

제4장 동물플랑크톤

1. 종류 및 분류

1.1 정의

분명한 구분이 어렵다

플랑크톤이라 하나 운동력이 전혀 없는 것이 아니다. 상대적 개념

1.2 크기에 따른 분류

표 4.1 크기에 따른 동물플랑크톤의 분류

그룹	크기	주요 생물군
미소 플랑크톤	2~20 μ m	섬모충류, 종속영양성 와편모류
소형 플랑크톤	20~200 μ m	유공충류, 섬모충류, 윤충류, 종속영양성 와편모류, 요각류의 노플리우스 유생
중형 플랑크톤	200 μ m~2mm	지각류, 요각류, 유형류
대형 플랑크톤	2~20mm	익족류, 요각류, 난바다곤쟁이류, 모악류
거대 플랑크톤	>20mm	해파리류, 탈리아류

1.3 생태학적 분류

서식수심

Epipelagic, meso-, bathy-, hado-

생활사의 기간과 부유생활,

meroplankton - 연안역 생태계에서 특히 중요

holoplankton

먹이 종류

Herbivorous, carnivorous, omnivorous

몸체 특성

gelatinous. Crustacean,

1.4 분류학적 종류

생물학적 분류

해양에 서식하는 대부분의 생물 종류들을 포함.

특히 meroplankton을 포함하면 거의 모든 분류군이 포함됨.

표 4.2 우리나라 연근해에서 흔히 관찰할 수 있는 동물플랑크톤

중요 동물플랑크톤 분류군	대표적인 속(genus)	보고된 종수
원생동물(Protozoa)		
종속영양성 와편모류(dinoflagellate)	<i>Noctiluca, Protoperdinium</i>	
유중섬모충류(tintinnid)	<i>Tintinnopsis, Codonellopsis, Favella</i>	98종
빈섬모충류(oligotrichs)	<i>Strombidium</i>	
자포동물(Cnidaria)		
히드로충류(Hydrozoa)	<i>Sarsia</i>	
해파리류(Scyphozoa, Siphonophora)	<i>Aurelia</i> <i>Muggiaea</i>	
절지동물(Arthropoda)		
지각류(Cladocera)	<i>Penilia, Podon, Evadne</i>	3속 7종
패충류(Ostracoda)	<i>Conchoecia</i>	
요각류(Copepoda)	<i>Acartia, Calanus, Centropages,</i> <i>Paracalanus, Oithona, Corycaeus</i>	56속 179종
곤쟁이류(Mysidacea)	<i>Acanthomysis</i>	10속 21종
난바다곤쟁이류(Euphausiid)	<i>Euphausia</i>	5속 11종
모악동물(Chaetognatha)		
화살벌레류	<i>Sagitta</i>	3속 19종
척색동물(Chordata)		
유형류(Appendicularia)	<i>Oikopleura</i>	
살파류(Salpida)	<i>Salpa</i>	
저서동물의 유생		
연체동물(조개류)		
환형동물(갯지렁이류)		
절지동물(따개비, 게, 새우류)		
극피동물(성게, 불가사리, 해삼류)		

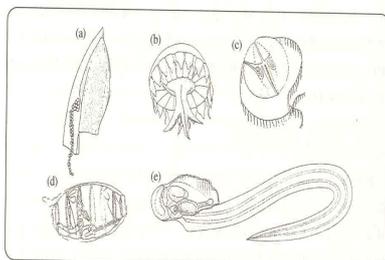


그림 4.1 절리동물 동물플랑크톤(Nybakken, 1993). (a) 관해파리류, (b) 해파리류, (c) 빗해파리류, (d) 탈리아류, (e) 유형류

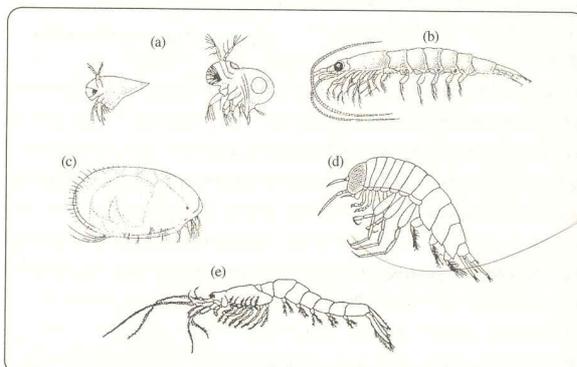


그림 4.3 갑각류 동물플랑크톤(Nybakken, 1993). (a) 지각류, (b) 난바다곤쟁이류, (c) 패충류, (d) 단각류, (e) 곤쟁이류

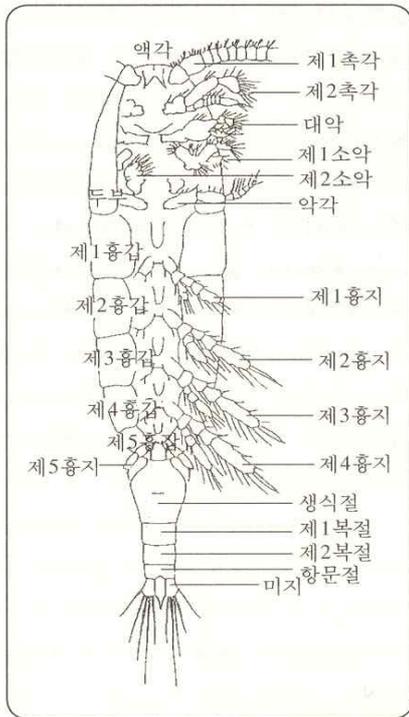


그림 4.2 요각류의 외부구조와 명칭

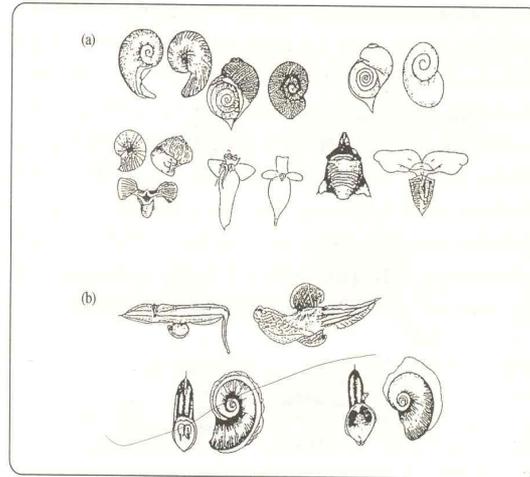


그림 4.5 부유생활을 하는 연체동물인 익족류(a)와 이족류(b)(고 등, 1997)

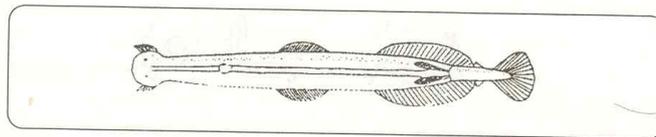


그림 4.4 화살벌레라 불리는 모악동물(Nybakken, 1993)

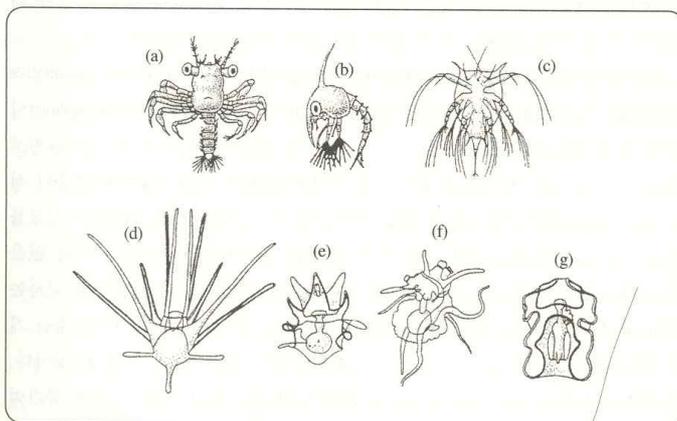


그림 4.6 갑각류(a~c)와 극피동물(d~g)의 유생들(Nybakken, 1993). (a) 게 종류의 megalopa 유생, (b) 게 종류의 zoea 유생, (c) 따개비 종류의 nauplius 유생, (d) echinopluteus 유생, (e) bipinnaria 유생, (f) brachiolaria 유생, (g) auricularia 유생

2. 채집과 처리

2.1 채집

2.2 live sample

2.3 네트

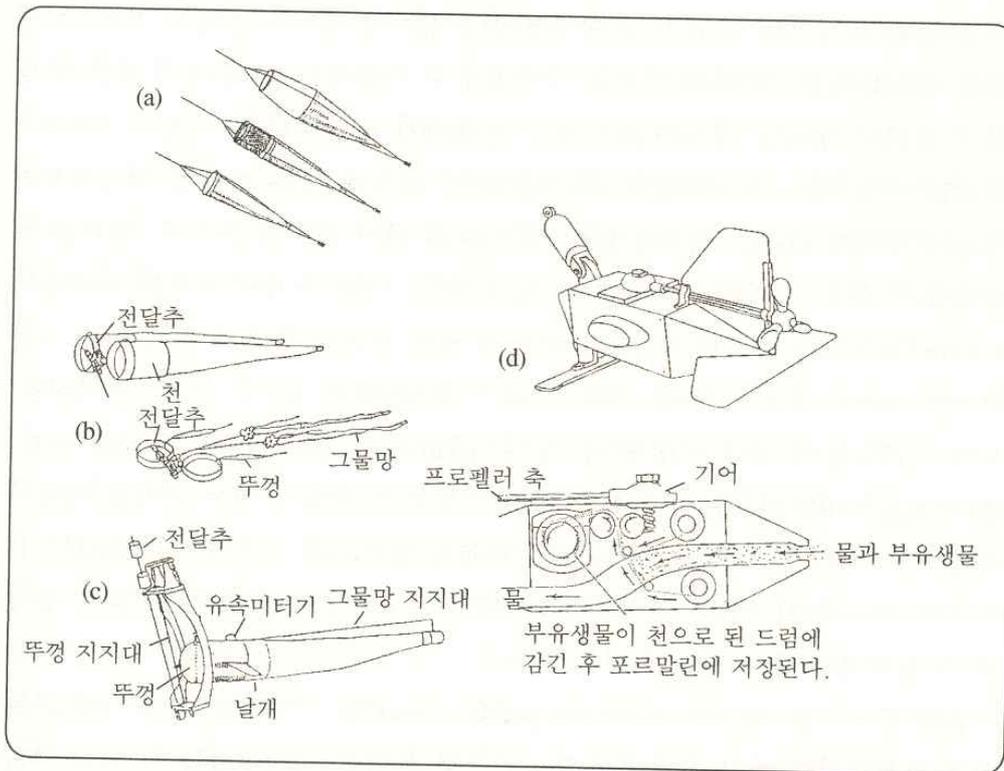


그림 4.7 다양한 동물플랑크톤 채집 네트(심과 김, 1996). (a) 전형적인 플랑크톤 네트, (b) 개폐식 봉고네트, (c) Clarke Bumpus 채집기, (d) Hardy continuous plankton recorder

2.4 시료의 농축

2.5 고정과 보존

대부분의 고정액은 carthnogenic. 취급에 주의가 필요함.

고정 후 일정기간이 지난후 농도를 낮추어 영구보존

슬라이드를 제작하기도. 사진의 발달로 용이해짐

2.6 관찰

2.7 분할, 선별, 계수

2.8 종 검색

2.9 생체염색

3. 생물량과 화학조성

3.1 침전량, 배수량(displacement volume)

장점 : 생물이 물리적으로 상하지 않음

단점 : 성분에 따라 의미가 왜곡될 수 있음. 특히 gelatinous zooplankton

3.2 습중량 (wet weight)

습기 제거의 한계. 무게로는 가장 많이 쓰임

3.3 건중량(dry weight)과 건조유기물중량(organic weight)

60°C에서 48시간, 혹은 70°C에서 24시간.

생물이 상하기 때문에 분할 시료를 이용

3.4 체장, 용적, 중량

3.5 화학조성

식물플랑크톤을 섭식하므로 유사하나 몸의지지 성분이 더 필요해지는 경향

3.6 열량

4. 분포, 천이, 수직이동

4.1 불균일한 무리분포

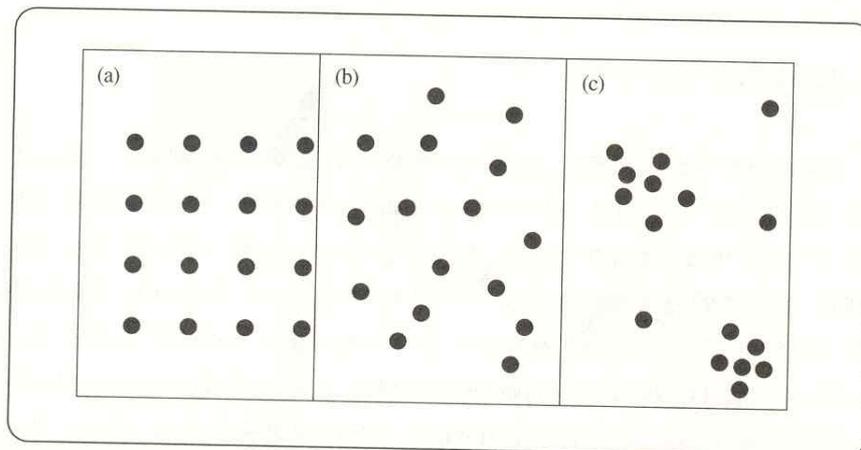


그림 4.8 생물분포의 세 형태. (a) 균일 분포(even distribution), (b) 무작위 분포(random distribution), (c) 불균일 분포(patchy distribution)

네트 인양의 방법, 거리 (시간), 망목 사이즈

불편추정치의 획득

시료 변이를 판단해야함

sampling error

avoidance, patchiness, 수직이동 등

4.2 공간적 차이

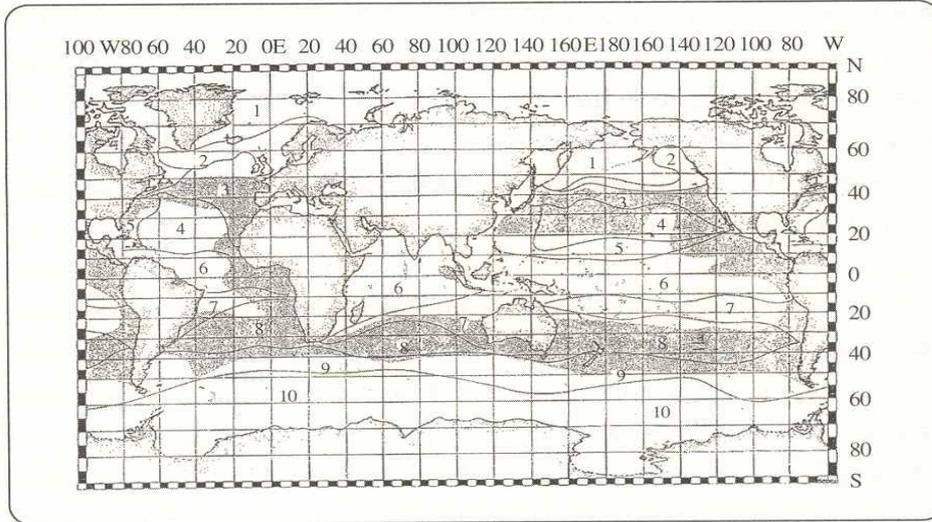


그림 4.9 대양을 동물플랑크톤의 분포양상에 따라 구분한 예(van der Spoel and Hayman, 1983). 1 = Arctic area, 2 = Subarctic area, 3 = N. Temperate area, 4 = N. Subtropical area, 5 = N. Subtropical-Terminal area, 6 = Equatorial area, 7 = S. Subtropical-Terminal area, 8 = S. Subtropical-Central area, 9 = S. Temperate area, 10 = Antarctic area, dotted = areas of strongly mixing water masses

4.3 시간적 변동

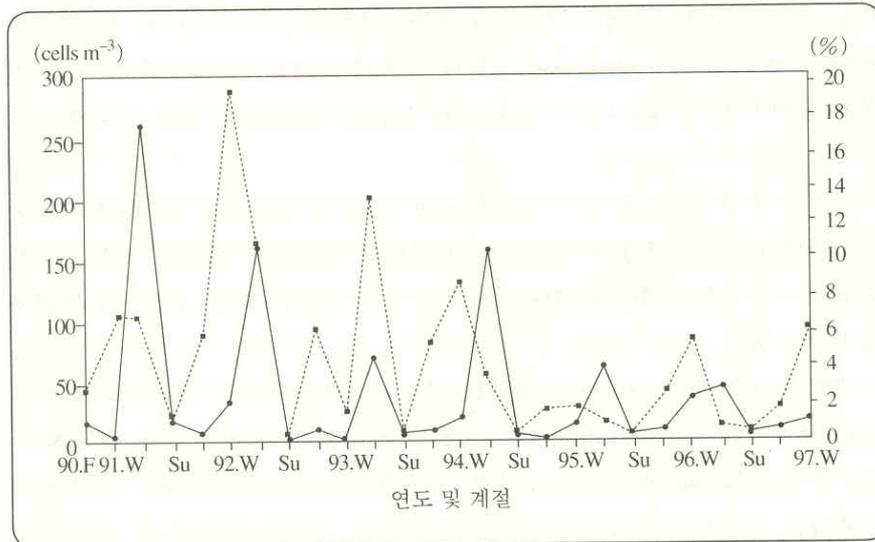


그림 4.12 아산만 일원에 서식하는 주요 요각류 *Calanus sinicus*의 계절 및 연간 변동. — 개체수, ... 빈도

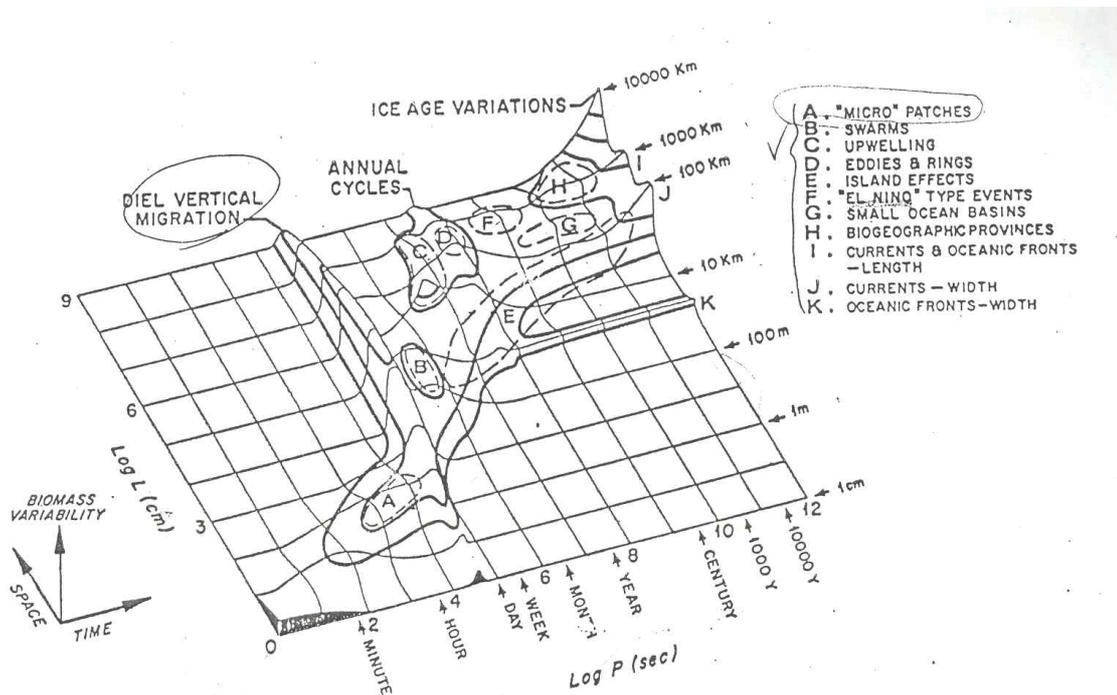


Figure 1. The Stommel Diagram, a conceptual model of the time-space scales of zooplankton biomass variability and the factors contributing to these scales. I, J and K are bands centered about 1000's, 100's and several kilometers in space scales, with time variations between weeks and geological time scales.

Hutchinson의 5 patterns

- vectorial pattern
- coactive pattern
- reproductive pattern
- social pattern
- stochastic pattern

4.4 군집구조

종류와 각 종류의 개체량의 내용을 통칭하는 용어

4.5 천이

시간에 따른 우점 종의 변화

4.6 수직 분포와 수직 이동

수직적으로 분포의 차이가 있음

심해 산란층(deep scattering layer) : 음파에 대하여 이 수직적 분포차이가 일정한 시간간격으로 되풀이되면 수직 이동이 수직이동의 주기는 크게 둘 ; 단주기(daily), 장주기(seasonal).

Diurnal vertical migration, Diel vertical migration

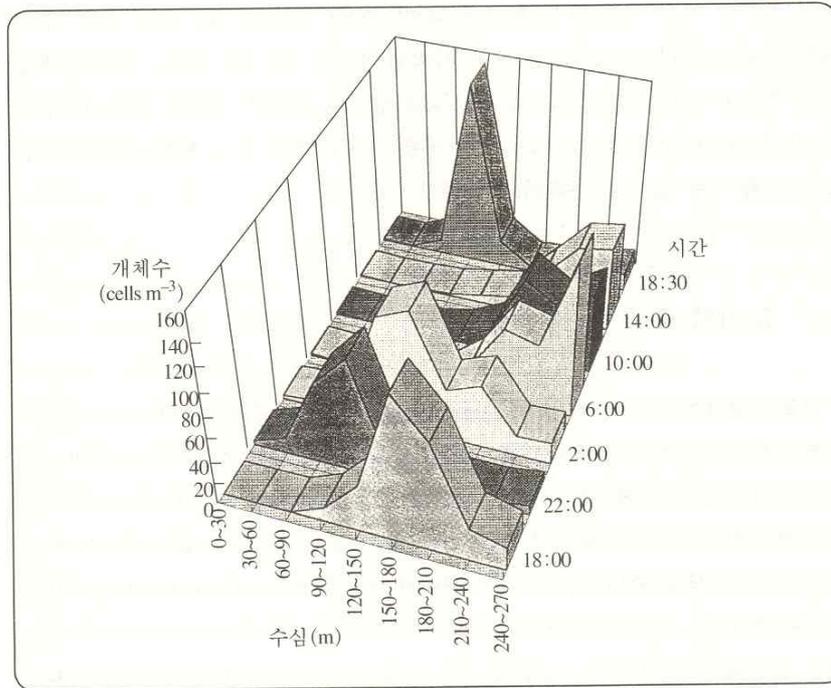


그림 4.14 동해의 주요 우점 요각류 *Metridia pacifica*의 하루 주기의 수직이동 (Park et al., 1997)

Seasonal v. m., Ontogenetic v. m.

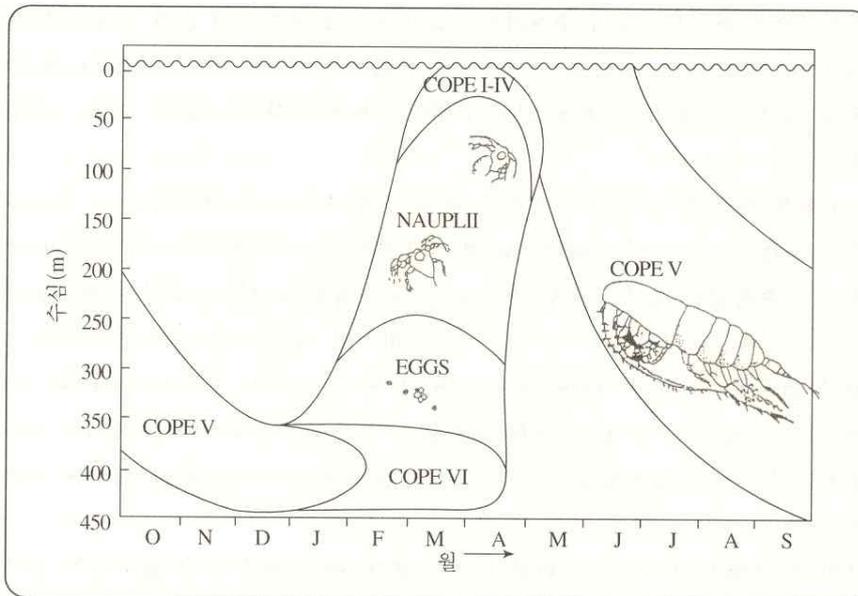


그림 4.13 요각류 *Calanus plumchrus*의 생활사의 진행에 따른 수직이동(COPE, copepodid stage; Fulton, 1973)

5. 이차생산

Levels of production

“Primary production으로부터 energy를 받아 새로이 생성한 organic matter의 양”

-> herbivorous production, not a production of new organic matter but reorganization

* carnivorous production은 3차 생산

* Food 가 일정치 않은 경우가 많아 (omnivorous) 순수한 2차 생산의 구분이 어려울 때가 많다.

-> 단순히 편리만을 고려하여 통상 1차 생산 이후를 2차 생산이라 함

* 2차 생산에 관한 연구가 상대적으로 빈곤한 이유

1) longer generation time 2) different food

3) 다양한 feeding type 4) 대상 종에 따라 다양한 측정 방법

* 측정방법 --크게 5가지- 완벽한 방법은 없음

Cohort method

Cumulative growth method

B/P ratio method (turnover time method)

Energetics method

model method

5.1 Cohort method (Allen curve)

* 재생산이 일정 주기로 일어나고, age class의 구분이 용이한 경우에 적용가능

Time t_1 에서 개체수 n_1 , 평균무게 w_1 라고 하면 ($n_1 > n_2$)

t_1 에서 t_2 까지의 production은

1) n_2 의 증가된 weight --

2) 시간의 흐름으로 무게가 증가되다 죽은 개체의 무게 --

Fig 12.1 에서 production 과 biomass consumed 는? (식의 전개로 사다리꼴의 면적)

* 일반화한 식

* Fish production에 보다 용이한 방법으로 당초 benthos를 대상으로 개발되었으나 Allen이 Fish에 적용하여 Allen curve라 부름

* Zooplankton의 경우 문제점.

1) Heterogenous distribution

2) reproduction이 년중 여러번 (Polycyclic)

3) stage간의 간격과 각 stage로의 변화가 일정하지 않을 경우 (갑각류)

5.2 Cumulative growth method

A, 한개체의 일일 평균 성장 (무게의 증가)

B, A 로부터 얻어지는 작은 시간 간격에서의 무게증가

C, 해당 group의 개체수

D, B 와 C 의 곱, 즉 (개체수 * 무게증가) = 생산

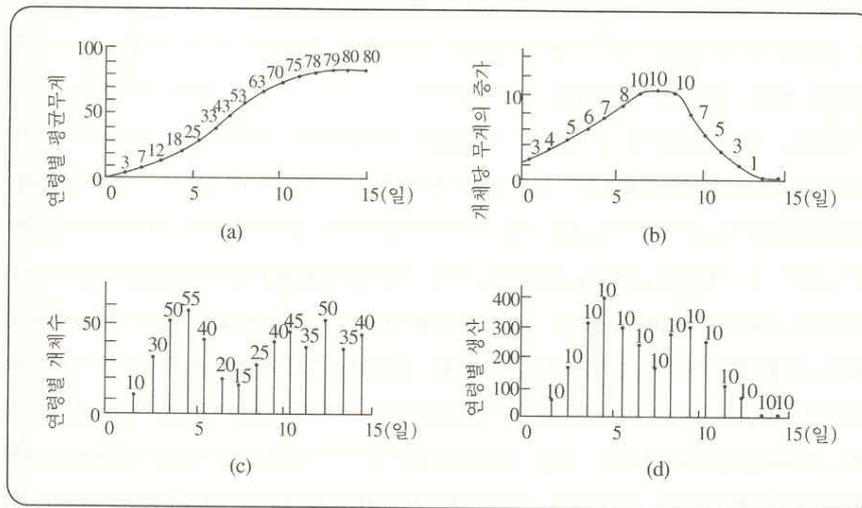


그림 4.15 누적성장법에 의한 이차 생산의 측정 모식도. (a) 개체군의 1일 성장, (b) 연령별 새로운 무게의 증가, (c) 각 연령군의 숫자분포, (d) (b)와 (c)의 대응되는 연령군에 대한 곱으로서 각 연령군의 생산을 의미한다. 따라서 이 개체군의 생산은 (d)의 모든 연령군에 대한 생산의 합에 해당된다.

계속적이고 일정한 간격의 sampling 이 필요함

5.3 Turnover time method

소위 B/P ratio method에 해당됨.

가정: Population 이 steady state 일때, 즉 life cycle 보다 더 긴 시간에서 Biomass 에 별 변화가 없는 경우에 한함.

==> 이 경우 mortality = recruitment = production (단, Gross P)
net production은 0 (가정에서 steady state라 함)

* $P/B = 1/T$ (T는 turnover time)

5.4 Energetics method (Physiological method)

Energy budget에서 구함.

5.5 Model approach

주요 결과들

* 온대수역의 경우 대체로 50 - 100 mgC/m²/day, 이는 순 1차 생산의 10 - 30 %.

(1차생산의 거의 전부를 zooplankton이 uptake한다는 견해, 육상과 차이점)

* 순1차생산 > 동물플랑크톤의 호흡 -- positive 2차 생산

= -- no 2ndary production

< -- advection 등에 의한 수평이동으로 energy 공급

6. (표영)생태계 먹이망, 경쟁, 공생

6.1 용어와 개념

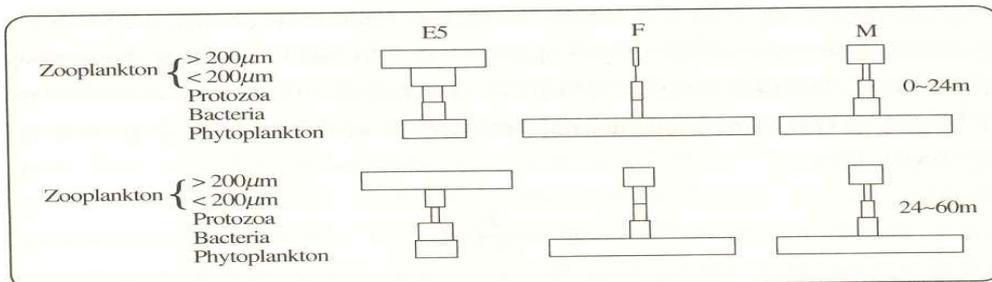


그림 4.16 여름철 English Channel에서 성층수역(E5), 전선수역(F), 조석 혼합수역(M)의 플랑크톤 중 5개 생물군이 점유하는 탄소량 비율(Holligan *et al.*, 1984). 성층수역에서의 수온약층은 18m로부터 25m까지 확장되었고, 전선수역에서는 수온약층이 15m로부터 28m까지 약화되었다. 성층수역에서 중속영양생물이 우점하는 것은 필시 일부 저서군집으로의 유출을 포함하여 성층에서의 높은 식물 탄소이용효율을 의미할 것이다.

6.2 고정된 탄소의 동태

표 4.3 3개의 상이한 해양서식환경에서 일차 생산량과 어류생산량과의 관계(Lalli and Parsons, 1993)

Habitat	Oceanic	Coastal	Upwelling
Percent ocean area	90	9.9	0.1
Mean primary productivity(g C m ⁻² yr ⁻¹)	50	100	300
Total plant production(10 ⁹ tonnes C yr ⁻¹)	16.3	3.6	0.1
Number of energy transfers between trophic levels	5	3	1.5*
Average ecological efficiency(%)	10	15	20
Mean fish production**(mg C m ⁻² yr ⁻¹)	0.5	340	36,000
Total fish production***(10 ⁹ tonnes C yr ⁻¹)	0.2	12	12

* 용승해역에서의 영양단계 수는 2개(초식성 어류가 우점할 경우) 또는 3개이므로 에너지 전달에 대한 평균값으로 1.5를 취했음.

** 식 $P = BE^m$ 으로부터 계산된 것임.

*** 해양의 총면적 $362 \times 10^6 \text{ km}^2$ 중 각 서식해역이 점유하는 비율로 보정해 준 값임.

6.3 먹이 연쇄와 어업

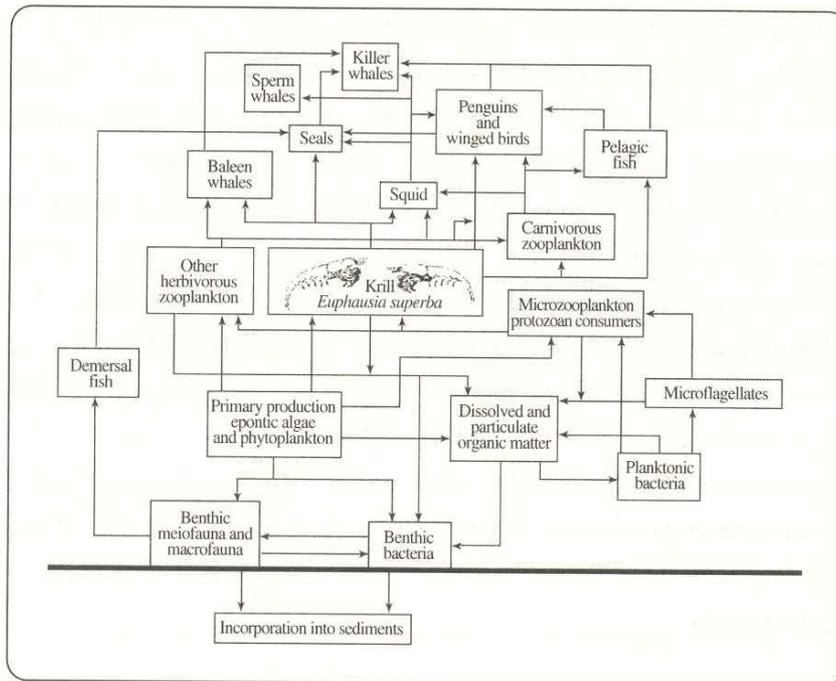


그림 4.17 남극해의 먹이망 모형도 (Lalli and Parsons, 1993)

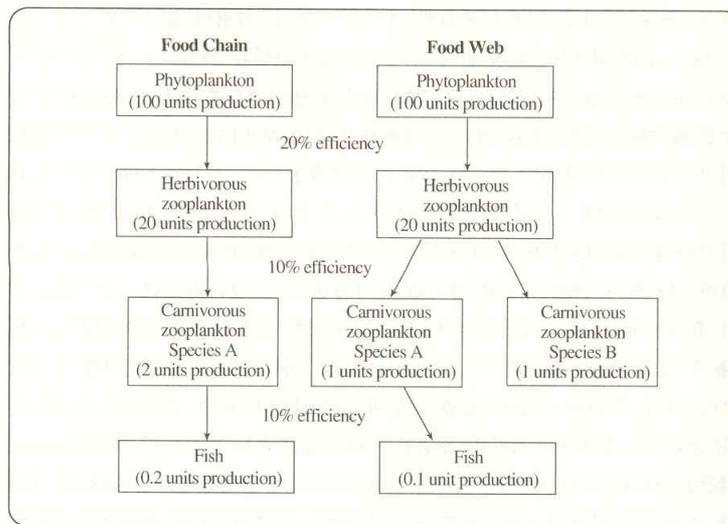


그림 4.18 이론적인 먹이사슬과 먹이망의 비교(Lalli and Parsons, 1993), 두 경우 모두 식물플랑크톤의 일차 생산량을 인위적인 단위 100으로 시작한다. 이 일차 생산량으로부터 먹이사슬은 0.2의 어류를 생산하지만, 먹이망은 0.1의 어류만을 생산한다. 먹이망에서 2개의 육식종 A와 B는 초식성 동물플랑크톤의 공급량에 대하여 서로 경쟁한다. 그 결과 A와 B는 각기 공급량의 50%씩 소비하게 되며, 어류는 B종을 섭식하지 않기 때문에 그들의 주먹이공급은 50% 미만이 된다.

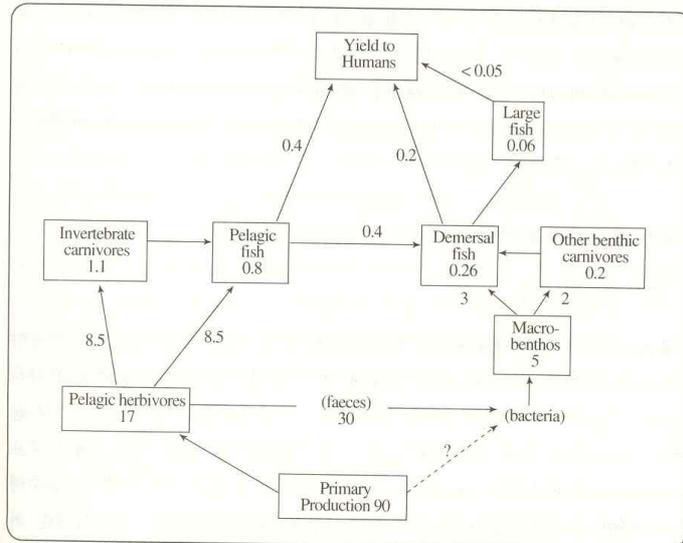


그림 4.19 북해(North Sea)의 먹이망. 표시된 수는 $g C m^{-2}$ 으로 표시한 연간 생산량을 나타낸다.

6.4 먹이의 취득

Filter feeding : 선택성? automatic?

Switching in feeding

6.5 섭취된 먹이의 분할이용

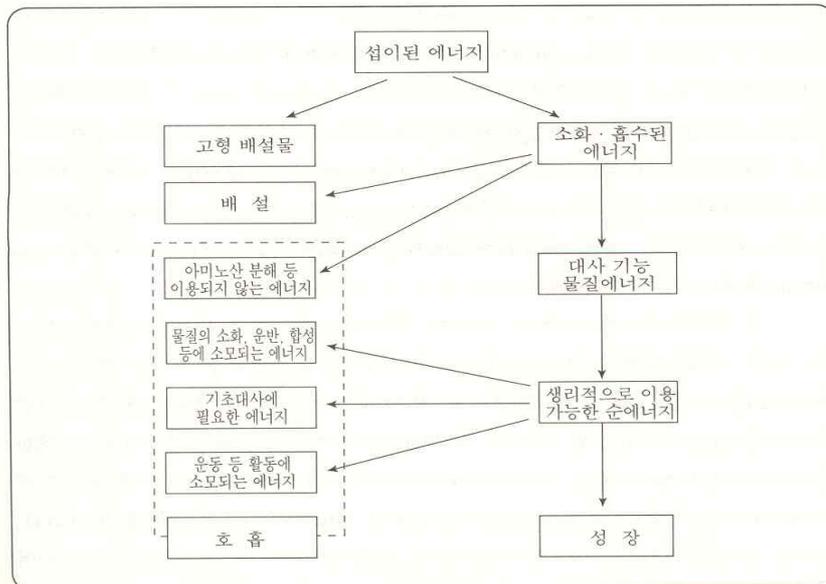


그림 4.20 동물플랑크톤에 섭취된 에너지의 분할이용

6.6 경쟁과 공생

Competition

Ecological niche

Gauss principal, competitive exclusion theory

Paradox of plankton

Niche diversification

Character displacement

symbiosis

mutualism

comensalism

parasitism

7. 어란 및 자치어

7.1 부유성 난

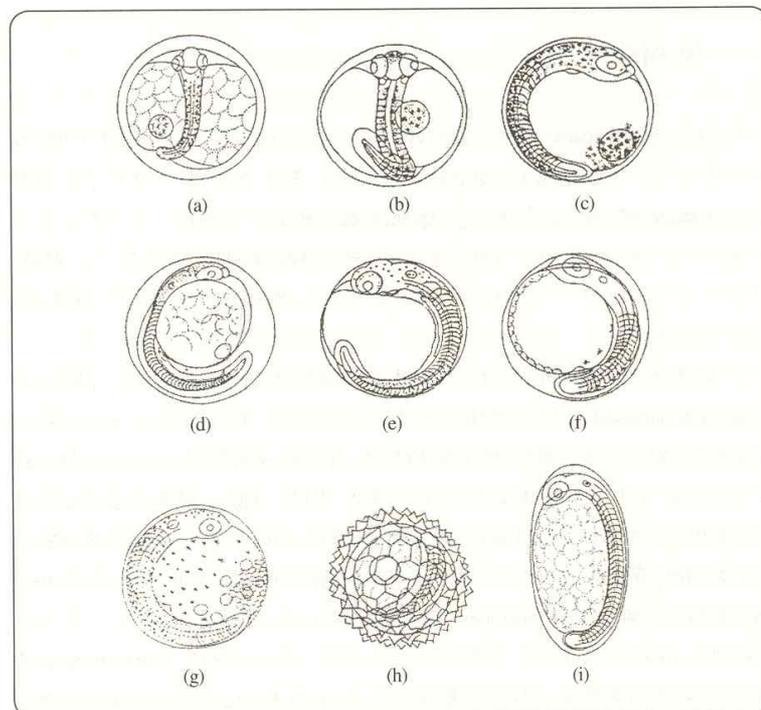


그림 4.21 부유성 난의 여러 가지 형태. (a) 보리멸 (*Sillago sihama*, 0.59~0.68mm), (b) 주둥치 (*Leiognathus nuchalis*, 0.60~0.65mm), (c) 보구치 (*Argyrosomus argentatus*, 0.73~0.78mm), (d) 전어 (*Konosirus punctatus*, 1.14~1.60mm), (e) 명태 (*Theragra chalcogramma*, 1.24~1.70mm), (f) 동갈양태 (*Repomucenus richardsoni*, 0.65~0.75mm), (g) 개서대 (*Cynoglossus robustus*, 0.85~0.90mm), (h) 엘퉁이 (*Maurolicus muelleri*, 1.29~1.82mm), (i) 멸치 (*Engraulis japonicus*, 0.6~0.8 × 1.2~1.5mm)

7.2 자치어

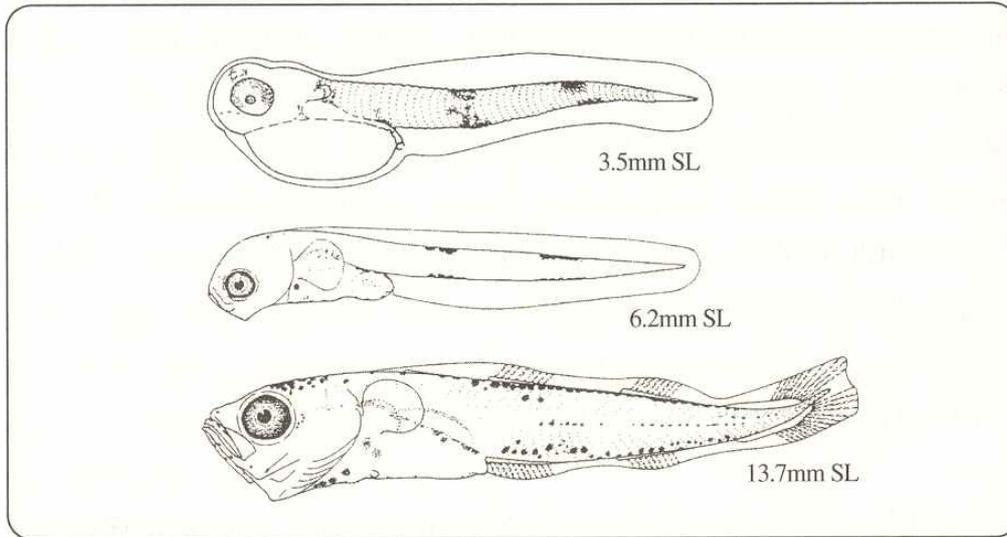


그림 4.22 명태(*Theragra chalcogramma*)의 성장에 따른 형태변화

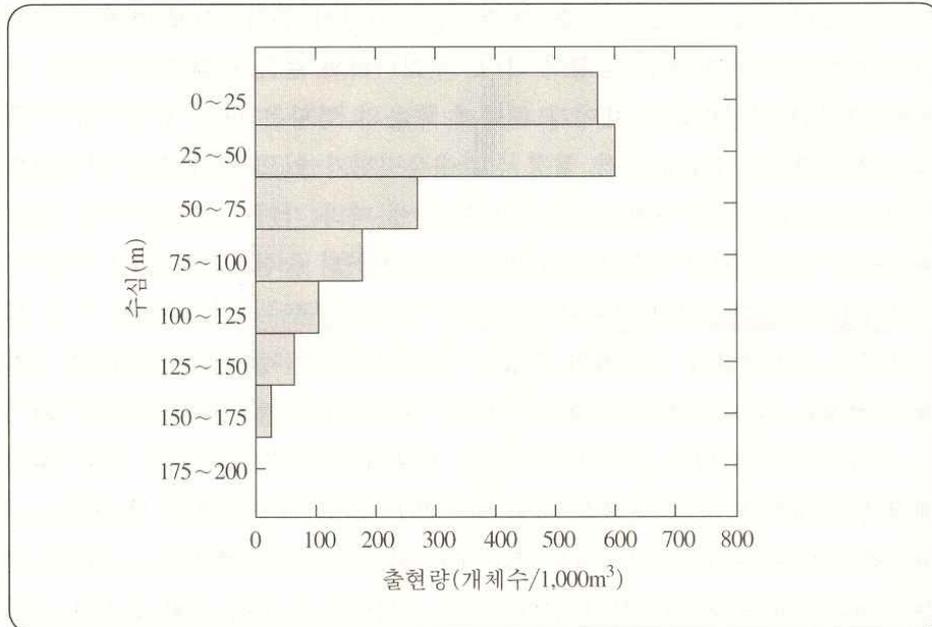


그림 4.23 자어의 수심별 평균출현량 (Cha *et al.*, 1994)

7.3 성장과 섭이

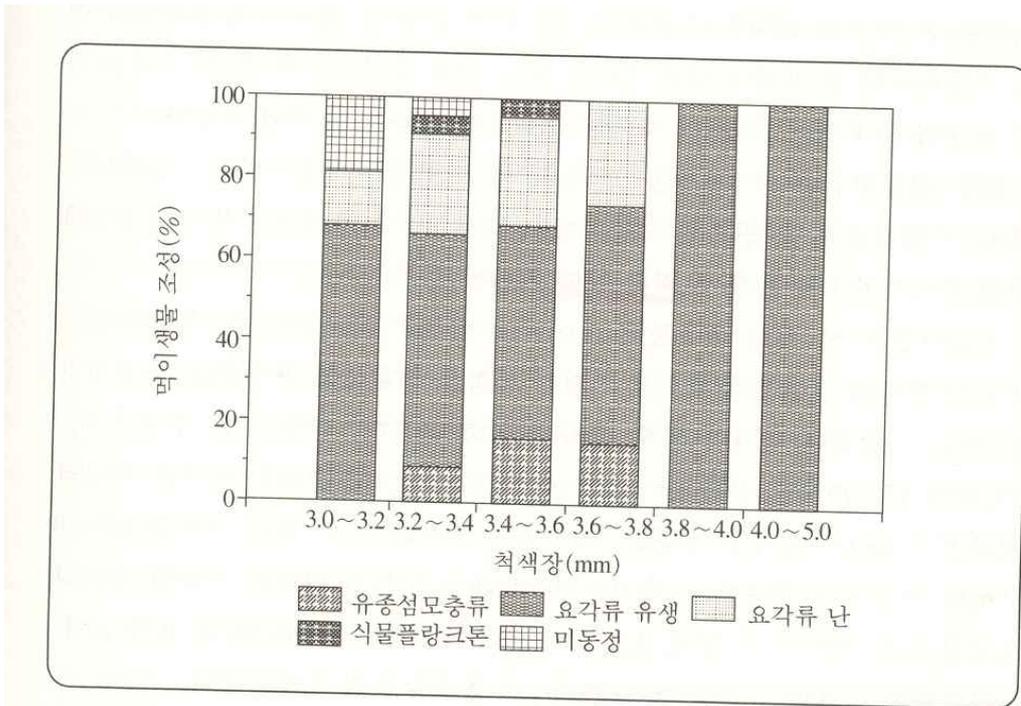


그림 4.25 멸치 자어의 적색장에 따른 장 내용물의 조성

7.4 사망과 가입량 변동

