

## 5차시. 자연개체군 및 인간개체군

### 학습내용

### 자연개체군

#### I. 개요

: 개체군(population)이란 특정 시간에 어떤 특정 공간을 공유하는 같은 종(또는 개체가 서로 유전정보를 교환할 수 있는 집단)에 속하는 생물 개체들의 모임으로 정의

: 환경과 관련된 여러 과학분야들이 다루고 있는 요소들 가운데 있어 가장 중요한 것이 생명현상을 띠고 있는 유기체들이며, 특히 이 가운데서도 개체군은 가장 중요한 생물학적 기본단위

- 개체군의 생물정보학적 의의

- 순수생물학적인 측면

: 연구 대상종의 개체 및 집단적 특성을 파악함으로써 생태계 내에서 생물적 구성요소로서의 기능을 설명할 수 있는 의의를 지님

- 응용적인 측면에

: 특정종의 양적증가 및 감소의 예측, 그리고 이에 따른 자원의 소비양상 및 효율적 사용에 대한 방안 수립 등을 가능케 함.

- 보다 넓은 의미에 있어서는 지구생태계의 항상성과 안정성 유지에 결정적으로 중요한 정보를 제공함으로써 종 다양성 보전대책수립 등과 같은 여러 분야에 활용

- 개체군은 일반적으로 인간개체군(human population)과 자연개체군(natural population)으로 크게 두 가지로 개념화하여 구분

- 인간개체군은 내재된 특성상 다른 생물종들 집단인 자연개체군들과 구분하여 접근

: 이는 지구상의 인류는 자연환경으로부터의 저항을 최소화시킬 수 있는 다양한 기술적인 방법을 터득하여 이를 적극적으로 활용하고 있으며, 또한 생식(reproduction)의 양상이 지역적, 경제적, 그리고 문화적 차이에 따라 상이하여 예측할 수 없는 변수들이 많기 때문

#### II. 개체군의 특징

: 시·공간적으로 특성을 나타내는 하나의 자연개체군(natural population)은 다른 개체군들과 구별되는 여러 가지의 특징을 지니고 있음. 이러한 특징들로는 밀도(density), 출생률(natality), 사망률(mortality), 연령분포(age distribution), 생물번식능력(biotic potential), 분산(dispersion), 그리고 성장형(growth form) 등이 있음.

### A. 출생률과 사망률

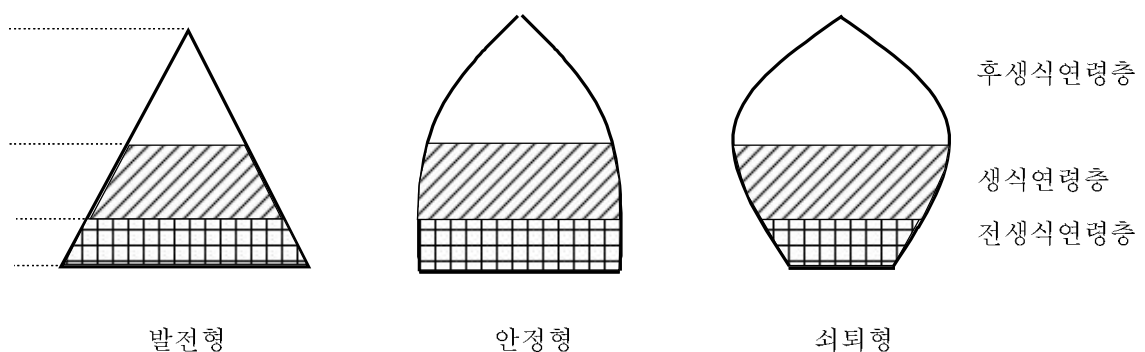
- 생물은 여러 가지 방법에 의하여 새로운 개체를 만들어 내며 이러한 과정을 증식이라 하며, 한 개체군이 갖는 고유한 증식능력을 출생률이라 하며 단위시간당 새로 생긴 개체수로 표현
- 사망률은 개체군에서 일정한 시간 내에 죽은 개체수로 표현. 사망률은 개체의 연령에 따라 다르며, 일반적으로 어렸을 때나 늙었을 때에 높아지는 경향성.
- 출생률과 사망률은 개체군 크기의 증감에 직접적인 연관성을 갖는데, 출생률은 개체군의 크기를 증가시키는 방향으로 작용하고 사망률은 개체군의 크기를 감소시키는 방향으로 작용
  - 일반적으로 출생률이 낮은 생물은 어린 개체를 보호하는 습성이 있어 어렸을 때의 사망률이 낮은 양상을 보여 비록 개체군의 크기는 작지만 급격한 변화를 보이지는 않음 (예: 포유류, 조류, 등의 대부분의 척추동물). 반면에 출생률이 높은 생물은 크기가 큰 개체군을 형성하지만 사망률이 높아서 시간이 갈수록 개체군의 크기가 작아지는 양상을 나타냄(예: 곤충을 비롯한 대부분의 무척추동물)

### B. 밀도

- 특정시간에 있어 일정한 면적내의 개체군의 크기를 밀도라 하며, 이는 일정한 면적이나 용적에 들어 있는 생물의 개체수 또는 생체량(biomass)으로 표현
- 같은 종의 생물이라 하더라도 개체군을 둘러싼 환경에 따라 개체군의 밀도는 상이
- 어떤 환경 하에서든지 공간과 먹이자원 등은 어느 정도 한정되어 있기 때문에 무한정 개체군의 크기가 증가할 수는 없음 → 환경수용능력(carrying capacity; K)

### C. 연령분포

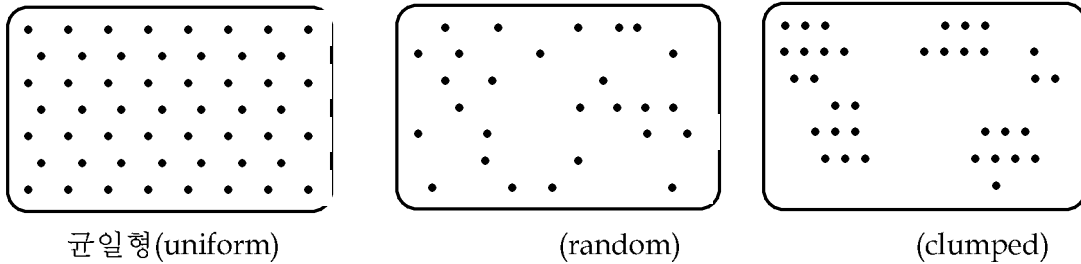
- 생물은 어느 연령에서든지 죽을 가능성이 상존. 그러나 사망률은 일반적으로 연령에 따라 상이.
- 그러나 생식은 특정 연령층에서만 일어나며, 이는 개체군 출생률에 큰 영향을 미침.
- 따라서 한 개체군의 연령군의 비율을 알면, 그 개체군의 생식능력을 결정할 수 있으며, 그 개체군의 번성과 쇠퇴를 예측할 수 있음.
- 개체군의 연령층은 생태적·생리적으로 전생식연령, 생식연령, 그리고 후생식연령의 3가지의 단계로 구분
- 개체군 연령분포의 형태는 대개 발전형, 안정형, 쇠퇴형의 3가지 유형으로 구분



개체군의 연령분포형태

#### D. 분산형태

- 개체군 내의 각 개체는 주어진 공간에 분산되어 생활 → 개체군 분산형태
- 개체군 분산 형태는 대개 균일형, 임의형, 괴상형의 3가지로 구분
- 분산은 이용 가능한 자원과 개체군과의 관계에서 나타나는 현상이므로 어떤 개체군의 크기에 직접적으로는 영향을 주지 않으나 그 개체군의 분산형과 그것의 정도를 알면 개체군의 크기가 추측 가능



개체군 분산형

### III. 개체군 생장

#### A. 지수함수적 증가(Exponential growth) ⇒ J자형 생장곡선

: 개체군 생장이란 개체군을 이루는 개체들의 수적 증가를 의미

- 지수함수적 생장의 4가지 조건
  - ①무한한 공간에서 ②무한한 자원이 존재하며, ③타종의 간섭(경쟁, 포식, 기생등의 생물적 작용)이 배제된 최적의 환경조건에서 ④개체군을 이루는 개체들이 최대 번식능력을 갖는다면, 개체군은 기하급수적(또는 지수함수적; exponential growth form)으로 급격히 증가 → J자형 생장
- 어떤 개체군에 대하여 위의 모든 조건들을 최적 상태로 만들어 준다면 그 개체군은 세대가 지남에 따라 무한정 증가만을 함 → 개체군의 번식능력(reproductive potential) 또는 내적 자연증가율
- 한정된 환경수용력 내에서는 J형 생장을 하지만 이를 넘어서는 순간에 치열한 종내 경쟁, 이출현상 등으로 인해 이러한 생장형을 가지는 개체군의 크기가 급락하였다가 개체수의 감소로 인해 환경저항이 줄어들게 되면 다시 빠르게 증가하는 현상을 반복

## B. 로지스틱 증가 (Logistic growth) ⇒ S자형 성장곡선

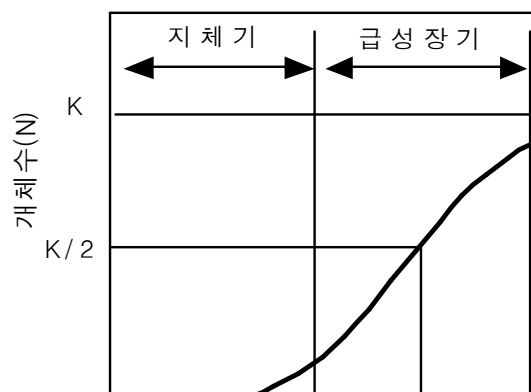
: J자형 성장곡선의 형태로 개체군이 끊임없이 증가하는 경우는 자연상태에서 거의 불가능

- 여러 가지 환경적 제약조건이 실제로 개체군의 증가를 제한하기 때문에 대부분의 개체군은 특정한 환경하에서 일정한 밀도(크기)를 유지 → 시그모이드형 또는 S자형 성장곡선

- S형의 성장

- 지체기(양성축진상, positive accelerate phase), 급성장기(대수축진상, logarithmic accelerate phase), 안정기(음성축진상, negative accelerate phase)로 구성

- S 성장형의 개체군은 평형상태에서 그 크기가 일정하게 유지되는 경향을 보임 → 환경수용력 (carrying capacity, K)



- 환경수용능력이란 특정한 환경상태에서 오랜시간동안 큰 변화 없이 지속될 수 있는 개체군의 밀도(크기 또는 개체수)이며 시그모이드형을 보이는 개체군이 지닌 특징적 변수

- J자형 성장곡선과 S자형 성장곡선간의 차이 → 환경저항(Environmental resistance)

- 이는 개체군의 크기가 증가함에 따라 또는 시간이 경과됨에 따라 개체군이 더욱 더 증가하려는 현상에 대해 환경저항 역시 계속적으로 증가한다는 것을 의미.

## VI. 개체군 크기 조절

### A. 개체군 변동 및 이에 대한 모델

: 개체군의 생장에 좀더 긴 시간적 개념을 도입하면 개체군의 크기가 증가와 감소를 반복한다는 것을 알 수 있다. 즉 개체군의 생장이 어느 정도 완료되어 생장률이 '0'이 되었을 때 그 상태에서 개체군의 크기가 고정되는 것 아니고 실제로는 증감이 반복된다

- 이러한 증가와 감소는 그 생물 자체가 진화하는 과정에서 환경에 적응한 결과일 수도 있고 그 환경내의 이용 가능한 자원과 연관된 변동일 수도 있음

- 많은 생물의 경우에 이러한 변동은 매우 규칙적으로 발생하므로 어느 정도는 예측이 가능하며, 따라서 이러한 경우에는 개체군 변동이 주기적

- 자연상태에서 나타나는 개체군의 변동은 계절적 변동, 일변동, 조석에 따른 변동, 년변동 등으로 구별 가능

- 개체수 변동의 주기성을 일으키게 하는 기작에 대한 설명으로는 기후설(meteorological theory), 랜덤변동설(random fluctuation theory), 개체군 상호작용설(population interaction theory) 그리고 영양단계 상호작용설(throphic level interaction theory)등이 있음

- 개체군의 변동을 설명하기 위해 사용되어지는 기법으로 수학적 모델링(modeling)을 사용하는 경향이 증가

- 모델링이란 수리적인 방법을 통하여 개체군의 변동 기작을 여러 가지 변수들의 변화의 결과로서 설명하는 방법

- 분석적 모델링(analytical modeling)과 모의실험 모델링(simulation modeling)의 두 가지 원칙적인 방법

### B. 개체군 크기 조절

#### 1. 밀도 비의존적 조절 (Density Independent Regulation)

: 열악한 환경에서 유지되는 개체군은 밀도와 무관한 자연적인 현상에 의하여 개체군이 조절됨  
예) 폭풍, 냉해, 화재, 홍수 등

#### 2. 밀도 의존적(Density Dependent Regulation)

: 대부분의 개체군은 밀도에 의한 되먹임 작용으로 스스로의 개체수를 조절  
예) 포식-피식, 질병, 자원 경쟁(먹이, 공간, 생식)

# 인간 개체군

## I. 인간개체군 예측

: 생식적 행동이나 결과가 매우 가변적이므로 정확한 인간 개체군의 크기의 변화를 예측하는 것은 어려움

: 예측을 위한 기초자료

- ① 연령구조
- ② 생명표에 의한 생존력(예상수명)
- ③ 개체군 생식력

## II. 사망율 감소

A. 1800년대 이후의 폭발적 인구증가는 사망률의 감소에 기인

B. 유아사망율의 감소

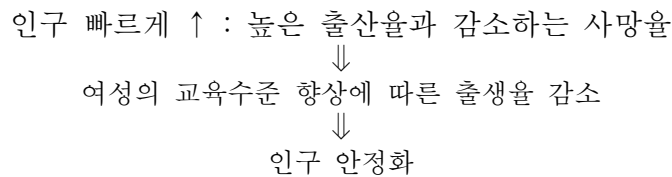
- 향상된 위생시설과 영양분의 충분한 공급
- 기대수명치의 빠른 증가

## III. 인구 통계학적 변화 / 전환(demographic transition)

A. 인구증가 형태의 전환에 관한 이론

: 인구증가는 산업화에 따른 사회경제적인 변화의 결과로서 빠르게 증가하다가 천천히 증가하는 형태로 변화

B. 과정



C. 인구증가의 2가지 형태

⇒ 각국의 인구증가 형태는 다음 두 가지로 분류됨

- ① 인구 통계학적 전환과정을 모두 통과하여 인구증가가 거의 없이 안정화 단계에 이른 나라
- ② 인구통계학적 전환 과정 중에 빠져있어 인구배증년수가 25년에 이르는 국가

D. 인구증가가 빠른 나라

: 지속가능하게 유지되기에는 너무 많은 인구수를 지니고 있음

: 생산되어지는 것보다 빠르게 자원을 소비하고 있으며, 이는 생활수준을 저하시키고 사망률을 높이는 결과를 초래

- 지속가능할 수 있는 인구수를 초과 → 환경의 질적 저하를 초래 → 영구적으로 저하된 K 값을 초래

## IV. 산아제한 및 인구조절

### A. 산아제한 / 임신조절(birth control)

- : 의학적으로 그리고 경제적으로 건전한 가정을 유지하기 위해 자녀의 수와 연령차를 조절하는 것
- : 경제적이고 효과적인 임신조절방법이 개도국의 국민들에게 절대적으로 필요

### B. 인구증가 조절

- : 선진국 → 성공적인 프로그램이 정착 (∵ 충분한 재정과 자원 보유)
- : 선진국의 프로그램 도입을 위해 후진국의 노력과 원조가 필요 ⇒ 전 지구적인 환경문제 해결에 도움

## V. 인간 개체군의 주요 인자

### A. 인구성장의 측정

- 인구증가율(%) =  $(\text{출생률} - \text{사망률}) \times 100$   
↳ 인구 100명당 출생(or 사망)자 수
- 배증년수 : 출생율과 사망률의 변화가 없을 때 인구가 배로 증가하는데 걸리는 시간.
  - 선진국의 배증년수는 후진국의 그것보다 길다.
  - ∴ 이로 말미암아 파생되는 선·후진국간의 경제적 차이는 날로 심각

### B. 출산력

- 개인이 출산하는 자녀의 수
  - ① 일반출산력 : 가임연령(15~44세)에 있는 여성 1,000명에게서 태어난 아이의 수
  - ② 연령별 출산력 : 특정한 연령군에 있는 여성
  - ③ 전체 출산력 : 여성이 일생동안 출산하여 생존하고 있는 자녀의 평균수  
⇒ 가장 유용한 측정치

### C. 결혼연령

- : 결혼연령이 늦어지면 가임기간이 짧아짐 → 출생율의 감소

### D. 사망률

- 연령별 사망률은 전체 사망률보다 유용
- 성별과 인종에 따라 차이

### E. 평균기대수명과 영아사망율

- 평균기대수명 : 특정한 연령에 도달한 개체가 앞으로 살 수 있는 연수로 보통 출생시의 평균기대수명이 주로 사용
- 영아사망율 : 태어난 후 한살이 되기 전에 죽는 아이의 수(한명당)

## V. 인간 개체군의 증가

### A. 배증년수

: 약 300만년전 생물의 한 종으로 진화되어 온 것으로 추정되는 인류는 기원전 8000년경에 원시 농경사회로 접어들면서 인구 증가의 현상을 맞게 됨. 그 당시 지구상에 약 5백만 정도의 인류가 생활했을 것으로 추정

: 서기 1년에는 50배 증가한 2억 5000만에 이른 후 17세기까지는 약 0.1%정도의 완만한 증가율

: 19세기 중반부터 인구 성장률은 2%에 이르러 급격한 증가양상을 나타내었고 1999년에는 60억에 도달

: 21세기의 인구수에 대한 여러 가지 예측이 제시되고 있는데 일반적으로 2025년에는 80억의 인구가 한정된 자원과 열악한 환경 하에서 생활할 것

세계 인구의 증가 및 배증년수

연 도	인 구 수 (억)	배 증 년 수
BC 800	0.05	·
AD 1	2.5	·
1650	5	1650
1850	10	200
1930	20	80
1975	40	45
2000	60	40
2025	80	50
2035	100	48
2065	140?	?

- 배증년수 : 출생률과 사망률의 변화가 없을 때 인구수가 2배로 걸리는 시간
  - 인구 배증년수는 1850년에 200년에서 차츰 줄어들어 20세기 말 현재 40년으로 단축
  - ∴ 배증년수는 증가율(인구성장율)에 의해 결정



#### 가. 출생률과 사망률

- 인구 통계학에서 사용되는 출생률에는 자연출생률, 총출생률 그리고 대체출생률을 들 수 있음
  - ① 자연출생률 → 특정한 해에 인구 1000명당 새로 태어나는 신생아를 의미
  - ② 총출생률 → 1인의 여성이 생존하는 동안 낳은 아이들의 평균수  
(예: 1990년 전 세계적으로 총출생률은 3.3, 선진국은 평균 1.9, 후진국의 경우 평균 3.7)
  - ③ 대체출생률 → 현재 생식연령층에 속한 여성 1명이 다음 세대에 1명의 딸로 대체할 수 있는 총 자녀수를 의미
- 일반적으로 대체 출생률에 도달하는 국가는 인구의 안정화의 단계로 진입할 수 있는 여건이 형성  
(예: 대부분 선진국가의 대체출생률은 약 2.7명 정도)

#### - 사망률에 있어 기본적인 것이 자연사망률과 영아사망률

- ① 자연사망률 → 1년동안 인구1000명당 사망하는 인구수를 의미  
(예: 1992년의 전 세계적인 자연사망률은 9/1000이었다. 이는 곧 그 해에 사망한 인구수는  $5.4 \times 10^9 \times (9/1000) = 6 \times 10^5$ 명이었음을 나타냄)
- ② 영아사망률 → 특정한 1년 동안 생존해 있는 영아 1000명당 사망한 영아의 수
  - 영아사망률은 매우 유용한 정보를 제공하는 지표
  - 영아란 1세 미만의 어린이를 이르는 말로 특정국가의 영아사망률은 그 나라의 식량충족현황, 즉 기아의 정도와 의료시설 및 보건 위생의 정도를 나타내는 척도가 된다.

#### 나. 인구의 자연증가율

- 인구의 자연증가율은 자연출생률과 자연사망률로부터 산출. 즉, 자연출생률과 자연사망률의 차이가 이를 나타냄

$$r = b - d$$

(여기서 r은 자연증가율, b는 자연출생률 그리고 d는 자연사망률).

자연증가율 역시 인구 1000명당 비율로 산출되지만 일반적으로 백분율로 표시 (예: 1992년도의 세계인구의 자연출생률과 자연사망률은 각각 26/1000과 9/1000였으므로 그해 자연증가율(백분율)은  $26/1000 - 9/1000 = 17/1000 = 1.7\%$ )

위의 자연증가율을 구하는 간단한 식은 지구전체를 놓고 볼 때는 타당한 개념이지만 국가간의 인구 이동을 고려할 때는 이주율을 포함시켜 공식을 변화시켜야 한다. 즉, 특정국가로 새롭게 들어오는 이민(immigration)과 이탈하는 이주(emigration)의 차이를 이동률(m)이라 하면 자연증가율은  $r = b - d + m$  으로 표시될 수 있다.

– 인구통계학적 전환(demographic transition)

: 인구성장의 안정화를 이루는 요인 중의 하나인 인구증가율의 추이현상

: 인구통계학적 전환은 4단계를 거쳐 진행된다.

제 1단계(stage I)

→ 산업혁명전으로 높은 출생률과 높은 사망률로 인해 인구증가는 거의 없는 시기

제 2단계(stage II, 전환기)

→ 의학의 발달과 위생관리의 향상 및 식량의 충분한 공급등의 경제적·사회적 조건의 개선으로 사망률이 감소하고 여전히 높은 출생률을 보이는 시기. 감소하는 사망률과 고출생률로 인해 인구증가율이 높아지게 되는 단계.

제 3단계(stage III, 산업혁명기 또는 산업화기간)

→ 높은 출생률이 감소하기 시작. 전 단계에서 감소하던 제3단계에 이르러 낮은 사망률로 안정화되어 인구증가가 둔화

제 4단계(stage IV, 산업혁명 후기)

→ 산업화가 완전히 이루어져 경제적·사회적인 조건이 선진화되면 자연증가율이 0으로 접어들게 됨. 이 시기에는 출생률과 사망률 모두 낮은 상태에서 균형을 이루게 되어 인구성장률의 거의 0에 가까워져 인구증가는 거의 없음.

## B. 출생률과 사망률에 의한 인구증가에 대한 여러국가의 통계 자료

: 이들의 값을 비교하면 각 국가들이 인구통계학적 전환에 있어 각기 어느 단계에 있는가를 추정할 수 있음

	출생률(명/1000)	사망률(명/1000)	자연증가률(%)*	배증년수(년)
독일	10	11	0.1	-
영국	14	11	0.3	267
일본	10	7	0.3	217
미국	16	9	0.8	92
캐나다	15	7	0.8	87
한국	16	5	1.1	63
아르헨티나	21	8	1.3	53
터키	29	7	2.2	32
아프카니스탄	49	22	2.8	25
과테말라	39	7	3.1	22
스리랑카	45	7	3.8	18
* $r = b - d + m$				

국가별 인구성장 주요지표 (1993 기준)

다. 연령구조

: 인구의 연령구조에 의한 정보로부터 미래의 인구수를 추정

(예: 우리나라의 과거와 현재 그리고 미래의 가능한 연령구조의 형태)



우리나라 연령 및 성비별 인구구조의 변화 및 예측