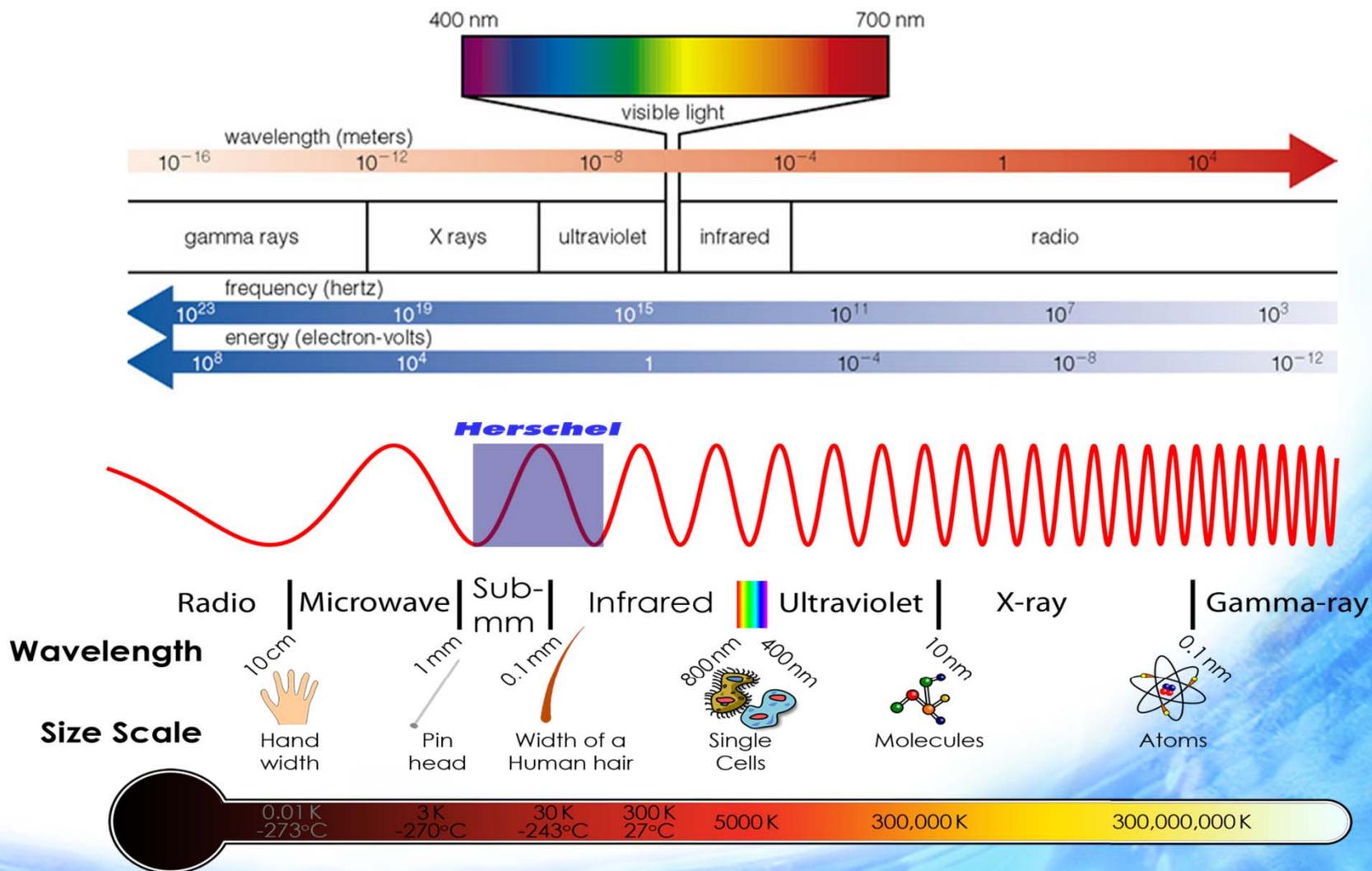
1. 빛, 수온, 염분 조건
2. 생물의 적응
3. 육상생태계와의 비교

2장 해양환경과 생물의 적응

1. 빛, 수온, 염분조건



1.1 빛: 빛의 종류, 파장, 진동수, 에너지, 온도 등의 관계



2장 해양환경과 생물의 적응

1. 빛, 수온, 염분조건



1.1 빛: 빛의 이중성, 파동성과 입자성

- 빛의 파동성 (wave)

- 빛이 파동의 형태로 전달됨, 굴절(refraction)/회절(diffraction)/간섭(interference)

- 빛의 파동특성: $v = C/\lambda$ (v = 진동수, C = 빛의 속도, λ = 파장)

- 진동수 \propto 1/파장

- 진동수: 자외선 > 가시광선 > 적외선

- 파장: 적외선 > 가시광선 > 자외선

- 빛의 입자성 (particle)

- 빛은 운동에너지를 가짐

- 빛의 입자특성: $E = h\nu$ (E = 광자의 에너지, h = 플랑크 상수, ν = 진동수)

- 광자(빛의 입자)의 에너지 \propto 진동수

- 광자에너지: 자외선 > 가시광선 > 적외선

2장 해양환경과 생물의 적응

1. 빛, 수온, 염분조건



1.1 빛: 빛의 세기와 PAR (광합성에 이용되는 빛)

- 빛의 세기를 측정하는 방법

- 조도: 밝기의 정도, 가시광선을 측정, 조도계 이용, 단위는 lux
- 에너지: 복사계로 측정, 단위는 watts/sec, erg, g cal 등
- 광량자: 광합성과 같은 광화학적 작용은 광자수에 비례함, 광자량계로 측정, 단위는 $\mu\text{E}/\text{m}^2 \cdot \text{sec}$

- PAR (photosynthetically active radiation)

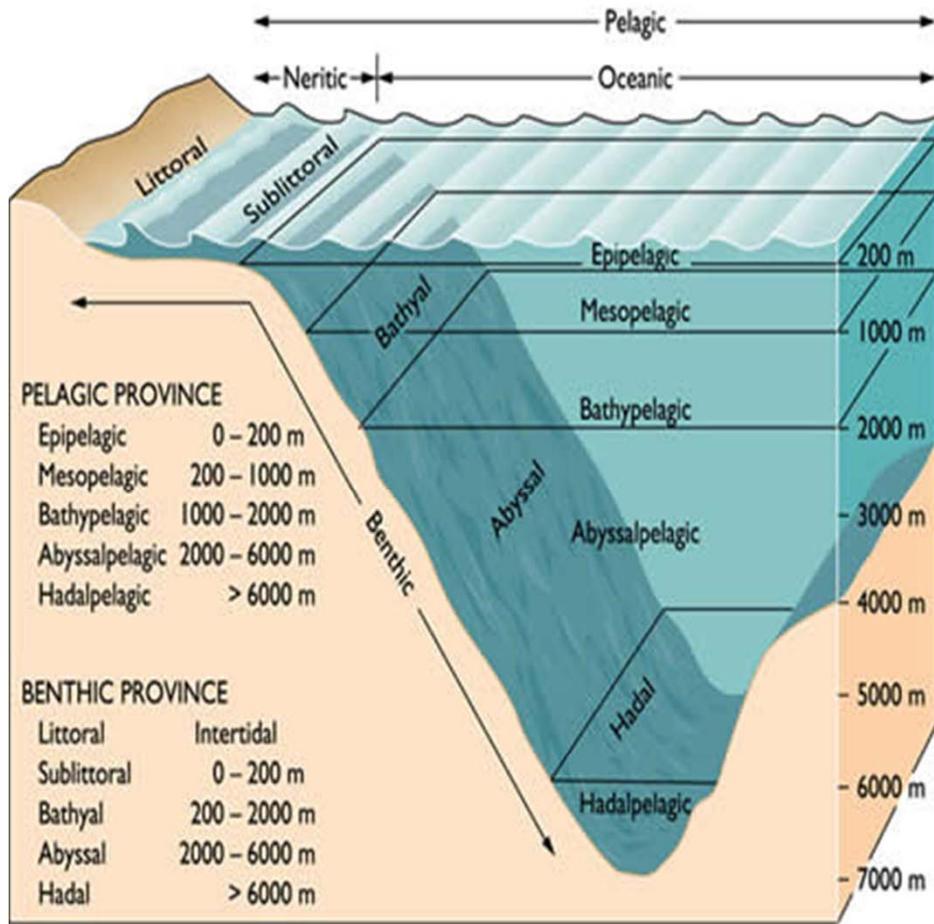
- 광합성에 이용되는 빛을 말함
- 해양에서는 400(자외선)-700(적외선) nm 파장의 빛이 이에 해당됨
- 이중 식물에 의해 흡수된 빛 에너지를 PUR이라 함.
- 해수면에 도달한 태양에너지의 44%정도를 차지함

2장 해양환경과 생물의 적응

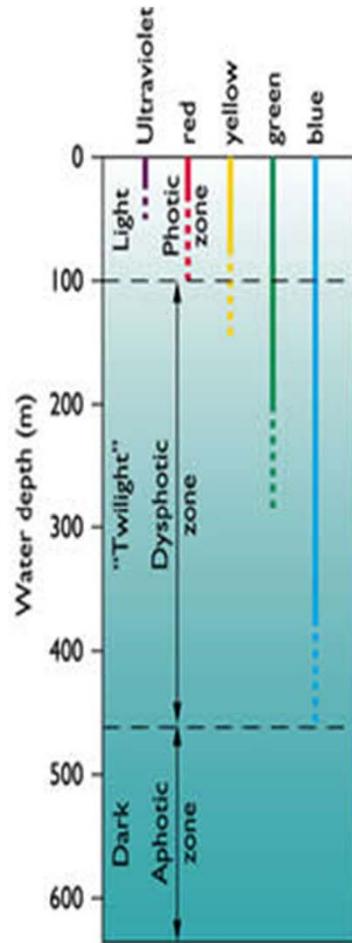
1. 빛, 수온, 염분조건



1.1 빛: 광량에 따른 수층의 구분



(a) BIOZONES



(b) LIGHT ZONES

- **진광대 (euphotic zone)**
- 광합성이 가능한 깊이
- **미광대 (disphotic zone)**
- 광합성에는 부족하나 동물 시각반응을 일으킬 정도의 빛이 존재
- **무광대 (aphotic zone)**
- 생물학적 의미에서 빛이 거의 없는 깊이

2장 해양환경과 생물의 적응

1. 빛, 수온, 염분조건



1.1 빛: 빛의 투과와 소광계수 (k)

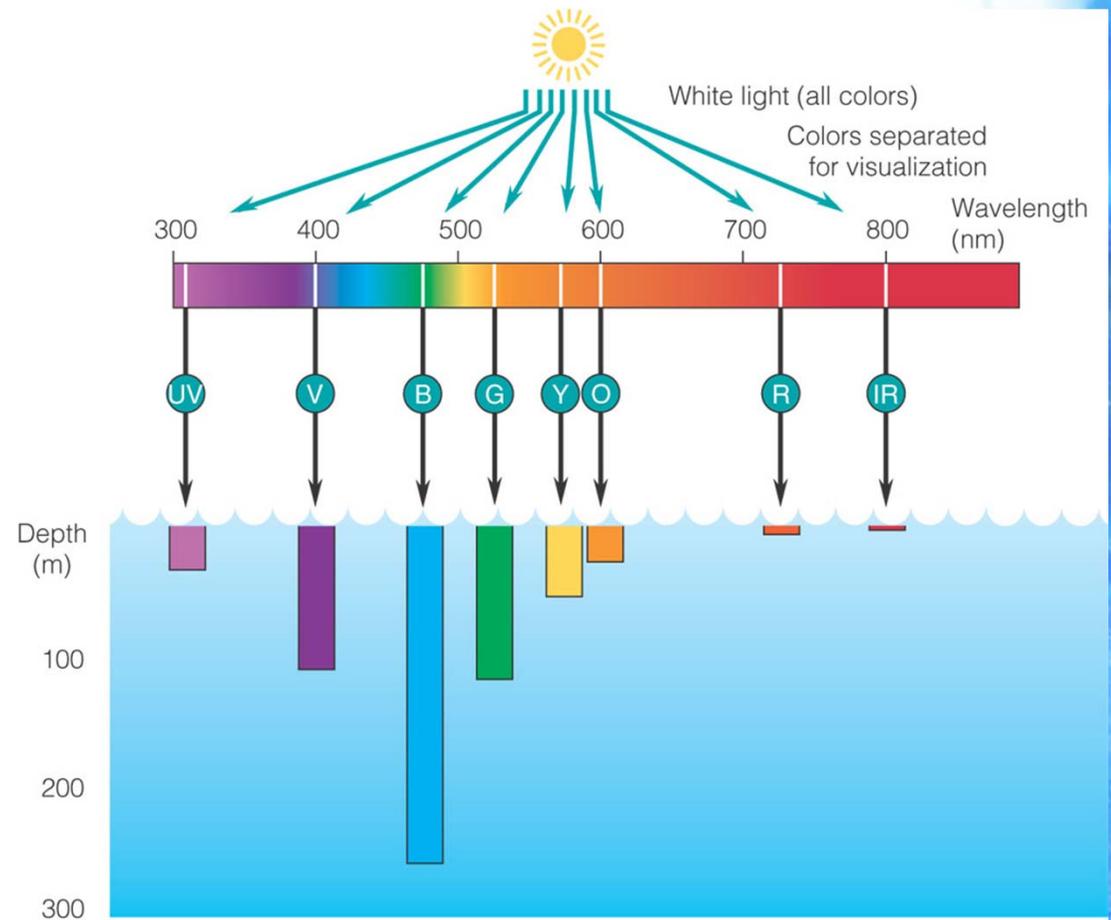
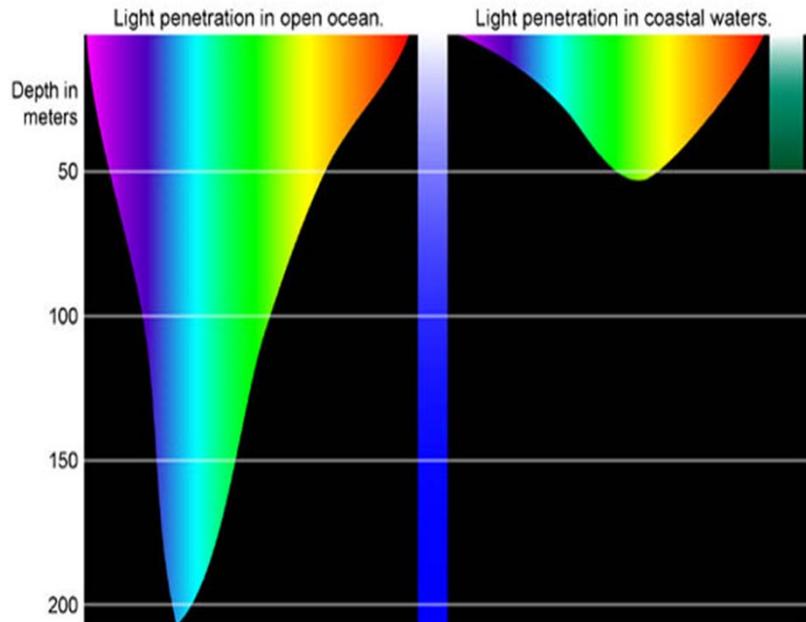
- 해수면에 도달한 빛의 운명
 - 일부는 수면에서 반사(~30%)
 - 물속에서는 흡수 및 산란이 일어남
 - 수심이 증가함에 따라 빛은 기하급수적으로 감소함
 - 램버트-비어(Lambert-Beer) 법칙: $I_z = I_0 e^{-kz}$
(z : 깊이, I_z : 표층 광도, I_0 : 깊이 z 에서 광도, k : 소광계수)
- 빛의 소광계수 k (extinction coefficient)
 - 해수의 상태에 따라, 깊이에 따라 감소하는 빛의 양은 다름
 - 순수한 해수는 낮은 k 값을, 부유물이 많은 해수는 높은 k 값을 가짐
 - 소광계수의 경험식: $k = 1.7/D_s$ (D_s 는 세끼원반의 깊이)

2장 해양환경과 생물의 적응

1. 빛, 수온, 염분조건



1.1 빛: 파장에 따른 빛의 투과 깊이



© 2005 Brooks/Cole - Thomson

2장 해양환경과 생물의 적응

1. 빛, 수온, 염분조건



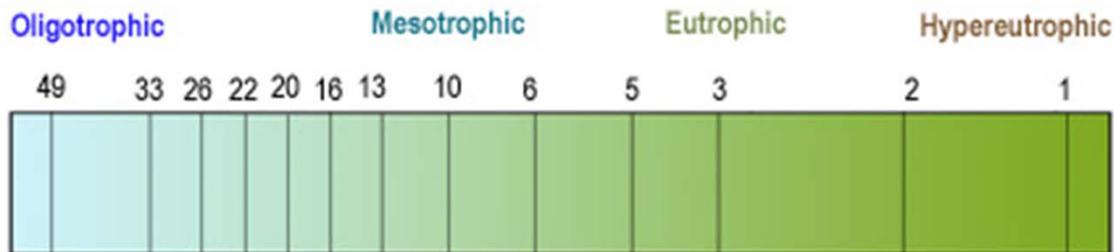
1.1 빛: 현장에서 유광층의 깊이 측정 방법



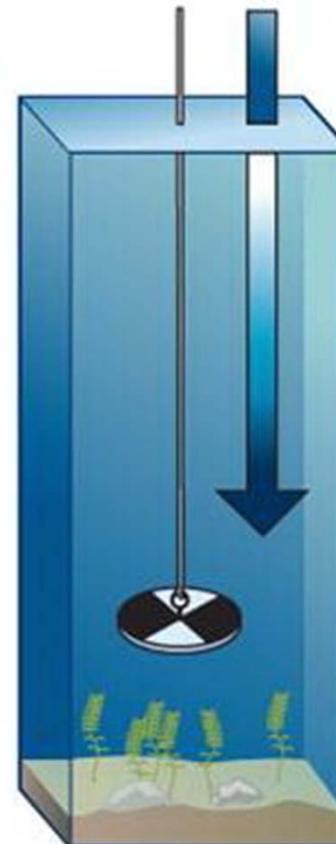
- **Secchi depth**

- Secchi disk가 시야에서 사라지는 깊이
- 표층광량의 10%가 투과하는 깊이
- 해수의 탁도(turbidity)를 간접 측정
- 호수, 바다 등에서 활용

Transparency (Secchi depth, ft) related to Lake Trophic State



LIGHT PENETRATION with low Algae count



LIGHT PENETRATION with high Algae count



2장 해양환경과 생물의 적응

1. 빛, 수온, 염분조건



1.2. 수온과 염분: 온도의 수직분포, 해수층의 수직 분포

- 온도의 수직 분포

- 입사된 태양복사 에너지 → 해양의 열에너지 : 표층온도 상승

- 혼합층: 바람이나 해류에 의해 혼합되어 수온이 균일한 표층
- 수온약층: 수온이 급격히 감소하는 층, 수온약층
- 심해층: 연중 내내 0~4°C가 유지되는 thermocline 아래의 층

- 해수층의 수직 분포

- 수온약층 (thermocline): 수온이 급격하게 감소하는 층
- 염분약층 (halocline): 수심에 따라 염분이 급변하는 불연속층
- 밀도약층 (pycnocline): 밀도의 수직변화율이 매우 높은 층

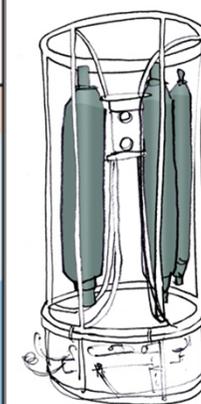
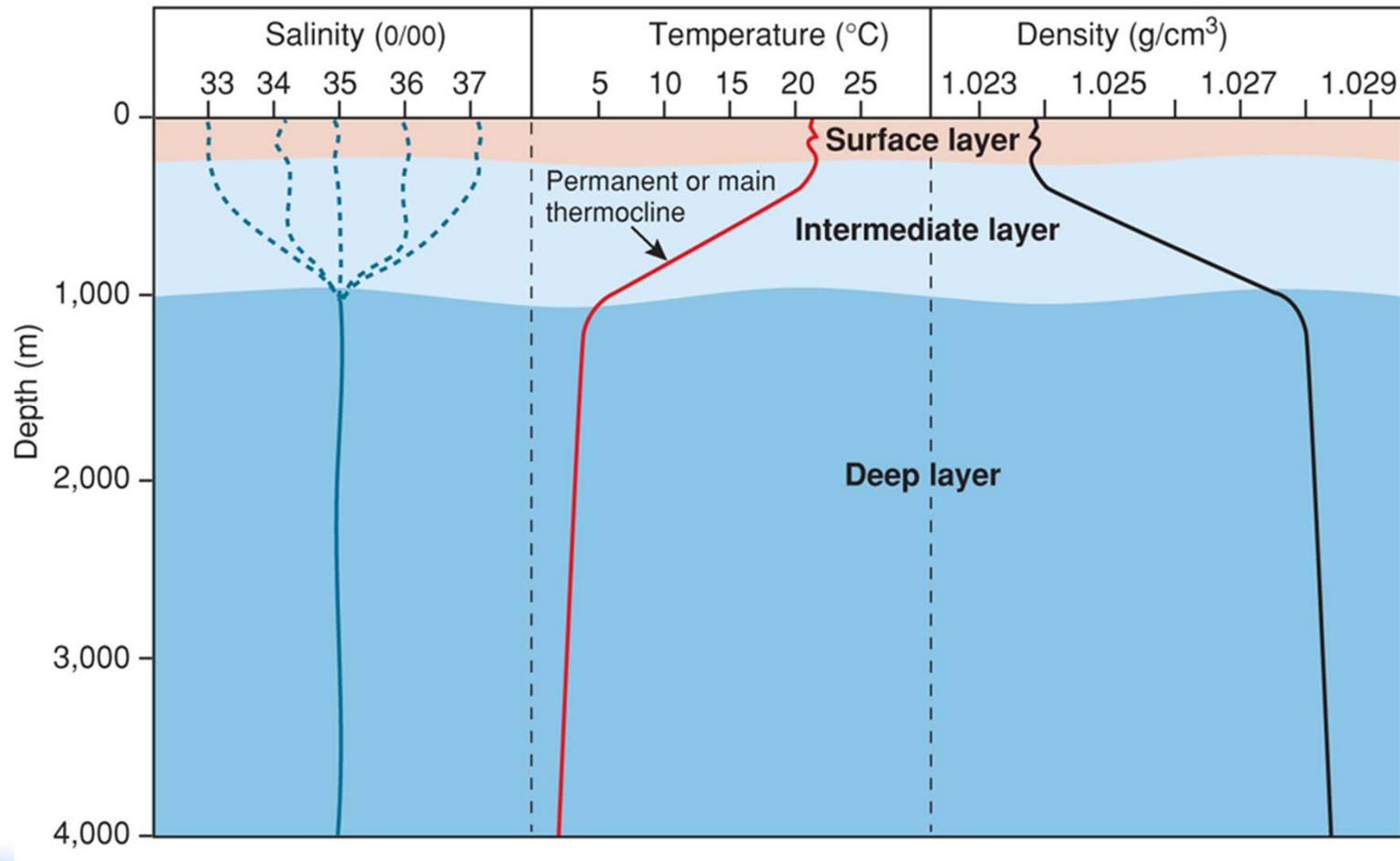
2장 해양환경과 생물의 적응

1. 빛, 수온, 염분조건

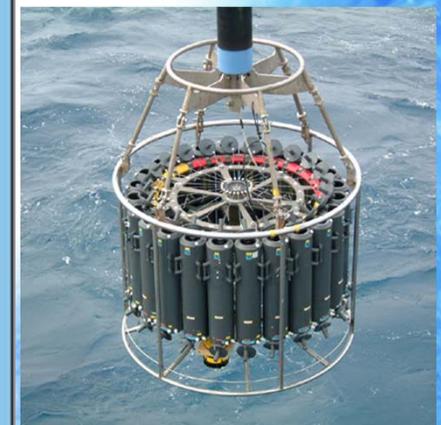


1.2. 수온과 염분: 수온약층, 염분약층, 밀도약층 등

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



CTD device:
conductivity
temperature
depth

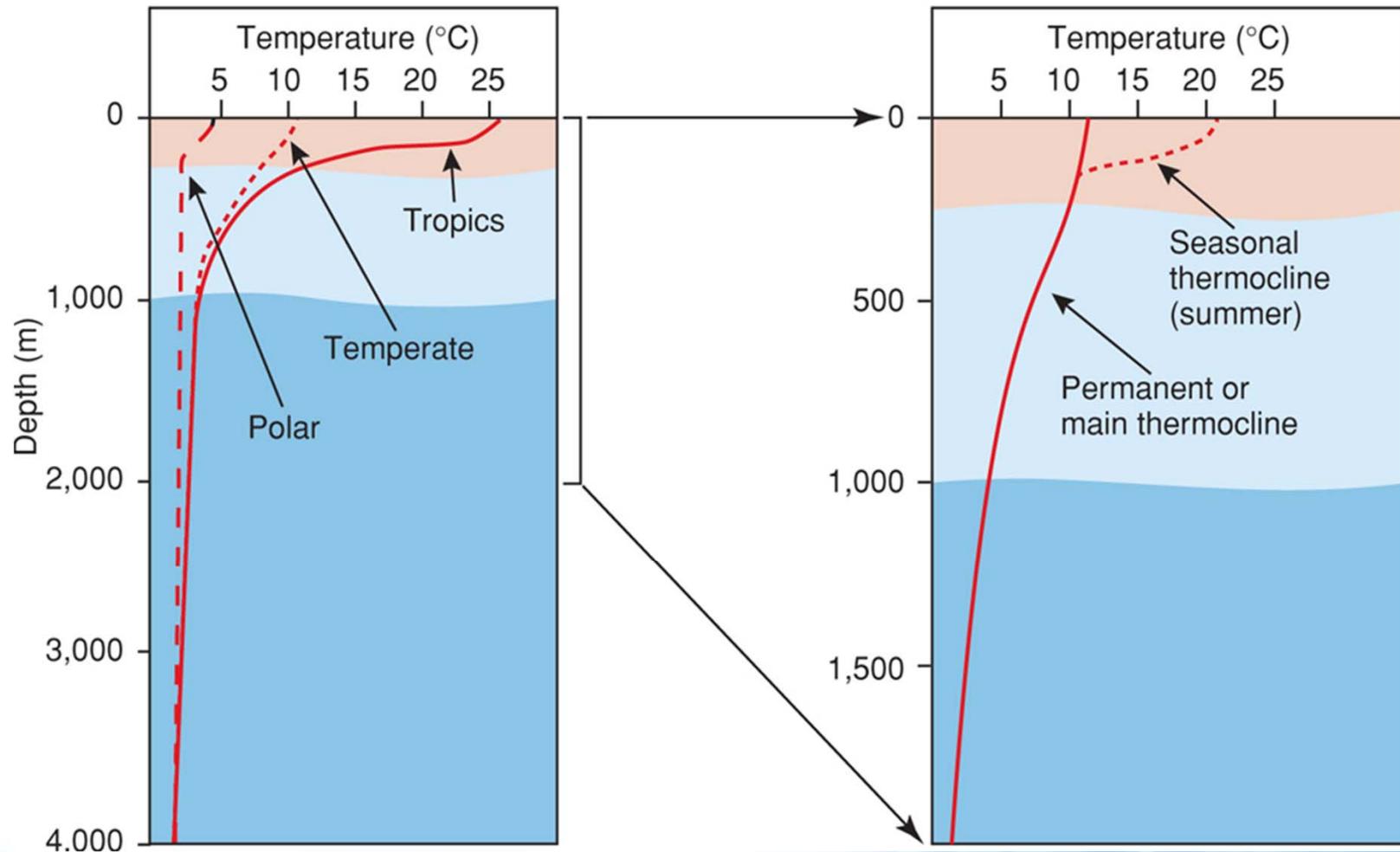


2장 해양환경과 생물의 적응

1. 빛, 수온, 염분조건



1.2. 수온과 염분: 위도/계절에 따른 수온의 수직 분포 및 변화



2장 해양환경과 생물의 적응

1. 빛, 수온, 염분조건



1.2. 수온과 염분: 밀도약층과 성층, 전선의 형성

- **밀도약층 (pycnocline)**
 - 성층을 형성하는 원인
 - 수직혼합은 영양염 공급의 역할 (저층 풍부한 영양염 표층 이동)
 - 조석 등에 의한 에너지가 내부파(internal energy)를 일으켜 수직혼합 야기
(내부파: 밀도가 다른 두 수층의 경계면에 생기는 파도)
- **전선 (front)**
 - 수온/밀도 등의 급격한 수평적 구배가 발생한 것
 - 원인: 조석혼합, 성질이 다른 해류나 수괴의 접촉
 - 조석혼합에 의해 깊은 해수와 얇은 해수가 만나 조석전선(tidal front) 형성

2장 해양환경과 생물의 적응

2. 생물의 적응



2.1. 빛과 해양생물: 식물과 빛, 빛과 수심에 따른 생물의 적응

- 식물과 빛
 - 빛은 광합성의 필수요소
 - 각 수심의 광도에 적응하여 특정 색소체를 가짐
(기본적으로 Chlorophyll a + other pigments)
 - 식물의 색소체와 그 지역에 도달하는 파장의 빛은 보색관계
- 빛과 수심에 따른 해조류의 적응 (complementary adaptation theory)
 - 조간대 - 적색광 풍부 - 녹색색소체 - 녹조류 우점 (파래/청각)
 - 중간수심 - 녹-황색광 풍부 - 갈색색소체 - 갈조류 우점 (미역/다시마/툰)
 - 깊은수심 - 청색광 풍부 - 홍색색소체 - 홍조류 우점 (김/우뚝가사리)

2장 해양환경과 생물의 적응

2. 생물의 적응



2.1. 빛과 해양생물: 색소체의 종류, 조류의 종류에 따라 다름

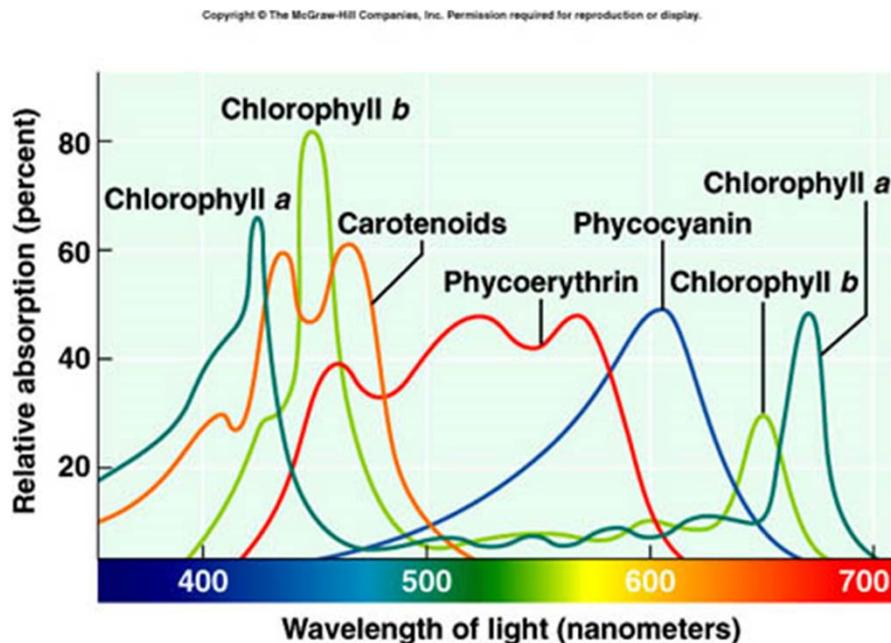


표 2-2. 조류의 종류에 따른 광합성 색소체

		Cyanophyceae	Euglenophyceae	Pyrrhophyceae	Chrysophyceae	Xanthophyceae	Chlorophyceae	Phaeophyceae	Rhodophyceae
Chlorophyll :	Chlorophyll a	●	●	●	●	●	●	●	●
	Chlorophyll b		○				◐		
	Chlorophyll c			○				○	
	Chlorophyll e					○			
Carotene :	α - Carotin						○	○	○
	β - Carotin	●	●	●	●	●	●	○	●
	γ - Carotin						○		
Xanthophyll :	Lutein	○	●		○	○	●	○	◐
	Fucoxanthin				○	○		●	
	Peridinin			◐					
	Echinenon	◐							
	Myxoxanthophyll	◐							
Phycobiline :	R - Phycoerythrin								●
	C - Phycocyanin	●							

● 주색소체, ◐ 전체 색소체의 1/2을 차지하는 색소체, ○ 극히 적은 양의 색소체

2장 해양환경과 생물의 적응

2. 생물의 적응



2.1. 빛과 해양생물: 동물과 빛, 빛에 대한 생물의 반응/적응

- 동물과 빛

- 빛은 동물의 행동에 영향을 줌

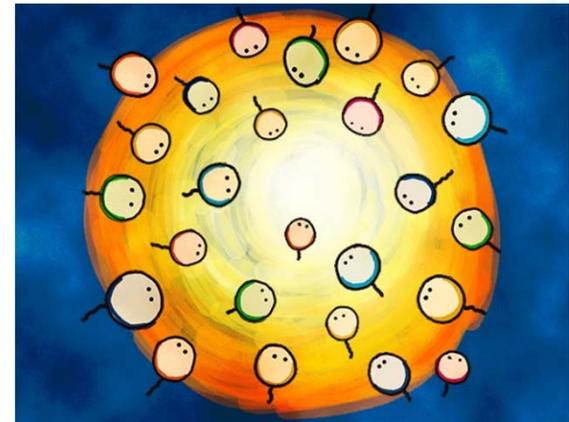
(광을 신호로 수용할 수 있는 구조를 가져야 함)

- 세가지 유형

- 빛을 좋아함 → 주행성
- 약한 빛을 좋아함 → 야행성
- 빛을 싫어함 → 심해성

- 주광성(phototaxis) : 빛의 세기를 감지하며 수직이동을 하는 것

- Positive phototaxis : 빛을 향함
- Negative phototaxis : 빛을 피함



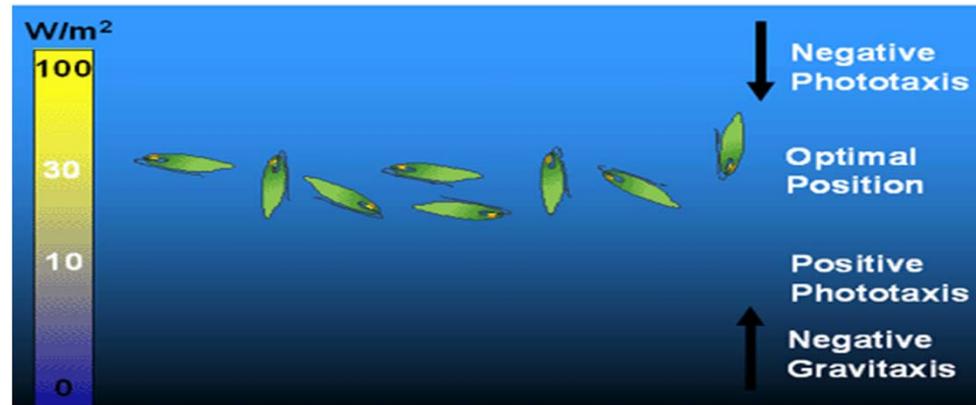
2장 해양환경과 생물의 적응

2. 생물의 적응



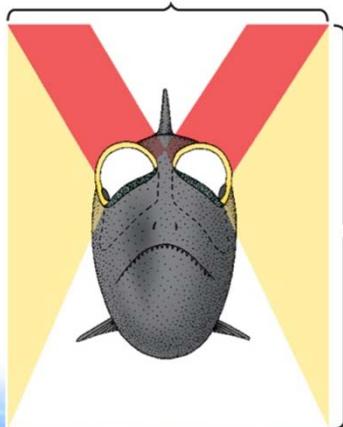
2.1. 빛과 해양생물: 빛과 부유생물, 동물의 감각기관 등

Orientation of motile phytoplankton in the water column



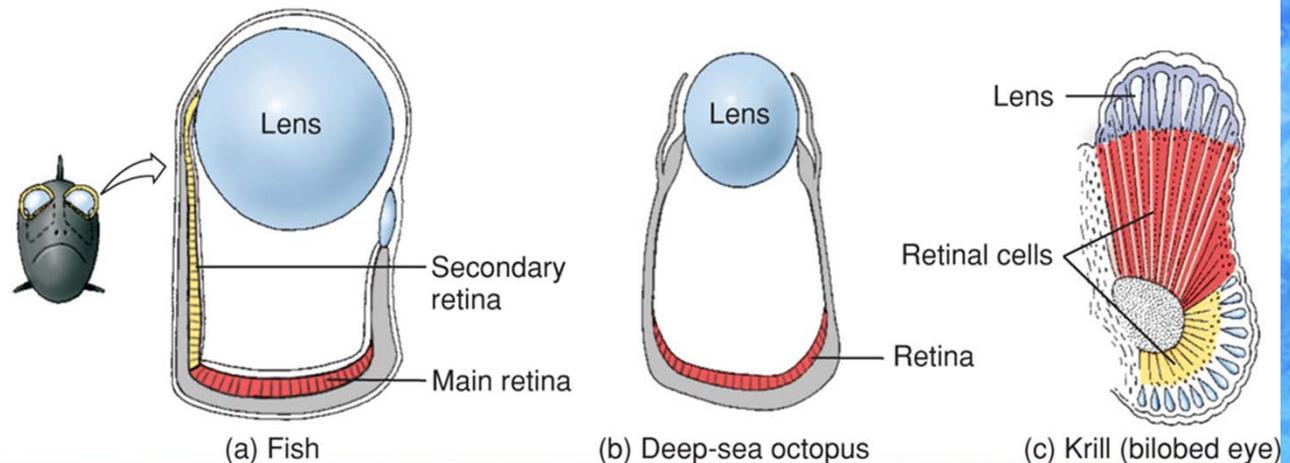
Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.

Upward visual field



Lateral visual field

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



2장 해양환경과 생물의 적응

2. 생물의 적응



2.2. 수온과 생물의 반응: 수온에 대한 동물의 반응 및 증상

- 모든 생물은 생존에 적절한 온도가 있음
 - 협온성(stenotherm): 견딜 수 있는 수온의 범위가 좁음, 주로 변온성생물
 - 광온성(eurytherm): 견딜 수 있는 수온의 범위가 넓음, 주로 항온성생물
- 낮은 수온에서의 증상
 - 신경 전달기능 저하 / 대사과정 교란
 - 에너지 대사 저하 / 수분 응결로 인한 삼투압 증가 / 탈수
- 높은 수온에서의 증상
 - 용존산소의 감소 → 호흡에 지장을 초래
 - 증발에 의한 탈수현상이 일어나기도 함
 - 효소의 파괴(단백질 변성) 등 생물체 항상성에 영향을 줌

2장 해양환경과 생물의 적응

2. 생물의 적응



2.2. 수온과 생물의 반응: Q_{10} 법칙, 수온에 따른 생물의 분포

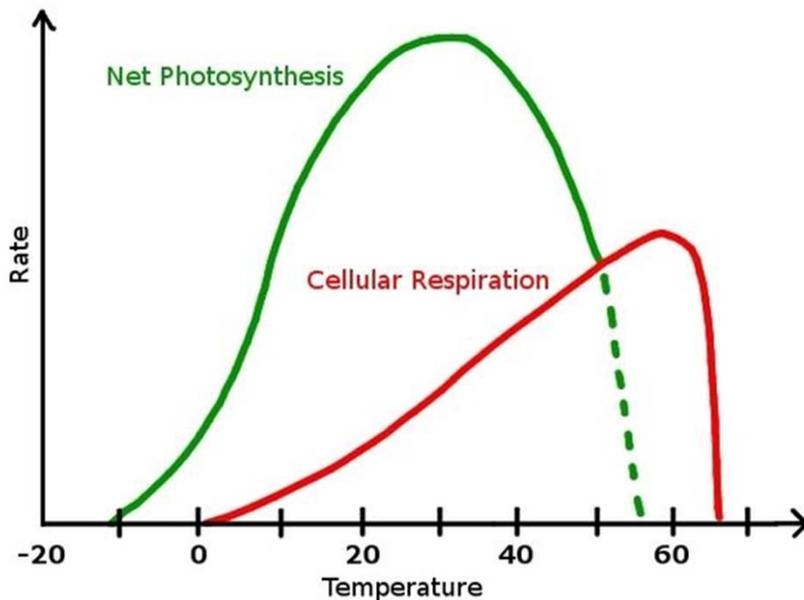
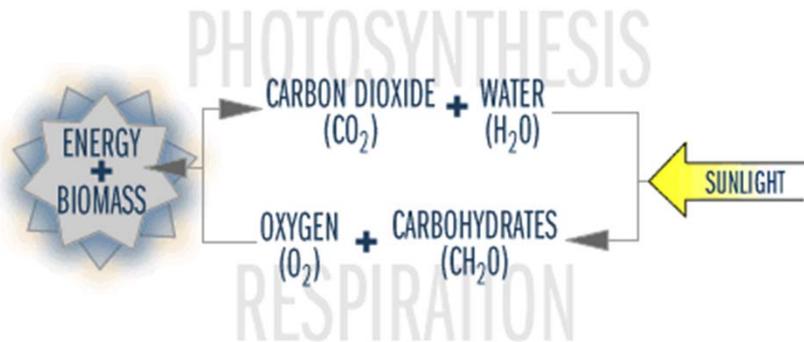
- Q_{10} 법칙
 - $Q_{10} = K_{t+10} / K_t$ (K는 반응속도 상수)
 - 임의 온도와 10°C 낮은 온도에서의 생물의 반응속도를 비교
 - 일반적으로 수온이 올라가면, 생물의 활성도(호흡) 증가($Q_{10}=2\sim3$)
 - 반응속도에는 광합성속도, 효소활성도 등 다양한 척도가 있음
- 수온에 의해 결정되는 생물의 시·공간적 분포
 - 위도에 따라 생물종 서식지의 지리적 분포가 다름
 - 시간(월 또는 계절)에 따라 생물군집의 종조성 및 그 분포가 다름
 - 수심에 따라 생물종의 공간적 분포 및 종조성이 다르기도 함

2장 해양환경과 생물의 적응

2. 생물의 적응



2.2. 수온과 생물의 반응: 광합성 vs. 호흡 & 온도 vs. 생산



Q₁₀ 법칙의 예

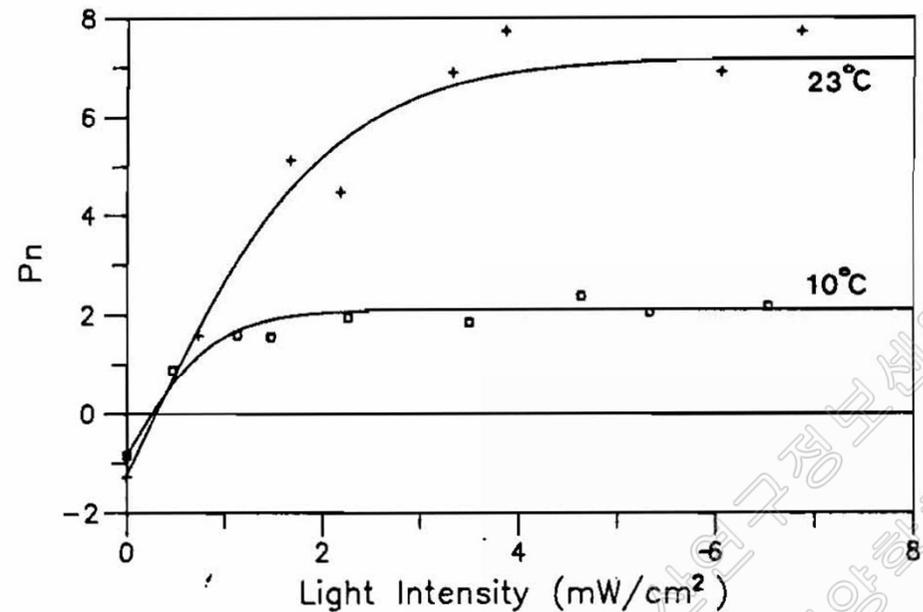


Fig. 1. Photosynthesis-Irradiance curves of *Sargassum confusum* obtained from experiments at Ohori in June (P_n = Net photosynthesis in $\text{mgO}_2 \text{ g DW}^{-1} \text{ h}^{-1}$).

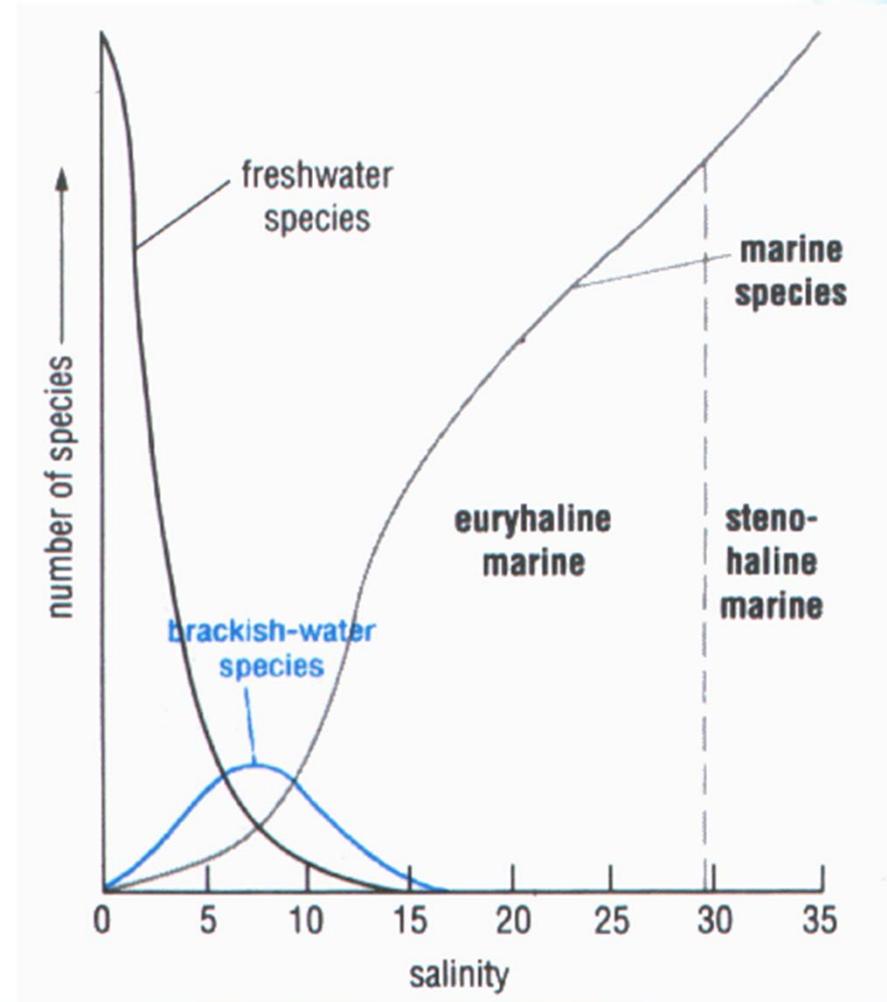
2장 해양환경과 생물의 적응

2. 생물의 적응



2.3. 염분과 생물의 반응: 염분환경과 기수역/기수생물

- 해양의 염분 환경
 - 해수의 염분은 거의 35‰로 일정
 - 담수/기수/해수환경으로 구분
- 기수역 (brackish water)
 - 염분의 변동폭이 큼(담수영향)
 - 염분변화는 삼투압이나 체액의 이온비율 등 해수의 성질을 바꿈
 - 염분에 따라 생물의 형태가 다름
 - 대체로 서식종의 종수가 적음



2장 해양환경과 생물의 적응

2. 생물의 적응



2.3. 염분과 생물의 반응: 염분에 대한 생물의 적응, 생물특성 등

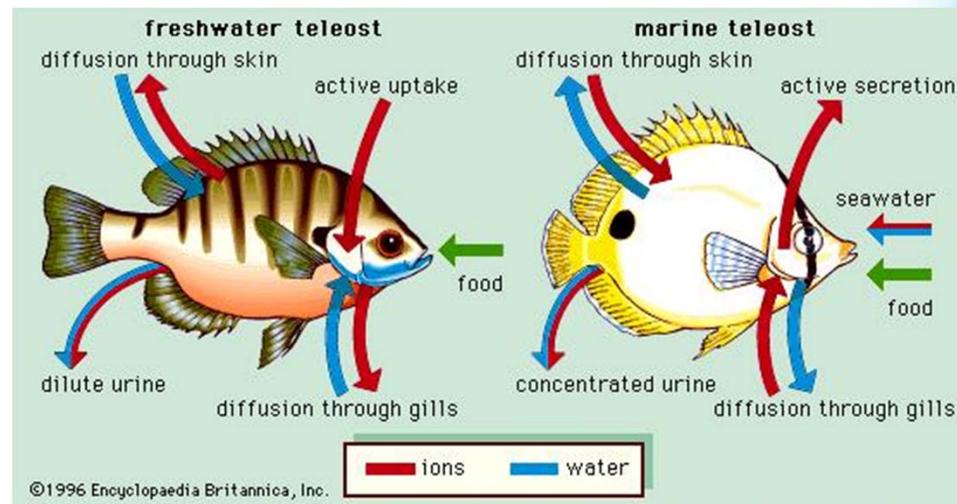
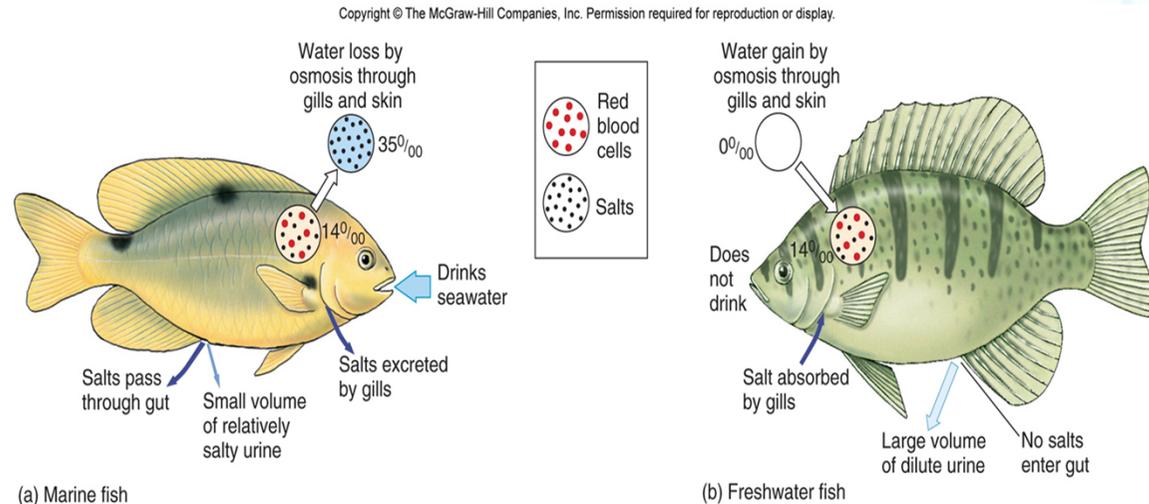
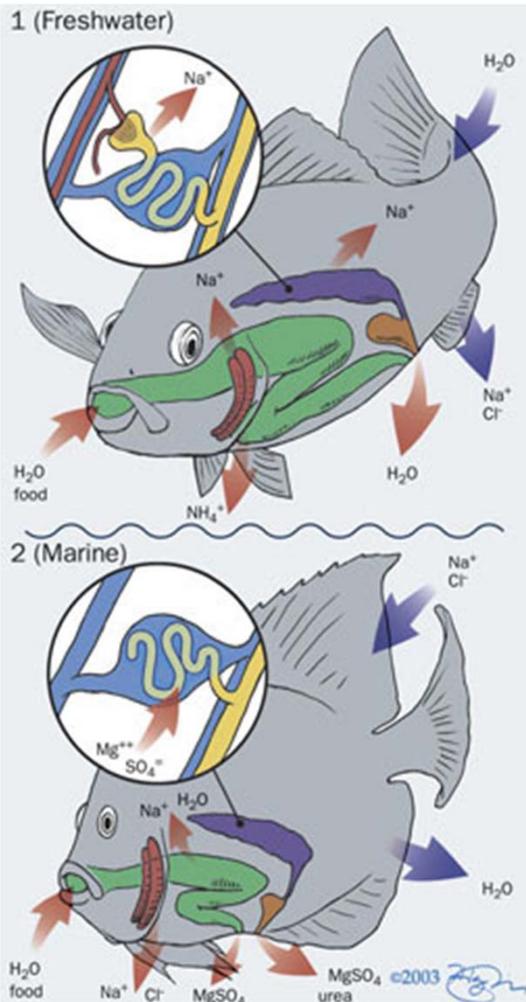
- **생물체의 염분에 대한 적응**
 - 이온의 양을 해수와 맞추어 삼투압(용매 저농도→고농도 이동)을 감소시킴
 - 무척추동물들은 체액의 농도가 높음(해수와 유사)
 - 척추동물에서는, 직접 염분과 이온을 샘을 통해 방출하기도 함
- **염분에 따른 생물특성의 구분**
 - **항염성(homoiosmotic)**: 체액 삼투농도가 외부매질과 별개로 일정하게 유지
 - **변염성(poikilosmotic)**: 외부매질의 삼투압 변화에 의해 수동적으로 변화,
 - 대부분의 해양무척추동물은 **변염성**, 삼투압의 변화허용 범위에 따라
 - **광염성(euryhaline)**: 염분의 변화에 견디는 정도가 큼, 주로 조간대 생물
 - **협염성(stenohaline)**: 염분의 변화에 견디는 정도가 적음

2장 해양환경과 생물의 적응

2. 생물의 적응



2.3. 염분과 생물의 반응: 해산어 vs. 담수어



2장 해양환경과 생물의 적응

2. 생물의 적응



2.4. 해수의 운동과 해양생물: 해수의 운동과 해양생물의 생존

- 소규모 해수의 운동과 생물

- 분자확산(Brownian movement): 물질이동에 기여, 해수에서의 영향은 미미
- 난류(turbulence): 해수의 무작위적 흐름
- 와류(eddy): 난류는 와류를 형성함
- 큰 와류는 작은 와류를 형성하면서 에너지를 전달함



- 파도, 해류, 조석운동과 생물

- 영양염의 순환/거동과 부유생물의 이동에 기여
- 해류에 의해 먹이를 공급받거나, 노폐물을 방출하기도 함
- 해수의 물리적 작용은 생물의 형태에 차이를 유발하기도 함

2장 해양환경과 생물의 적응

2. 생물의 적응



2.5. 해수의 밀도와 해양생물: 해수의 밀도와 해양생물의 생존

- **해수의 밀도와 해양생물**
 - 해수의 밀도가 커서 해양에는 **부유생활**이 용이함
- **부유생물의 적응**
 - 체내에 **물**을 많이 함유하여 해수와 밀도를 맞춤 → 뜸
 - 생물의 **단백질**들은 물보다 밀도가 큼 → 가라앉음
 - 체액 내 **이온**들을 **가벼운 이온**들로 치환하여 **밀도를 낮춤**
 - 지방은 물보다 밀도가 낮으므로, **지방**을 체내에 저장하기도 함, 액포
- **유영생물의 적응**
 - 체내에 **부레**(gas bladder)를 가지는 경우가 많음

2장 해양환경과 생물의 적응

3. 육상생태계와의 비교



3.1 매질의 차이에 따른 생물의 특성: 해수, 물의 특성과 역할

- **해수의 밀도는 공기에 비해 약 800배 이상 큼**
 - 지지조직이 불필요 (대형 무척추동물은 물에서만 살 수 있음)
 - 위치 유지나 이동에 적은 에너지로도 충분함
 - 남는 에너지는 체내에 주로 단백질 형태로 저장함
(육상생물은 에너지 전환이 빠른 탄수화물을 주로 저장)
 - 해양생물은 성장이 빠름, 생산효율 높음: P/B ratio (생산성/생체량)가 높음
- **물은 공기보다 비열이 훨씬 높음**
 - 육상의 기온변동폭에 비해 해양의 수온변동폭은 매우 작음(온화한 환경)
 - 해양에서는 온도변화에 대비할 필요가 적음
 - 같은 이유로, 에너지의 많은 부분을 성장에 씬(해양생물의 성장이 빠름)

2장 해양환경과 생물의 적응

3. 육상생태계와의 비교



3.1 매질의 차이에 따른 생물의 특성: 해양 vs. 육상환경이 다름

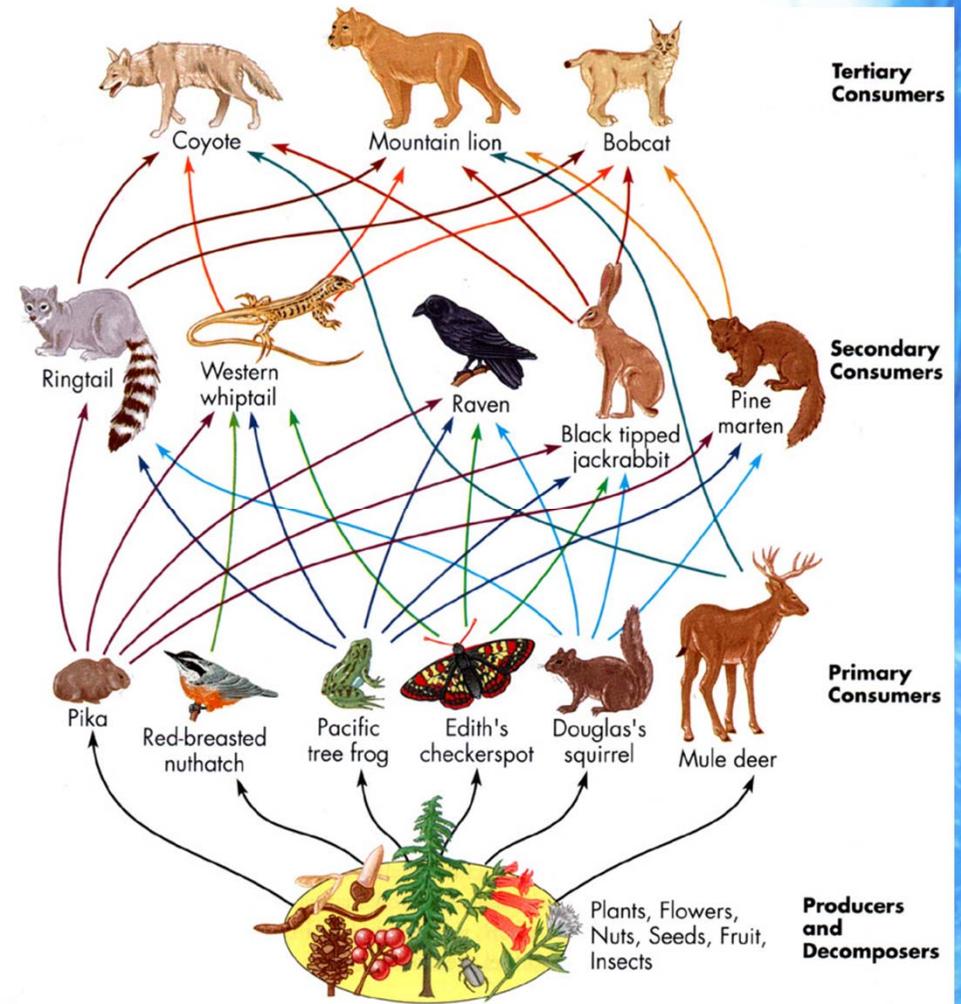
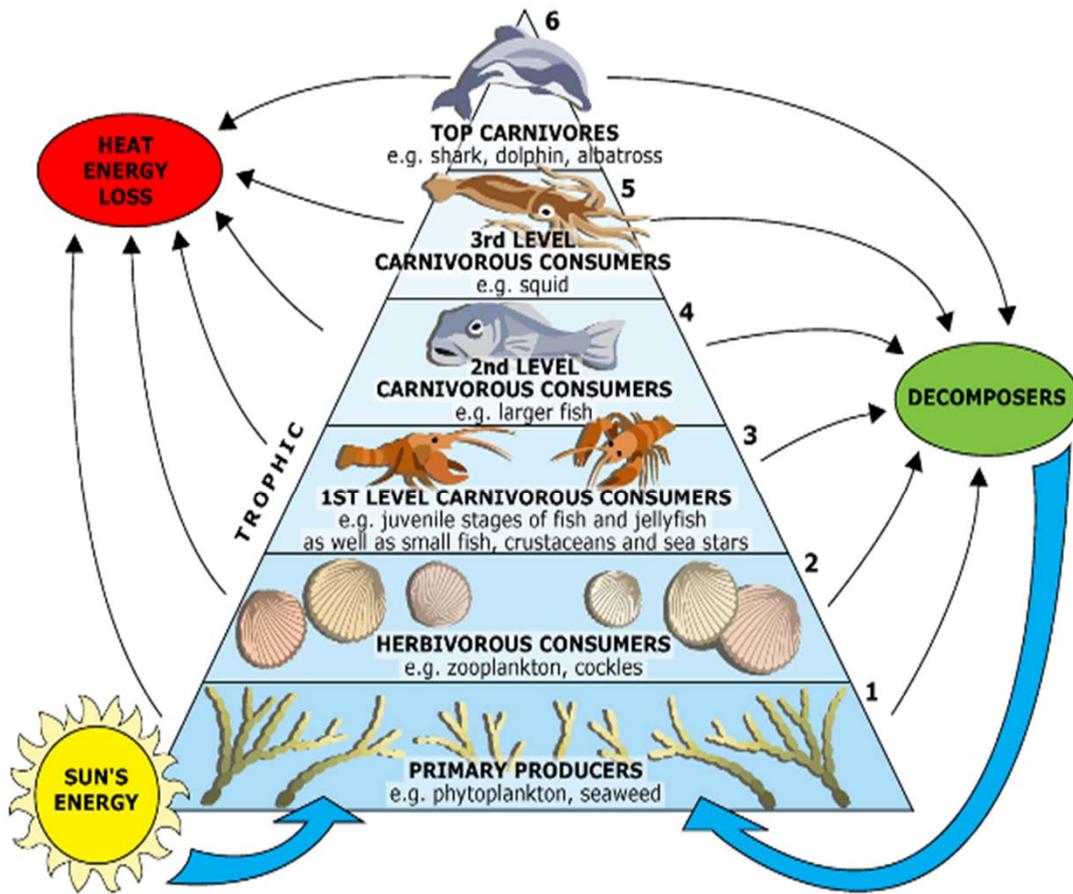
- **해수에서는 빛의 세기가 급격하게 감소함**
 - 표층에 머물러야 빛이 충분하므로, 부유성이 많음(플랑크톤)
 - 빛의 파장에 따라 흡수되는 정도가 다름
 - 식물플랑크톤은 보색관계의 색소체를 가지고 보조색소도 풍부함
- **해양생물은 대부분 크기가 작고, 생활사가 짧음**
 - 일차생산자의 크기가 작으므로, 초식동물의 크기도 상대적으로 작음
 - 결과적으로, 먹이사슬을 통해 대형해양동물까지 가려면, 많은 단계 필요
 - 해양생물은 짧은 생활사와 알을 매우 많이 놓는 경우가 많음
 - 해양은 육상에 비해 기회종(opportunistic species)이 많음, 열악한 환경에 적응하기 위함

2장 해양환경과 생물의 적응

3. 육상생태계와의 비교



3.1 매질의 차이에 따른 생물의 특성: 해양생물 vs. 육상생물



© 2007-2009 The University of Waikato | www.sciencelearn.org.nz

2장 해양환경과 생물의 적응

3. 육상생태계와의 비교



3.2 해양생태계의 시,공간적 규모: 해양생태계의 구성원과 구조

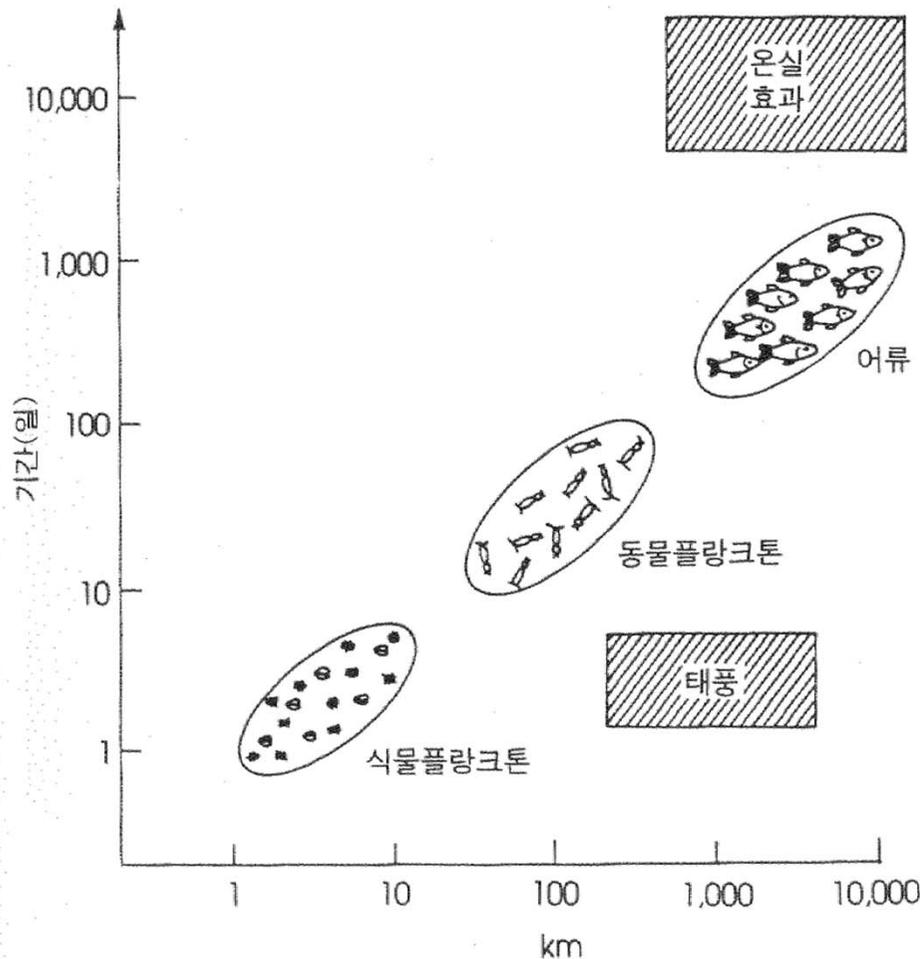


그림 2-24.

해양생물의 전형적인 수평적 규모와 이에 대응하는 시간적 규모.
(Mann & Lazier, 1991)

- 표영계

- 연안역 (neritic zone):
- 대양역 (oceanic zone):

- 저서계

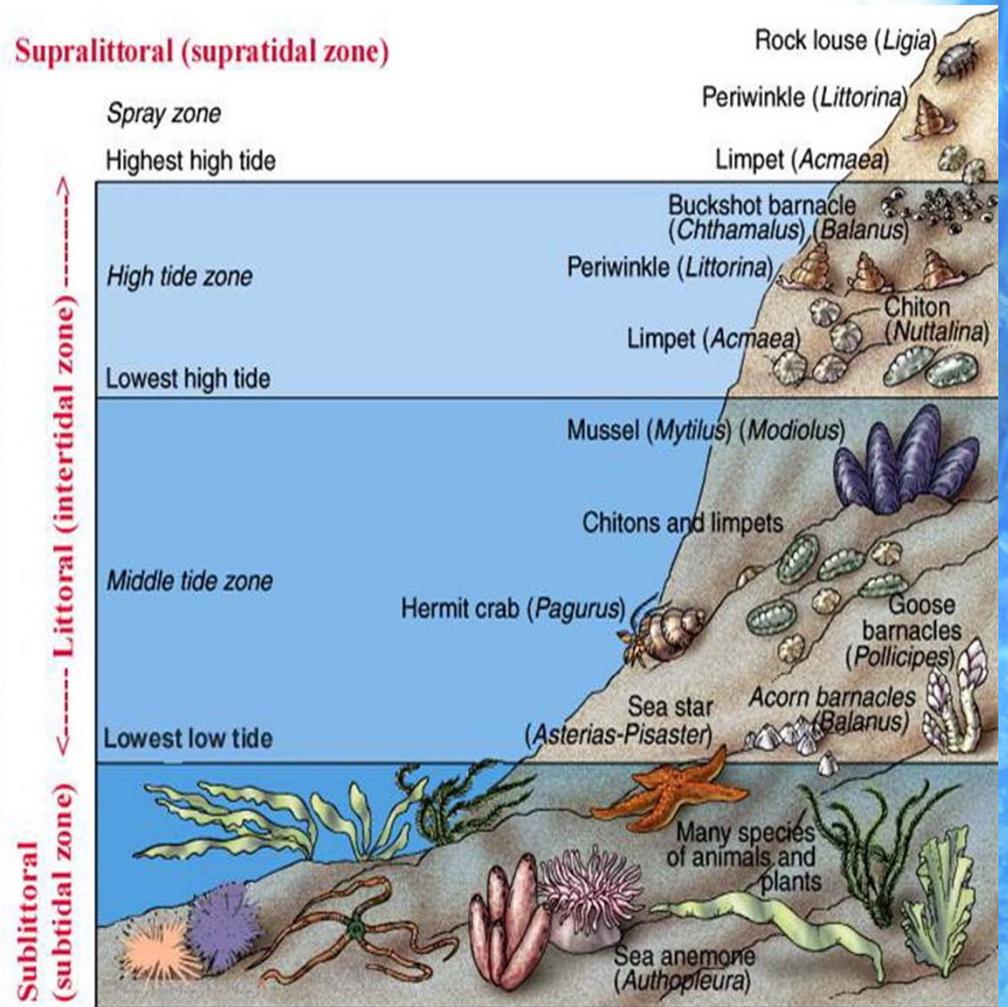
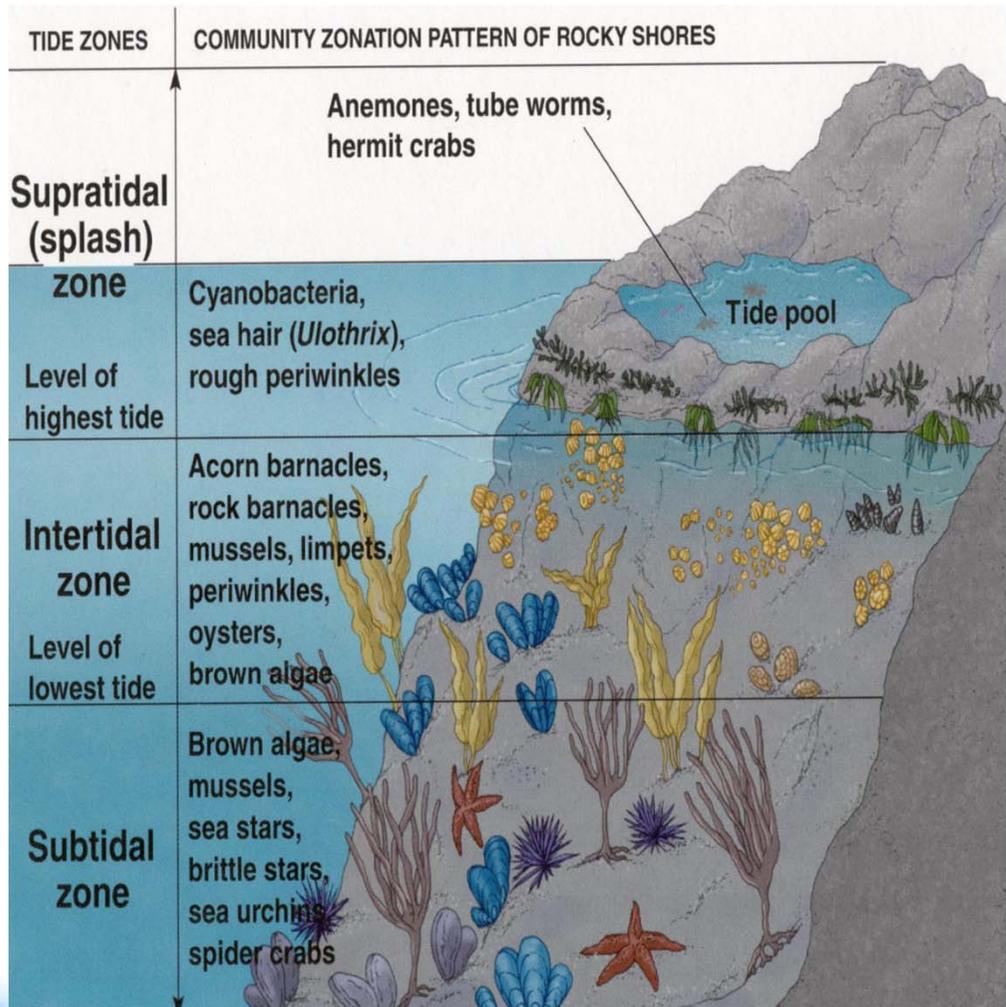
- 조간대 (littoral zone)
- 조하대 (sublittoral zone)
- 심해대 (deep sea zone)

2장 해양환경과 생물의 적응

3. 육상생태계와의 비교



3.3 해양생태계의 구분: 수심, 광량, 조석 등의 환경에 의해 결정



요약



해양환경과 생물의 적응

1. 빛은 해양에서 파장에 따라 흡수/산란되는 정도가 다름
2. 수심에 따라 수온/염분/밀도의 구배가 다름, 수괴 형성
3. 빛/수온/염분은 생물의 분포를 결정하는 주요 요인
4. 해양생물은 빛/수온/염분환경에 따라 다양하게 적응
5. 해양/육상환경은 생물의 적응에 각기 다른 영향을 줌

숙제

HOMEWORK
SUCKS

용어정리 & 그림작성 (with >5 terms)

1. 슬라이드(그림 포함)에 제시된 용어 30개 이상을 정리
2. 선택한 용어 중 5개 이상을 이용하여 창의적인 그림 작성

3장

SEE YOU

Next Week!

생태학의 기본개념들

1. 생태학
2. 생물의 다양성
3. 생태적 지위
4. 개체군
5. 군집
6. 에너지 흐름과 물질순환