

숲생태 지도자 양성 과정

후원 : 교보생명교육문화재단·주관 : 숲 연구소/한겨레문화센터

목 차

1. 21세기 자연을 어떻게 볼 것인가?	
1. 적자생존과 약육강식	2
2. 패러다임(Paradigm)을 바꾸자	6
2. 숲의 이해	
1. 숲은 우리에게 어떤 존재인가?	9
2. 숲이란 무엇인가?	12
3. 관점의 전환이 요구되는 시기에 우리는 살고 있다	14
3. 자연 과학적 관점에서의 숲 생태학	
1. 숲 생태계와 숲 생태학	15
2. 읽기 자료	21
4. 주변 환경상황에 따른 종 다양성	30
5. 숲 구조와 생태적 작용 (현장 교육)	34
6. 분류학	
1. 식물 분류학의 목적	35
2. 식물의 명명과 학명	35
3. 분류 형질	38
4. 분류와 분류 체계	38
5. 종의 개념	39
6. 변이	40
7. 진화학	
1. 자연 선택과 적응	42
2. 소진화와 변화하는 대립유전자	43
3. 종분화	43
8. 야생동물	
야생동물(양서류 · 파충류 중심)의 생태적 의미와 보호방안 그리고 도심 서식의 문제점 및 대책/심제한	44
9. 토양 생물 및 기타 소동물	
1. 토양 생태계의 이해	74
2. 토양 동물의 종류와 특성	85

10. 수서 생물

1. 수생태계 개관 100
2. 하천 생태계 생물의 생태적 특성 103
3. 국내 대표 청정 하천 특성 120
4. 기타 담수 생태계 특성 122
5. 물 속 생물 관찰하기 126

11. 현장체험교육의 이론과 실제(기법과 방법)

1. 들어가면서 135
2. 체험환경교육 136
3. 체험환경교육의 적용 기법 및 방법 143
4. 맺는 말 167

저 자

남 효 창 박사 <숲 연구소장>
박 정 호 박사 <생태 연구소 선임 연구원>
백 원 기 박사 <대진 대학교>
심 재 한 박사 <양서·파충류 연구소장>
조 홍 범 박사 <서경 대학교>

숲생태 지도자 양성과정

교육 현실은 자연과 더불어 할 수 있는 여유 공간에서의 교육과정이 아닌 오로지 지식을 습득해야 하는 교육으로 내몰려왔으며, 체험현장인 숲에서 교육을 담당할 수 있는 인력양성과 교육과정이 우리 정립되어있지 않은 가운데 지난 2001년 제7차 교과과정을 체험위주의 교육으로 전환해 가는 교육으로 전환점을 맞이했습니다. 즉 머리와 가슴과 손으로 하는 교육이 강조되고 이제는 의무화되고 있는 상황입니다. 그러나 기존의 교육가를 양성하는 기관에서 현장 교육을 실행할 수 있는 체계적인 교과가 없는 가운데 체험 위주의 교육과정 실시는 또 다른 문제를 야기 시키는 결과를 초래할 수밖에 없습니다. 따라서 현장 체험 교육에 관심이 있는 다양한 경험을 지닌 고급인력을 활용해서 숲의 생태에 대해 지도할 수 있는 교육자 양성이 시급한 실정입니다. 숲의 현장에서 숲에 관한 교육을 바람직하게 실시하기 위해서는 무엇보다도 숲 생태의 철저한 이해를 바탕으로 한 교수법이 이루어져야 합니다. 이러한 당면 문제를 해결할 수 있는 대안으로 "숲 생태 교육가 양성 과정"은 보다 진보적이고 실천적인 교육 프로그램으로 교육현장과 실생활에 다양한 응용과 도움을 줄 것으로 기대하면서 여러분들의 열정을 잘 담아낼 수 있는 강좌를 준비하겠습니다.

커리큘럼

현장수업

강좌	일정	제목	강사	장소
숲생태학	6월 19일	강좌소개 및 숲의 이해	남효창	한겨레 문화센터
	6월 26일	자연과학적 관점에서의 숲 생태학	남효창	한겨레 문화센터
	7월 05일	주변환경상황에 따른 종 다양성	백원기	한겨레 문화센터
	7월 07일	숲 구조와 생태적 작용	남효창	# 흥릉수목원
숲생물학	7월 10일	초본식물의 분류 및 관찰법	백원기	한겨레 문화센터
	7월 24일	목본식물의 분류 및 관찰법	백원기	한겨레 문화센터
	7월 31일	야생동물(양서류, 파충류)	심재한	한겨레 문화센터
	8월 04일	수서생물	박정호	# 청계천
	8월 07일	토양생물 및 기타 소동물	조홍범	한겨레 문화센터
숲생태교육 기법 및 방법	8월 14일	생태윤리 : 21세기, 자연을 어떻게 바라 볼 것인가?	조홍범	한겨레 문화센터
	8월 17일	숲에서의 현장 교육 시연(I)	남효창	# 청계산
	8월 18일	숲에서의 현장 교육 시연(II)	남효창	# 북한산
평가정리	8월 21일	평가와 정리 및 토론	숲연연구소	한겨레 문화센터

1. 21세기 자연을 어떻게 볼 것인가

1. 적자생존과 약육강식

다윈(Charles Darwin)은 ‘자연계의 모든 구성원은 다른 생물 또는 외부의 자연과 전쟁 중’이라고 했으며, 헉슬리(T. Huxley) 역시 ‘동물의 세계는 휴식시간이 없는 검투사의 시합’이라고 묘사하였다.

이러한 주장의 토대는 ‘생물은 무제한적으로 성장하려는 본능을 가졌으나, 이용할 수 있는 자원은 제한적’이라는 데 있다. 그러므로 모든 생물은 원초적으로 치열한 경쟁 상태에 놓여 있어서 생존을 위해서는 항상 투쟁해야만 한다는 것인데...

▶ 과연 생물은 무제한적으로 성장하려는 본능을 가졌을까?

다윈은 코끼리의 예에서 다음과 같이 설명했다.

코끼리는 30살이 되면 새끼를 낳기 시작해서 90살까지 출산을 할 수 있는데, 한 쌍의 코끼리가 일생동안 6마리를 출산하게 되고, 이로부터 750년이 지나면 한 쌍의 코끼리가 1,900만 마리에 이를 것이다. 그렇게 되면 이 지구는 코끼리로 뒤덮힐 텐데 실제로는 그렇지 않다. 왜냐하면 굶주림, 이상 기후, 질병 등 외부요인에 의해 ‘죽음’으로써 그 군집의 규모가 조절되기 때문이라고 하였다. 하지만 실제 코끼리 암컷이 생식능력을 가지는 시기는 8살에서 30살까지 다양하며, 대체로 55세까지 출산이 가능한 것으로 알려졌다. 코끼리 군집이 적절한 규모를 넘어서면 생식 가능한 시기가 늦어져서 30세에 이르러야 임신이 가능하고, 만약 적절한 군집의 규모보다 작아지면 8세부터 임신이 가능하다는 것이다. 이는 무작정 번식을 하고, 그 군집의 적정 규모는 외부요인에 의한 죽음으로써 조절되는 것이 아니라 코끼리에게 있어서는 적정 군집규모를 유지하는 내적 조절 기작이 있음을 시사한다.

야생의 코끼리 사회에서 일어나는 이와 같은 일은 실험실에서도 관찰이 가능하다.

생쥐를 두 그룹으로 나누어 사육을 하는데, 한 그룹은 사육공간에 적절한 규모로 사육을 하고 다른 그룹은 과밀한 규모로 사육을 하면서, 생식 주기를 관찰해 보았다. 적절한 규모의 사육 집단에서는 암컷의 배란 주기가 매우 규칙적이었으나, 과밀한 사육 집단에서의 암컷은 배란 주기가 점차 불규칙해지다가 마침내 배란을 멈추게 되는 것이다.

이러한 현상은 생물이 무한히 증식하려는 본능을 가지고 있는 것이 아니고, 삶을 영위하는데 적절한 군집의 규모를 스스로 조절할 수 있다는 증거이다.

이러한 예는 매우 많다. 집에서 기르는 닭들도 그대로 두면 한배에 품을 수 있도록 12개 정도의 알을 낳지만, 매일 매일 알을 제거하면 1년에 360개의 알을 낳는다. 새들 중에는 군집 내에 새끼를 낳지 못하는 새들을 예비로 비축하다가, 만약 사냥 등에 의해서 수컷의 개체수가 급격히 줄어들면, 생식능력이 없었던 예비의 새들이 수컷으로 대체됨으로써, 자신들의 적절한 군집규모를 유지할 수 있는 안전장치가 마련되어 있다.

▶ 생물들의 다양한 경쟁회피 기작

자연에서의 생물들은 스스로 군집 규모를 조절할 수 있는 능력이 있을 뿐 아니라, 불필요한 경쟁을 회피하는 다양하고 능동적인 메카니즘을 가지고 있다. 그 중 가장 효율적인 방법이 각자 고유한 '생태적 지위(ecological niche)'를 가지는 것이다. 실제로 동일한 서식처의 유사종들 사이에 동일한 생태적 지위를 가지는 경우는 찾기 어렵다. 13종의 갈라과고스 편치새는 서로 먹이 선호도를 달리함으로써 경쟁을 회피하며, 먹이 선호도와 부합하는 각기 다른 형태의 부리를 가지고 있다는 사실은 너무나 잘 알려져 있다. 메기나 송어처럼 동일한 먹이시슬 지위를 가지고 있다 하더라도 서식처를 공간적으로 분할하는 경우가 있는가 하면, 동일한 서식처에 먹이 선호도가 같은 동물들 사이에도 나방과 나비, 조류와 박쥐처럼 동일 서식처를 시간적으로 분할함으로써 효율적으로 경쟁을 회피한다.

한편 크기와 모양, 먹이 선호도조차 동일한 다섯 종류의 솔새들이 어떻게 가문비나무 숲에서 함께 서식할 수 있는지를 관찰한 메카서(R. MacArthur)의 고전적 연구에 의하면, 서로 다른 높이에서 먹이를 찾으며 각기 숲을 관통하는 방향이나 활동 영역을 달리할 뿐 아니라 각기 산란의 시기도 달리함으로써 생태적 지위를 미묘하게 조정하고 있음을 보고하고 있다.

동일한 생태적 지위를 가진 동종의 생물들 간에도 효과적으로 경쟁을 회피하는 다양한 기작들이 존재한다. 이를 테면 '분산기작', '세력권 원리', '우점 계급구조의 형성' 등이다.

어떤 생물이나 자신의 생활사 중에 분산단계가 있는데, 이러한 균등분포기작(분산기작)은 개체군의 안정성 유지와 경쟁회피의 중요 수단이다. 커티스가 나비 한 종을 8년 동안 집요하게 관찰하여 기록한 보고서는 우리에게 시사하는 바가 크다. 매년 가을에 8,000~14,000 여개의 알을 산란하여 이듬해 봄에는 이들 중 30여 개체의 유충이 생존하고 여름이 되면 20여 마리의 나비가 출현하는 사이클이 5년 동안 지속되었는데, 6년째 되던 해 가을에는 20,000개가 넘는 즉과자 5년 평균의 2배가량 많은 알을 낳더라는 것이다. 이듬해 봄 역시 80마리로 평년보다 많은 애벌레가 출현하였지만, 결국 여름에 성체로 우화한 나비는 22마리로 평년과 비슷한 수준을 보였는데, 그해 가을 들판에는 불과 400개의 나비 알만 관찰되었고, 상대적으로 들판 바깥쪽에서 많은 알이 관찰되었다. 커티스는 결론에서 성체의 최종 군집밀도는 평년과 유사하여 충분한 여유가 있음에도 불구하고 들판에 적정 군집규모 이상의 유충이 나타난 것에 반응한 결과로 인해 외부로 분산하여 산란하였다는 것이다.

지구력이 강한 한 무리의 하이에나가 먹이를 끈질기게 추적하다가도, 다른 무리의 영토로 먹이가 들어가면 추적을 포기한다거나, 자신의 세력권의 중심에서는 싸우려는 동기가 강하더라도 세력권의 변방에서는 싸움을 회피하는 등 동일종 간에도 서로의 영토를 인정함으로써 경쟁을 회피하는 것이 동물들의 일반적인 생리이다.

또한 조직생활을 하는 사자나 들개 그리고 침팬지나 원숭이들 무리에는 계급 순위를 결정하여 일사 분란한 지휘체계를 갖춘 무리일수록 무리 전체의 번식률이 안정적이고, 구성원의 건강상태가 양호하다는 것도 이러한 우점계급구조의 형성이 비소모적인 경쟁을 억제하여 집단의 안정성을 보장하는 시스템임이 입증된다.

이외에도 우리가 일반적으로 약육강식의 자연현상으로 오해하고 있는 포식과 피식, 먹이 약탈 행위 등도 투쟁이 아니

라 오히려 일종의 균형 잡힌 공존을 위한 기작으로 이해할 때 자연을 훨씬 잘 이해할 수 있다.

▶ 식물들의 경쟁

다윈이 매우 통찰력이 뛰어난 생물학자임에는 틀림없다. 그는 갈라파고스에서 30cm에 이르는 긴 밀관을 가진 식물을 발견했을 때 이 섬에는 30cm가 넘는 긴 부리를 가진 곤충이 있을 것이라고 예견했다. 당시 다윈 일행은 그런 동물을 관찰하지 못했으나, 이후 곤충 채집가의 포충망 속으로 주둥이의 길이가 30cm가 넘는 나방(*Xanthopan morgani praedicta*)이 날아들었을 때 다윈의 예견을 비웃던 많은 곤충학자들은 입을 다물어야 했다. 다윈의 생물학자로서의 여러 업적을 폄하할 뜻은 없지만 다윈이 자신의 관찰을 일반화하기 위해 수행되었던 여러 실험들 중에는 오류도 적지 않았다.

다윈은 동물뿐 아니라 식물 역시 치열한 경쟁에 의해 도태(혹은 선택)된다고 하면서 다음과 같은 실험을 통해 그의 주장을 입증하고자 했다. 이름 하여 '수확의 원리'라는 것인데, 20여 종의 초본이 자라고 있는 한 지역의 목초지를 두 구역으로 울타리를 쳐서 다른 외부의 간섭이 없도록(초식동물의 접근을 차단)한 다음에 한 곳은 주기적으로 벌초를 해 주고 한쪽은 그냥 방치를 해두었다. 일정 기간이 지난 다음 두 지역의 종 다양성을 비교해 보았더니, 주기적으로 벌초를 해준(수확을 한) 곳은 20종의 초본이, 방치한 곳은 11종의 초본이 있었다. 즉 자연 상태에서 식물을 그대로 방치하게 되면 경쟁에 의해서 식물들 간에 적자생존이 이루어진다는 것이다. 그러나 이것은 대단한 오류이다. 식물이라고 하는 것은 홀로 존재하는 것이 아니다. 생태계의 순환 고리에 의해서 식물이 생산자라고 하면 그것을 소비하는 소비자가 있어야만 생존을 하거나 종을 번식할 수가 있다. 다윈의 실험에서 울타리 쳐놓고 소비자의 참여를 차단한 곳(방치한 곳)은 불완전한 생태이다. 오히려 계속 벌초를 해준 곳이 인위적이긴 하지만 소비자의 참여가 이루어진 즉, 토끼와 노루와 그 밖의 먹이 선호도가 다양한 초식동물이 참여한 상대적으로 자연에 가까운 생태인 것이다. 이 실험의 결과는 경쟁에 의한 적자생존을 입증한 것이 아니라 오히려 식물들의 세상은 그들만의 관계로만 보아서는 안 되며, 다양한 생태계의 구성요소들을 포괄적으로 고려해서 보아야 한다는 교훈을 주는 것이다. 결국 경쟁이란 생태계의 어느 한 단면을 설명할 수는 있을지언정 생태계를 전체적으로 조망할 수 있는 '창'이 될 수는 없음을 시사한다.

우리의 숲도 일생(一生)을 가진다. 숲을 형성하는 식물의 천이과정을 살펴보면 나대지에 지의류가 들어온 후, 1년생 초본류, 다년생 초본류, 키작은나무, 키큰나무 순으로 변화하는 것을 볼 수 있다. 이것을 설명할 때 대부분의 사람들은 쟁취한다, 박탈당한다, 쫓겨난다는 개념으로 설명을 한다. 그러나 이런 관점은 경계를 해야 한다. 지의류들은 어떠한 생물도 살 수 없는 환경에서 살 수 있는 능력이 있다. 아직 토양이라고 할 수도 없는 척박한 환경에 생명의 뿌리를 내리는 과정에서 생겨난 여러 가지 유기산이 바위의 무기물질을 녹여서 토양을 만들어내고, 이 토양은 1년생 초본들이 살 수 있는 환경이 된다. 1년생 초본들이 죽고 나면 토양이 비옥해지면서 다년생 초본들이 살 수 있는 환경이 마련되고, 이러한 과정들을 거치면서 나무들이 뿌리를 내리고 극상림을 이루는 것이다. 극상림을 이루고 난 후에는 자연현상의 하닌 산불이 나고, 숲은 일생을 다하게 되는 것이다. 그리고 또 다른 생태적 지위를 가진 식물들이 들어오게 되면서 새로운 숲의 일생이 시작된다. 이렇게 숲 생태계의 순환(일생)이라는 관점에서 보면 각각의 단계는 긴밀한 협력 관계를 이루고 있는 것이지, 누가 누구한테 쫓겨나고, 누가 누구한테 경쟁에서 밀리고 하는 개념은 아닌 것이다.

▶ 참혹한(?) 협동

전 세계인의 축제와 화합의 한마당인 올림픽이 끝나면 곧이어 2사3脚的 곰두리 깃발을 앞세운 장애인 올림픽이 개막된다. 화려한 언론의 스포트라이트를 받지는 못하지만, 평소에 사회적 열자로 소외되어 온 장애우를 이 사회의 한 구성원으로 받아들이는 진정한 올림픽의 정신을 표징 하는 또 하나의 행사인 것이다. 2사3脚 경기를 통해 우리는 서로 부족한 부분을 함께 공유하는 아름다운 ‘협동의 정신’을 배운다.

협동의 정신은 진정한 ‘자연의 정신’이다. 자연의 세계를 자세히 관찰해 보면 천상천하 유아독존적 생물은 없다. 지금까지 발견된 어떠한 생물도 자기 홀로 존재하는 생물은 없다는 것이다. 최소 한 종 이상의 다른 생물들과 협동하고 있다는 뜻인데, 협동의 종류와 방법은 서식처 제공, 먹이 공급, 번식 및 이동수단, 보호와 경보수단, 치료와 청소 등 실로 다양하여 그 예를 일일이 언급하는 것조차 벅찰 지경이다.

유명배우와 인기 탤런트가 아프리카 난민촌의 참담한 현장에서 흘리는 눈물을 보고 누가 연기를 한다할 것인가. 피골이 상접한 몸골로 파리를 쫓을 힘도 없이 누워 있는 어린 아이의 모습은 그 자체로도 눈물 없이 보기 힘들 지경인데, 영양실조로 인해 굼이 터진 상처에 파리와 구더기가 우글거리는 장면이 화면을 통해 비쳐질 때면 그 참혹한 모습에 얼굴이 돌려진다. 하지만 동물의 굼은 상처에서 부화한 청파리와 검정파리의 애벌레는 고름을 먹고 자라면서 상처부위의 죽은 조직을 처리하며, 이들이 내놓는 배설물은 살균작용을 가진다고 하니 별의별 참혹한 협동관계도 다 있다.

이상에서 고찰한 바와 같이 생태학에서 가장 철저히 증명되었던 원리 중 하나인 ‘가우스의 원리-두 종의 생물이 똑같은 생태적 지위를 누리는 경우는 결코 없다’나 포식과 피식의 생태적 의미를 재조명한 저명한 생태학자 오덤(Eugene Odum)의 생태학적 통찰 등 다양한 생태학적 연구를 종합하면, 자연은 경쟁적 투쟁을 회피할 수 있는 방향으로 조절되어 있으며, 투쟁이 아니라 평화로운 공존이 자연계의 법칙이란 사실이다. 콜린버(Paul Colinvaux)는 결론적으로 “적자(適者, fit animal)란 싸움을 잘하는 동물이 아니라 언제든지 싸움을 회피하는 동물”이라고 간결히 표현한 바 있지만, 싸움을 잘 피할 뿐 아니라 자기와 상반된 힘을 가진 자와 협동하는 생물이 자연계의 진정한 적자라 할 수 있겠다.

▶ 생태계의 재앙

생태계를 구성하고 있는 다양한 생물들은 각기 자신들의 적정규모를 유지하며, 생물들 상호간의 긴밀한 협동과정을 통해 생태계 전체의 균형을 유지한다.

두 종류의 생물이 서로 경쟁을 피하려면 가장 효과적인 방법이 지리적으로 격리되는 것이다. 1876년 월리스(A. R. Wallace)는 지구 생태계를 6개의 생물구로 구분하였다. 이들 생물구들은 대략 지금의 대륙 구분과 일치하는데 이러한 지리적 격리에 의해 생물들 사이의 경쟁을 효과적으로 피할 수 있으며, 대륙으로 나뉘어 지기 전보다 동식물의 다양성이 더 풍부해졌다.

이렇게 지리적으로 격리된 생물구에 인위적으로 외래의 생물을 도입하면, 생태계에 교란이 일어나 재앙이 발생한다.

호주의 개척시대에 사냥용으로 유럽의 토끼 몇 마리를 호주의 들판에 풀었다. 여우와 늑대 등 천적이 없는 새 세상을 만난 유럽 토끼들은 급속도로 불어났고, 목축을 위해 조성한 초원을 쓸대밭으로 만들었다.

같은 식물을 먹이로 삼는 많은 초식동물들은 상대적으로 그 군집의 규모가 감소하였고, 위기를 느낀 사람들은 토끼 소탕작전을 벌였으나 무섭게 불어나는 토끼의 번식속도를 따라 잡기는 역부족이었다. 결국 토끼에게 치명적인 바이러스를 가지고 있는 토끼벼룩을 이용하기에 이르렀고, 바이러스의 공격을 받은 유럽 토끼들은 거의 전멸하였다.

하지만 바이러스에 면역이 된 일부 살아남은 유럽 토끼 후손들의 규모가 다시 늘고 있으니...

호주에서의 재앙이 시사하는 바는 두 가지이다.

첫째, 고유한 생태적 지위를 가지고 서로 경쟁을 피하며 살아가는 안정된 생태계에 동일한 생태적 지위를 가진 외래종을 인위적으로 도입시켜 경쟁을 유발시키면 생태계의 균형 전체가 무너지는 재앙으로 이어진다는 것이다.

둘째, 포식(捕食)과 피식(被食) 즉, 먹고 먹히는 자연의 현상은 약육강식으로 설명되어지는 것이 아니고, 생태계의 구조를 안정시키는 안전장치라는 것이다. 포식자가 없는 세상에서 피식자가 일시적으로 대량 번식할 수 있다 해도 이는 생태계의 균형을 파괴하고 결국 자신도 파국을 맞게 된다.

우리나라에서도 황소개구리와 베스 등과 같은 외래종의 도입에 의해 한 때 토종의 멸종위기를 맞는 등 값비싼 대가를 치루고 있다.

2. 패러다임(Paradigm)을 바꾸자

▶ 우리는 왜 자연을 찾는가?

어른의 입장에서 보면, 의외로 답은 쉽다.

“각박한 도시생활에서 지친 몸과 마음에 활력을 불어넣기 위해서 ...”

지구 생태계의 긴 역사를 통해서 볼 때, 숲으로부터 나온 인류가 농경생활을 거쳐 산업사회로 발전한 시기는 아주 짧은 시간동안에 이루어졌고, 콘크리트 벽돌과 자동차 그리고 온갖 인공 구조물 속에 갇혀 편안해 하기에는 아직 그 진화의 역사가 짧기 때문이라.

그래서 고래가 수면으로 나와 긴 호흡을 하듯이 우리는 가끔이라도 자연에 나가 생명의 공기를 호흡해야만 한다.

▶ 우리의 일상은 무한 경쟁의 연속이다.

어른들만큼이나 우리들의 자녀들도 긴장과 스트레스, 그리고 강요와 억압 상태의 연속이다.

아스팔트 위에서의 생존 논리는 우리가 일찍이 자연으로부터 배웠다는 그 위대한 교훈(?) 약육강식(弱肉強食), 적자생존(適者生存) 뿐이니, 어떡하랴 내 자식에게 가르치는 이 사회에서의 생존법도 그럴 수밖에 없는 것을..

어른들의 시각으로 볼 때 경쟁에서 살아남기 위해서 갖추어야 할 조건들은 얼마나 많은가. 애처롭긴 하지만 생존에 필요한 그 많은 조건들을 내 자식들이 갖추도록 강요할 수밖에... 그것이 내가 할 수 있는 부모의 도리라고 자위하면서.

▶ 왜곡된 진실

불행스럽게도 이러한 현실은 자연으로부터 배웠다든 왜곡된 교훈으로부터 비롯된다.

위대한 생물학자 찰스 다윈은 자연으로부터 다음과 같은 진실(?)을 깨달았다.

- ▶ 생물은 무한히 증식하려는 본능을 가졌다
- ▶ 그러나 자원은 제한되어 있기 때문에
- ▶ 모든 생물에게 있어서 경쟁이란 불가피하다

이러한 논리의 전개는 강한 자만이 살아남는다는 ‘약육강식의 법칙’을 세웠고 ‘적자생존의 법칙’을 거쳐, 궁극적으로 생존에 유리한 방향으로 변이가 일어나 새로운 종이 탄생한다는 ‘진화론’을 완성시켰다.

생명기원설에 대한 갖가지 이론과 설(說)이 있고, 진화론의 진실 여부는 논외로 한다면 지라도, 다윈이 자연으로부터 깨달은 위대한 교훈(?)이 인간의 인문사회 분야에 미친 영향은 지대하다.

바로 경쟁의 패러다임으로 세상을 보는 것이다. 즉, 모든 가치판단의 잣대가 경쟁에 있다.

▶ 치열한 경쟁을 통해 우리는 이 세상에 태어났다?

나 자신의 소중함을 깨우치는데 자주 인용되는 다음과 같은 예가 있다. 이미 새 생명이 잉태되는 그 순간에도 치열한 경쟁이 있었다는 것이다. 수억 개의 정자가 하나의 난자와 결합하기 위해서는 치열한 경쟁을 벌여서 오직 하나만의 정자가 선택된다는데, 그 하나가 바로 ‘나’라니 얼마나 ‘나’ 자신이 소중한 존재냐는 것이다.

일견 결과만을 두고 볼 때는 그러하다. 새로운 생명을 탄생시키기 위해서는 하나의 정자만이 선택될 뿐인데, 왜 그렇게 많은 정자가 필요했을까? 생물이 우리가 믿고 있는 것처럼 비효율적인 존재가 아니라면, 그렇게 많은 수의 정자가 필요한 이유가 분명 있을 것이다.

생명의 씨앗, 난자가 존재하는 곳은 신성하며, 외부로부터 온갖 병원균의 침입과 감염에 대비하는 특별한 방어시스템이 있다. 이는 정자라고 해도 특별히 예외는 아니어서 이러한 방어 시스템을 극복하기 위해서는 일정 규모의 정자 군단(群團)이 필요한 것이다.

오랜 레이스 끝에 맨 먼저 도착한 정자가 수정에 성공하는 것도 아니다. 난자의 바깥은 ‘투명대’라고 하는 거대한 방어벽이 있고, 이 방어벽을 뚫고 들어갈 수 있는 능력은 정자의 머리부분에 있는 ‘침체’라고 하는 곳에서 분비되는 분해효소의 작용이 필요하다. 방어벽을 뚫기 위해서는 여러 개의 정자가 번갈아 가면서 협동 작전을 펼쳐야만 한다.

이윽고 단 하나의 정자가 난자와 결합하게 되어 수정란이 되면, 그 때까지 정지해 있던 난자가 왼쪽으로 회전을 하기 시작한다. 새로운 우주가 탄생하는 순간이다. 지구의 자전이나 공전, 태양계, 우주에 존재하는 수많은 행성들이 왼쪽으로 회전하는 모습을 상상해보면 된다. 현미경 시야에서 펼쳐지는 수정란의 회전을 관찰하고 있다면, 누구나 장엄한 우주를 보는 듯한 착각에 빠지게 된다. 참 신비로운 현상이 아닐 수 없다.

이렇듯 신비로운 새 생명의 탄생은 수많은 동료 정자들의 희생과 협동의 결과인 것이지, 똑똑하고 잘난 능력 있는 어떤 정자 하나의 성취는 아닌 것이다.

우리는 수없이 많은 경쟁자들을 물리친 자랑스런 승리에 도취하기 전에, '나'라고 하는 존재의 탄생을 위해 함께 노력한 수없이 많은 협력자들의 희생과 협동의 정신을 먼저 배워야한다. 그러한 희생과 협동의 결과가 '나'이기 때문에 나는 그렇게도 소중한 존재인 것이다.

▶ 새로운 패러다임

시골에 가면 어디서든 소를 만난다. 우직하고, 강력한 추진력의 상징 동물인 소의 생존을 좌우하는 것은 우습게도 세균이다. 소는 초식동물이지만, 식물의 주요 에너지 저장물질인 섬유소를 분해하는 능력은 없다. 섬유소를 포도당으로 분해하여 소에게 에너지를 공급해주는 역할은 소의 혹 위에 살고 있는 섬유소 분해세균(cellulolytic bacteria)이 담당한다. 소는 세균에게 안정된 서식처를 마련해주고, 세균은 소에게 에너지를 공급하는 협동의 관계를 유지하는 것이다. 소와 세균의 협동관계가 깨어지는 순간 소는 지구상에서 사라질 것이다.

자연에 나가 조금만 주의 깊게 관찰을 해보면, 자연을 구성하고 있는 다양한 생물들은 서로 경쟁을 회피하며, 오히려 상반된 힘을 가진 자와 협동을 하면서, 환경과 절묘한 조화를 이루고 있음을 알 수 있다. 자연의 생태학적 현상 중에서 가장 설명하기 곤란하고 논란의 여지가 많은 현상이 '경쟁'인 것은 사실이지만, 단언하건데 자연에서는 자기만의 고유한 생태적 지위⁴를 가지거나, 협동하는 생물만이 살아남는다.

자연은 경쟁의 메카니즘으로 움직이는 것이 아니고, 협동과 조화의 메카니즘에 의해 움직이는 것이다. 우리가 자연으로부터 얻을 수 있는 교훈은 적자생존과 약육강식으로 압축되는 경쟁의 논리가 아니고, 오히려 협동의 패러다임으로 세상을 바라볼 때 인간 세상에서 살아갈 수 있는 방법을 깨우칠 수 있다는 것이다.

▶ 자연에서 배우는 지혜

우리 아이들이 경쟁의 패러다임 속에서 그 정서가 피폐해 진다면, 자연으로 나가서 치유할 일이다. 자연 속으로 받아들여놓는 순간 생명의 공기를 호흡한 아이들은 동심을 회복할 것이며, 창의적 상상력이 나래를 펼 것이다.

그것만으로 충분할 런지도 모른다. 하지만 자연을 제대로 이해함으로써 얻는 삶의 지혜를 놓치기는 너무 어렵다.

자연에 나가면 이름 모를 많은 생물들을 만난다. 이들의 이름은 무엇인지, 왜 그 곳에 있는지, 아이들의 상상력은 꼬리를 문다. 생태계에서 이들의 역할을 이해하는 것은 자연을 이해하는 첫 걸음이다. 한걸음 더 나아가 자연 속의 생물들로부터 삶의 지혜도 배워보자. 척박한 환경에서 자연과는 어떻게 조화를 이루며, 상반된 능력을 가진 자들끼리 어떻게 협동하면서, 자기만의 고유한 생태적 지위를 구축하는지...

그래서 우리 사회를 구성하는 다양한 사람들이 조화롭게 살아가는 삶의 지혜를 깨쳐보자. 남들과 경쟁하지 않고 서로 협동하면서 '인간 생태계'에서 살아남을 방법을 배워보자. 이미 누군가 선점하고 있는 좁은 생태적 지위를 탐하여 경쟁하지 말고, 자신만의 고유한 생태적 지위를 만들어 가는 창의력을 키워보자.

2. 숲의 이해

1. 숲은 우리에게 어떤 존재인가?

우리나라 사람은 유난히도 숲을 사랑한다. 동화 속에서, 역사와 문화 그리고 예술품 속에서, 우리의 삶 속에서 숲을 사랑한다는 단서를 찾아내는 것은 어려운 일이 아니다. 그러나 숲에 대한 사랑과 관심과는 대조적으로 숲에 대해 알고 있는 지식은 보잘 것 없다는 사실 또한 부인할 수 없는 것이 우리의 현실이다. 한때는 식민시대와 전쟁을 거치면서 숲이 거의 존재하지 않았던 암울한 시기를 맞볼 만큼 숲을 집약적으로 이용했었다. 그러나 그 누가 황폐된 숲을 기대했을까? 숲을 그저 나무의 집합체 이상으로 보지 못한 무지의 소산인가? 비좁은 땅위에 많은 인구가 살아가야 하는 현실에서 나무들이 모여 사는 숲을 남겨둔다는 것은 면적이 부족한 땅위에 살아가는 우리에게 충분한 설득력을 얻을 수 있을까? 숲이 필요한 이유는 무엇일까? 숲은 인간의 정서적 휴식처일 뿐만 아니라 인간의 생존을 위한 물과 공기의 정화 및 공급처이며, 그 아름다운 경관 안에 인간과 더불어 살아가는 많은 야생동물이 서식할 수 있는 공간이라는 것이 의문에 대한 공색한 설명이며, 숲은 미래의 우리 후손들에게 보존하여 전해주어야 할 유산 중의 하나라고 한다.

이는 숲에 대한 도식화된 우리 인간의 논리이다. 이 시대가 바라는 숲은 생태적 균형을 이루고 있는 숲이다. 특히 다변화된 오늘날의 숲에 대한 사회적인 요구는 다양하다. 따라서 숲을 새로 읽고 새로 쓰고 새롭게 볼 필요가 있다. 숲속 나무는 성장과 번영을 위해 나무가 필요로 하는 양분의 대부분을 스스로 생산해낸다. 나무의 생명활동을 위해 우선 토양에 있는 물을 뿌리를 통해 줄기와 가지와 나뭇잎까지 운반되어 대기로 증발하게 되는 나무의 내부시스템이 정교하게 발달하게 된 것은 3억 년 전의 일이다 (표 1).

이러한 나무의 왕성한 번영과 활동은 결국 산소호흡을 하는 지상의 모든 생명체를 존재케 하는 근거가 되었다. 이뿐만 아니라 오늘날 석탄과 석유를 유용하게 활용할 수 있는 이유도 그 당시 바로 나무들이 많은 지역에 걸쳐 존재했기 때문이다. 나무가 존재할 수 있게 된 것은 대기와 물이 있었기 때문이며, 또한 대기 중에 이산화탄소가 소량이지만 함유되어 있다는 것이 중요한 역할을 한다. 햇빛의 도움으로 대기 중의 이산화탄소를 흡수함으로써 바로 당분, 그리고 당분에서 셀룰로스와 목질로의 변형이 가능할 수 있는 것이다. 이러한 광합성의 과정에서 지상의 동물이나 인간이 호흡을 위해 반드시 필요한 산소가 생산된다. 나무는 산소를 만들어내고 그로부터 약간은 그들의 호흡에 이용된다. 토양에 사는 미생물들은 생명이 다한 생명체나 나뭇잎 같은 것을 분해하기 위해 매우 많은 산소를 필요로 하지만, 이러한 과정에서 토양미생물들은 또한 이산화탄소를 발산하게 된다. 이렇게 해서 숲 속의 물질들은 순환을 계속하게 된다. 동물이나 인간의 호흡으로 생성된 이산화탄소를 식물들이 흡수하는 지속적인 과정을 통하여 몇 백 년 동안의 대기의 구성 물질은 안정되게 존재했다: 대기 중의 산소 20.9%, 이산화탄소 0.03%. 그러나 산업화의 발달로 이러한 자연적인 순환 과정은 균형을 잃게 되었고 숲의 지나친 난벌과 석탄과 석유의 이용으로 대기 중의 이산화탄소의 양은 증가하고 있다. 이는 수 억년간 균형을 이루고 있던 대기의 구성이 최근의 산업화이후 그 균형을 잃기 시작하였다. 대기 중 이산화탄소의 증가는 지구의 기후변화를 초래하였으며 지구는 더워지고, 많은 것을 얻을 수 있었던 땅은 사막화되는 현상이 나타나게 되었다. 우리의 삶과 생존을 위한 숲의 중요성을 설명하기 위해 이보다 더 상세한 표현이 필요할까? 대기 중의 산소와 이산화탄소의 균형을 이루는 숲의 역할을 돌아보았다. 이를 통하여 우리는 우리가 숲을 파괴한다는 것이 사실

상 우리의 생존을 위한 기본조건들을 위협하는 결과를 초래한다는 것을 알 수 있다. 따라서 숲 생태계를 살아있는, 그리고 살아있는 것을 둘러싸고 있는 생물들로 구성되어있는 생명체들이 서식하는 공간으로서의 “생태계”로 이해하는 것이 무엇보다도 시급한 일이다.

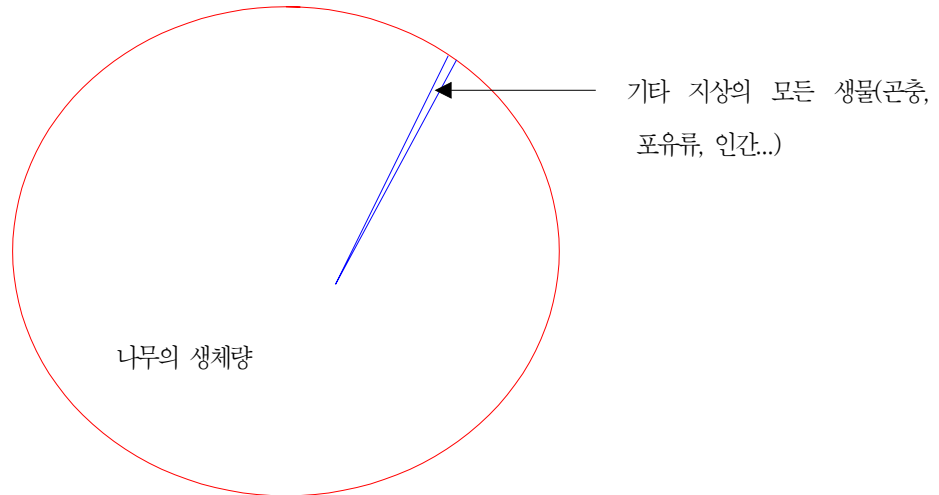
지질계통에 따른 분류			식물에 따른 분류	
신생대	1백만년	충적세	활엽수의 출현	현재 존재하는 활엽수들의 조상
		홍적세		
	7천만년	제3기		
중생대	1억4천년	백악기	침엽수의 출현	소나무의 조상, 은행나무
	1억9천년	쥐라기		
	2억3천년	삼첩기		
고생대	2억7천년	페름기	무자엽식물의 출현	고사리, 쇠뜨기 등
	3억2천년	카본기		
	4억년	데본기		
빙하기 이후의 숲의 변화				
1만년 - 1만2천년		나무가 없는 평원형태		
8천년-1만년		수종이 매우 빈약한 상태: 자작나무, 소나무		
6천년-8천년		개암나무-소나무 자작나무-소나무		
3천년-6천년		도토리나무류, 느릅나무, 물푸레나무, 피나무		
1천4백년-3천년		너도밤나무, 참나무류		
8백년-1천4백년		너도밤나무		
8백년 - 현재		인간의 간섭으로 인해 변화된 숲을 형성		

【표 1. 나무의 발달사】

살아있는 것, 즉 생물은 생산자와 소비자 그리고 분해자로 나누어진다. 생산자는 나무와 그 밖의 녹색의 잎을 달고 있는 식물들로서 광합성을 통해 유기물질을 생산해내는 생물을 말한다. 동물들은 이렇게 생산된 물질의 일부분을 먹이로 활용하는 소비자를 의미하며, 분해자는 버섯이나 박테리아 등과 같은 미생물들이며 이들은 유기물질들을 다시 분해하는 역할을 한다. 분해자는 새롭게 생성되는 생산자에게 기본물질로 되돌려주는 역할을 한다. 에너지의 원천으로서의 햇빛, 광합성을 위한 원료이자 운반수단으로서의 물, 그리고 광물질을 포함하고 있는 토양은 생태계 내에서 살아가는 생명체들의 생존을 위한 기본물질로 존재한다. 좀더 구체적인 이해를 위해 숲생태계 내의 동물과 식물의 관계를 비교해 볼 필요가 있다. 정확하게는 동물과 식물 전체를 “생체량(Biomasse)”으로 표기한다. 놀랍게도 숲에 존재하는 모든 동물의 생체량은 식물과 비교했을 때 극히 작은 양에 불과하다. 전체량의 약 1%가 동물의 생체량이라 할 수 있다. 즉 99%의 숲 속 생체량은 식물로 이루어져있다는 것이다(그림1). 동물생체량은 단지 대형동물만 뜻하는 것이 아니라

곤충, 개미 등 모든 동물을 포함한다. 결국 숲생태계 전체생체량의 99%를 차지하는 식물생체량에 의존해서 살아가고 있는 동물의 생체량은 전체생체량의 1%정도에 불과하다는 것이다.

【그림 1. 생체량 비교】



예를 들어 우리 숲에 문제시되고 있는 솔잎혹파리가 아무리 많아진다 해도 전체 동물생체량에는 거의 변화를 미치지 못한다. 그러나 이들의 번식은 수백 평방 킬로미터의 소나무숲을 파괴할 수 있는 힘을 가지고 있다. 나무는 3억 년 전부터 존재해 온 대표적인 식물

계의 생명체이다. 석탄기에 와서 크게 번창하여 거대한 면적을 차지하게 된 숲에서는 미처 미생물들에 의해 분해될 수 없을 정도의 아주 많은 양의 목재가 생산되었고 유기물질의 상태에서 석탄이나 석유로 변화하게 되었다. 원시 숲이 야기한 대량의 목재생산은 결국 오늘날 우리의 문명생활을 보장해주는 결과를 초래했다. 원시 숲의 변형된 생체량이 없었

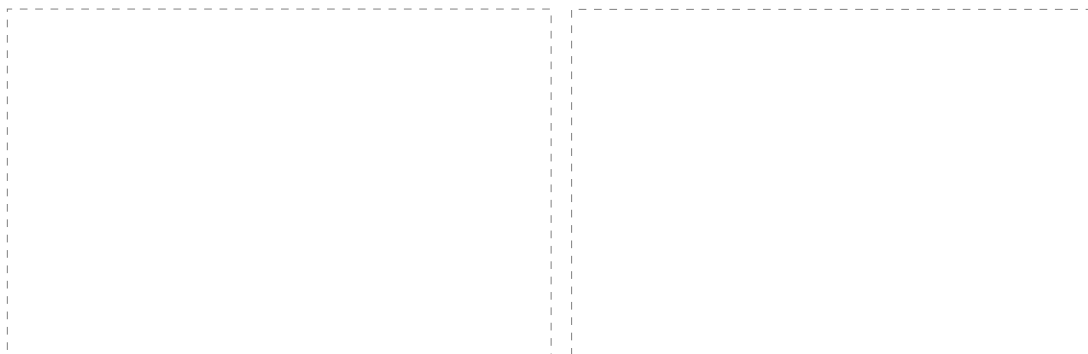
더라면 자동차를 타고 다닌다는 것을 생각이나 할 수 있었을까? 또한 현재의 지구대기권을 구성하고있는 성분 또한 완전히 다른 상태였을 것이다. 또한 녹색잎을 지니고 있는 나무의 활동이 없다면 인간이나 동물의 생존이 가능이나 했었던 일일까.

2. 숲이란 무엇인가?

2그루(林)? 3그루(森)? 5그루(森林)? - 이는 나무들이 뻗뻗하게 들어서 있다는 뜻이다. 이 "뻗뻗하다"는 말이 매우 주관적인 의미를 지니고 있기 때문에 의문을 갖는 것은 너무나 지당한 것이다. 일반적으로 몇 그루의 나무로 이루어져 있는 곳을 우리는 숲이라 하지 않고 "수목집단(a group of trees)"이라 말한다. 그렇다면 도대체 "숲"이라 할 수 있는 기준은 없을까? 이는 숲이 지니고 있는 고유한 기능을 수행 할 수 있느냐 혹은 할 수 없느냐에 관한 문제에서 출발을 하는 것이 그 의문에 대한 실마리를 쉽게 찾아 볼 수 있다. 물론 숲에 대한 정의적인 표현은 다양하다. 즉 행정적, 경제적 및 생태적 관점에서의 숲을 이해할 수 있다. "행정적인 관점"에서의 숲이라 함은 산림법의 2조에서 그 의미를 찾아볼 수 있으며, "경제적 관점"에서의 숲이라 함은 숲을 통해 경제적인 소득을 얻기 위해 한 방편으로 일정한 면적 위에 있는 나무로 정의한다. 일반적으로 1ha의 면적보다 클 경우를 숲이라 한다. 그러나 "생태적인 관점"에서의 숲이라 함은 모든 생물이 안정되게 살아갈 수 있는 충분한 공간의 확보를 의미한다. 여기서 우리는 숲을 생태적 관점에서만 접근해보기로 한다. 과연 생태적 관점에서의 숲이라 함은 어떻게 정의 내릴 수 있을까?

숲은 하나의 생태계이며, 그 중에서 생물들이 살아갈 수 있는 매우 안정적이고 완벽한 생활공간인 생태계인 것이다. 숲이 안정적이고 완벽한 구조의 생태계란 것을 다음의 설명으로 충분한 설명이 된다고 본다. 무엇보다도 숲이 생태계로서의 기능을 할 수 있느냐는 바로 숲의 기후와 토양에 달려있다. 나무와 토양과 대기로 채워져 있는 공간 사이에서의 상호작용이 결국 숲 생태계를 형성한다고 볼 수 있다.

먼저 숲의 기후부터 한번 살펴보자. 숲의 온도와 숲 밖의 온도, 즉 우리가 살고 있는 주거지역이나 논이나 밭 등과 비교해보면 어떨까? 아무리 무더운 여름이라 할지라도 숲의 토양이 논이나 밭 토양과 같이 거북등처럼 갈라지지 않는다는 것이다. 이는 외부의 어떠한 영향에도 스스로의 온도조절을 할 수 있는 고유한 기후를 형성해나간다는 점이다. 때문에 무더운 여름에 숲 속은 시원하고 겨울에는 오히려 온화한 날씨를 나타내는 것이다. 더 정확하게 얘기하자면 온도로 숲 속의 온도와 그 외 지역의 온도를 측정하여서 5도씨 이상의 온도 차이를 나타낼 때 우리는 그 곳을 "숲"이라

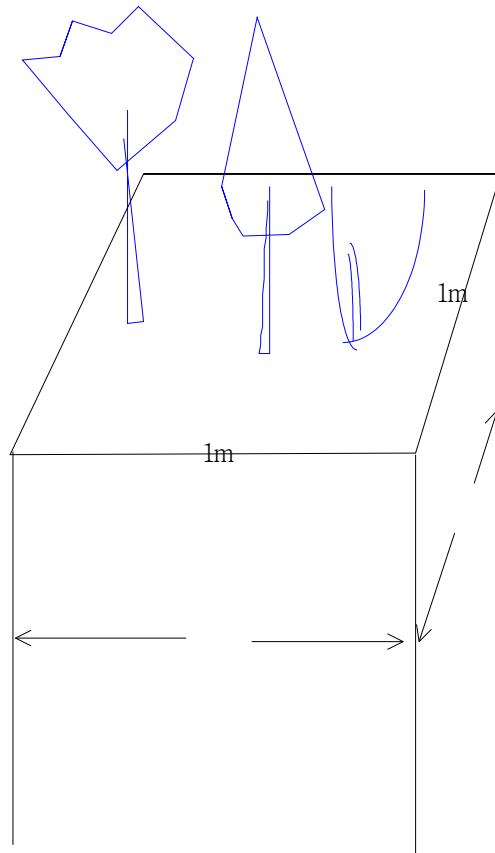


정의한다. 숲은 결국 외부의 변화에 민감하게 반응을 하지 않은 곳이라 할 수 있다. 밤과 낮의 온도차이 그리고 여름과 겨울의 온도 차이가 숲 이외의 지역과 비교해서 크지 않다는 것이다. 따라서 이러한 현상은 많은 야생동물들에게 숲이 삶의 근원이 되는 까닭 중의 하나로 작용을 한다. 예를 들면 멧돼지가 농경지나 야지에서 주로 먹이를 구하지만 주 삶의 터전은 숲 속이다. 숲은 이러한 야생동물에게 적합하게 살아갈 수 있을 만큼 온도에 큰 변화를 보이지 않기

때문이다. 물론 몸을 숨길 수 있는 공간으로서의 역할도 숲이 하지만 말이다.

또 숲의 토양은 어떤가? 식물이 살기 위해서는 빛 뿐 아니라 토양 속의 물과 양분이 필요하다. 논과 밭의 토양은 그러한 양분을 식물들에게 지속적으로 공급을 해줄 수가 없다. 그래서 많은 퇴비와 비료 그리고 물을 공급해 준다. 숲에 비료를 뿌리고 퇴비를 주거나 물을 주는 경우를 보지 못했다. 그럼에도 불구하고 나무들이 거대한 몸집으로 자라고 많은 야생동물들이 숲을 떠나지 않고 대를 이어가면서 숲 속에서 살고 있다는 것이다. 또 생태적 관점에서의 숲이라 정의 할 때 앞에서 말한 기준 중의 두 번째 이유가 되는 것이 바로 토양이다.

숲 토양은 논이나 밭 토양과 달리 외부로부터의 아무런 도움과 간섭 없이 자체적으로 토양을 비옥하게 발달시키고 유지시켜 나가는 속성을 지니고 있는 것이다.



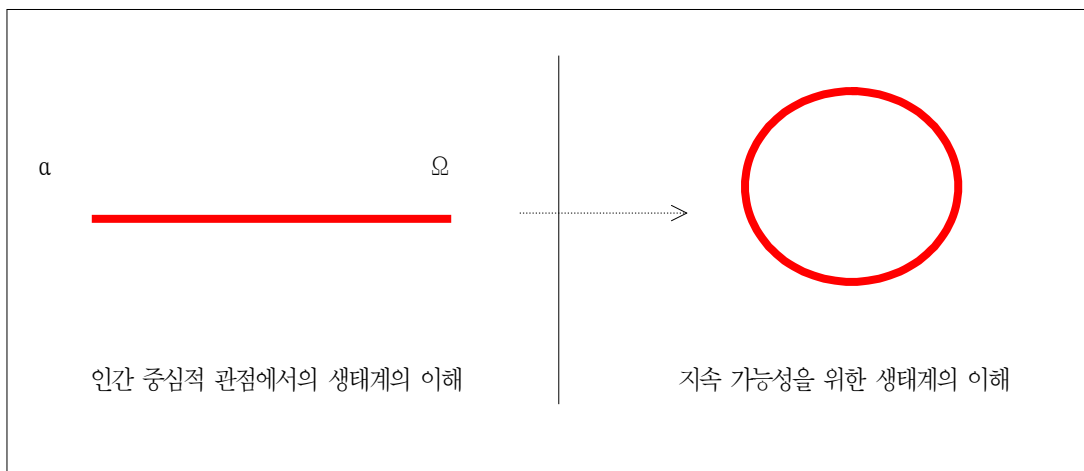
【그림2. 숲 토양내 물 저장량과 서식생물】

3. 관점의 전환이 요구되는 시대에 우리는 살고 있다.

"생태적 관점에서의 숲"이라 말 할 때 외부의 간섭이나 영향이 없이도 스스로 고유한 기후와 토양을 지속적으로 지탱해 나갈 수 있는 곳을 숲이라 한다. 즉, 생태적 관점에서의 숲이라 할 때 숲의 크기(면적)나 나무의 수를 놓고 얘기하는 것이 아니라 숲이 어떠한 수종으로 그리고 어떠한 구조로 되어있나 하는 것이다. 이는 매우 다양한 종(biodiversity)이 서식할 수 있는 근거가 되는 것이며, 안정적인 숲의 구조(stability of structure)가 유지될 수 있는 첫걸음인 것이다.

숲의 가치에 대한 구체적인 이해를 위해 숲생태계 내의 동물과 식물의 관계를 비교해 볼 필요가 있다. 정확하게는 동물과 식물 전체를 "생체량(Biomasse)"으로 표기한다. 놀랍게도 숲에 존재하는 모든 동물의 생체량은 식물과 비교했을 때 극히 작은 양에 불과하다. 전체 량의 약 1%가 동물의 생체량이라 할 수 있다. 즉 99%의 숲 속 생체량은 식물로 이루어져있다.

동물 생체량은 단지 대형동물만 뜻하는 것이 아니라 곤충, 개미 등 모든 동물을 포함한다. 결국 숲생태계 전체 생체량의 99%를 차지하는 식물 생체량에 의존해서 살아가고 있는 동물의 생체량은 전체생체량의 1%정도에 불과하다. 예를 들어 우리 숲에 문제시되고 있는 솔잎혹파리가 아무리 많아진다 해도 전체 동물 생체량에는 거의 영향을 미치지 못한다. 그러나 이들의 번식은 수백 평방킬로미터의 소나무 숲을 파괴할 수 있는 힘을 가지고 있다.



【그림3. 생태계를 바라보는 관점 차이】

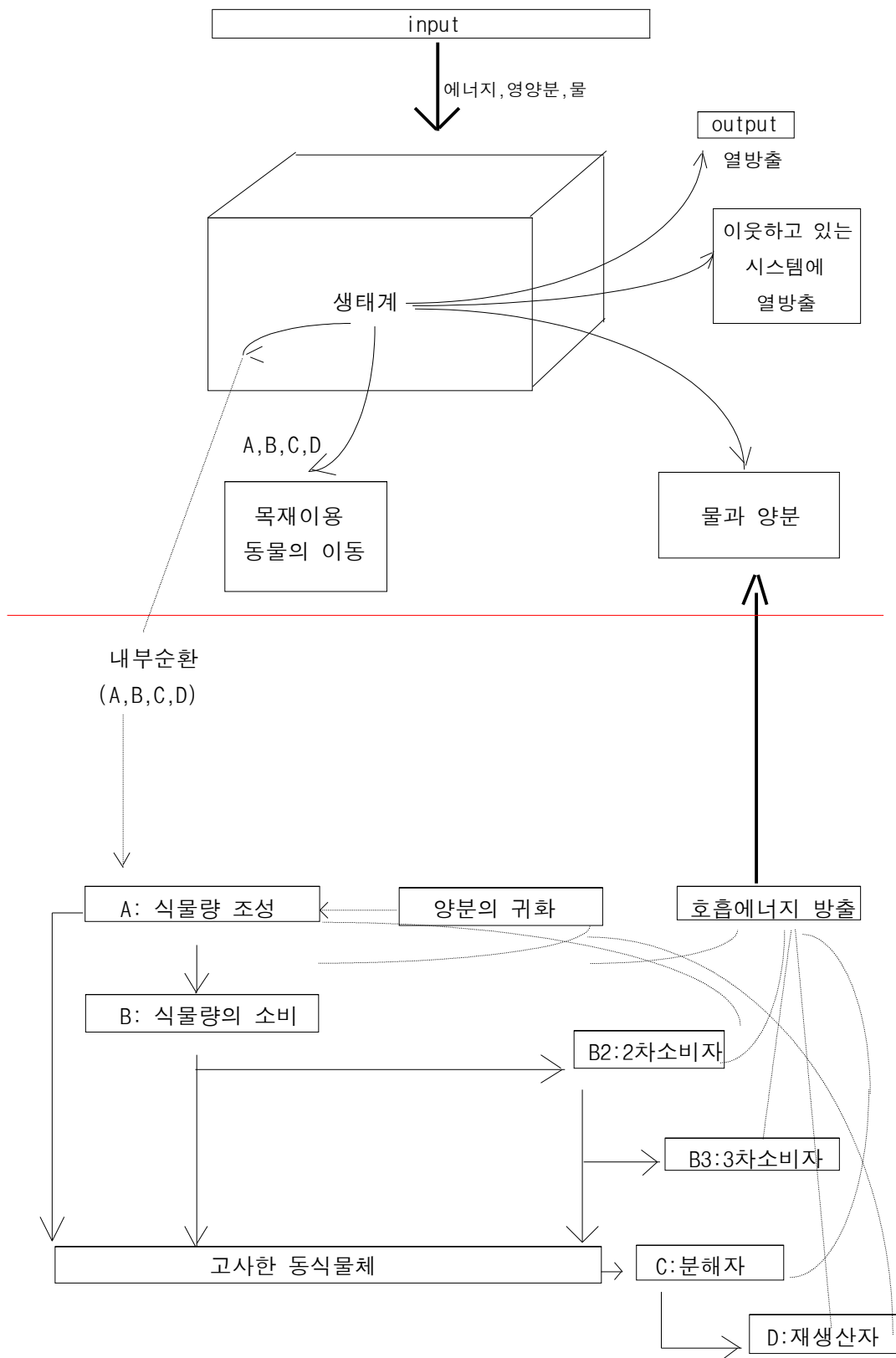
숲을 올바르게 이해하는 것은 특히 이 시대를 살아가는 사람들에게 대단히 중요한 일이다. 그저 자연을 즐기고 만끽하기 위해서 뿐 아니라 우리의 생존에 관한 문제이기 때문이다. 날로 숲의 감소가 전 지구적인 문제로 대두됨으로 인해 나타나는 기후온난화문제나 이상기온은 지구생태계를 충분히 교란하고 있기 때문에 심각하게 받아들여지지 않으면 안 되는 문제이다. 왜 이러한 터무니없는 문제가 발생하는지에 대해서는 우선적으로 우리가 숲에 대한 중요성을 올바르게 이해하고 있지 못하기 때문이다.

3. 자연과학적 관점에서의 숲 생태학

1. 숲 생태계와 숲 생태학

생태학(ecosystem)이란 그리스어의 “Oikos” - 집 또는 가계 - 란 말에서 파생되었으며, “logy” 란 학문이란 뜻이다. 한 지붕 밑에서의 공생의 생활을 연구하는 학문이란 뜻을 내포하고 있다. 삼림생태를 이해하기 위해서는 무엇보다도 종합적으로 파악할 수 있는 자연에 대한 지식이 전제조건이라 할 수 있다. 삼림에 영향을 미치는 기후, 광선, 토양과 지질 등을 기초지식으로 수목으로 이루어진 집단은 단순히 수목의 집단의 의미를 뛰어넘어 한 생태계를 형성하면서 수많은 동식물의 서식처를 제공할 뿐만 아니라 삼림이 스스로 만들어 낼 수 있는 고유의 기후를 형성하여 그 생태계의 구성원들뿐만 아니라 인간의 삶에도 큰 영향을 미친다. 1930년에 영국의 생태학자인 Tansley가 처음으로 생태시스템(ecosystem)란 용어를 사용하면서부터 생태란 개념의 정의가 시작되었고, 이어 1978년 독일의 Ellenberg이 그리고 1982년 Ulrich가 새롭게 삼림생태계를 구체화 시켰다. 이밖에도 Odum 이나 Kimmis 등의 많은 학자들로부터도 생태계의 정의가 정리된 바 있다. 하나의 시스템이란 여러 가지 구조적 요소들의 연결고리를 이루고 있는 것을 말한다. 일반적으로 생태시스템은 수많은 구조를 이루고 있는 수많은 요소들 즉 식물종, 동물종, 토양종, 광물질 등이 함께 유기적인 관계를 이루고 있음을 말한다(Ulrich, 1982). 이러한 생태계를 이해하기 위해서는 가장 근본적인 사실부터 파악하는 것이 도움이 된다. 분자는 생명체의 세포를 이루고 있고, 그 세포는 세포조직을 형성하며, 또 그 세포조직은 생명체의 기관과 기관기능을 이루게 된다. 우리는 이러한 총체를 유기체라 한다. 예를 들면 나무라든지, 토양식물, 여러 가지의 동물, 곤충 등을 유기체라 말한다. 그리고 같은 유기체들의 집합을 집단이라고 하며 자연적으로 여러 집단들이 모여 있는 것을 우리는 ‘사회 또는 공동체’, 식물학에서는 ‘군락’이라 한다. 이러한 군락을 이루고 있는 자연계에서 서로서로 관계를 이루는 삶이 그 생태계를 형성하고 있다고 본다. 즉 일차 생산자인 초록식물은 광합성을 통해 클로로필의 도움으로 생체량을 생산해내고 소비자는 생산된 생체량을 소비하고 또 소비자는 여러 단계의 소비자를 관찰할 수 있다. 또 소비자들을 파괴하는 분해자가 있으며 재 생산자는 초록식물들의 번식을 가능하게 하는 토대를 다시 만들어 준다. 이러한 관계를 생태시스템의 순환과정에서 관찰해보면 다음 도표와 같다(표 1). 여러 가지의 군락과 물리적 환경으로 이루어진 자연계를 우리는 생태계라 한다. 이 생태계는 다시 지구의 전체 생활공간인 생물권으로 정립 된다(Kimmis, 1987). 생태계는 아주 다양하게 정의되어질 수 있다. 즉 벌채된 한 나무의 뿌리가 생태계일 수 있으며 나아가서는 전체 삼림이 생태계를 형성할 수 있다. 생태학적인 조사는 이미 언급한 대로 미생물로부터 생물까지의 단계적인 조사로부터 시작된다고 할 수 있다. 생태조사는 이러한 바탕 위에서 여러 가지 유기체들이 그들의 주위환경과 기능적 그리고 유기적으로 밀접한 관계를 유지하고 있는 사실을 파악해야한다. 집단이나 군락의 연구도 이와 마찬가지로 이루어진다고 할 수 있다. 이에 상응하면서 생태학은 문제점과 중요한 사실들을 연구하는 학문으로 발달되어왔다. 예를 들면 어떤 한 유기체가 그의 주변의 생물과 무생물과의 관계에서 어떠한 반응과 생활의 태도를 보이며 살아가고 있는지를 연구하는 것을 우리는 단위생태학(autoecology)이라 하며, 집단생태학(demecology)의 주요 연구 관심은 한 종의 발생과 영속적인 변화, 생산성, 또는 그 종의 분포 등등을 연구하는 학문이다. 예를 들면 삼림 수확론은 이 집단 생태학의 응용 부분이다. 이러한 기초지식의 바탕 위에서 동물학자들은 동물들을 주요 대상으로 연구 및 관찰을 하는

【표 1. 숲 생태계 순환 시스템】



동물생태학, 식물학자들의 관심사인 식물을 대상으로 한 식물생태학으로 발달을 하며, 또는 식물이나 동물의 집단을 대상으로 하는 집단생태학, 여러 가지 종으로 이루어진 군락을 이루고 있는 대상을 연구하는 군락생태학 등이 있다.

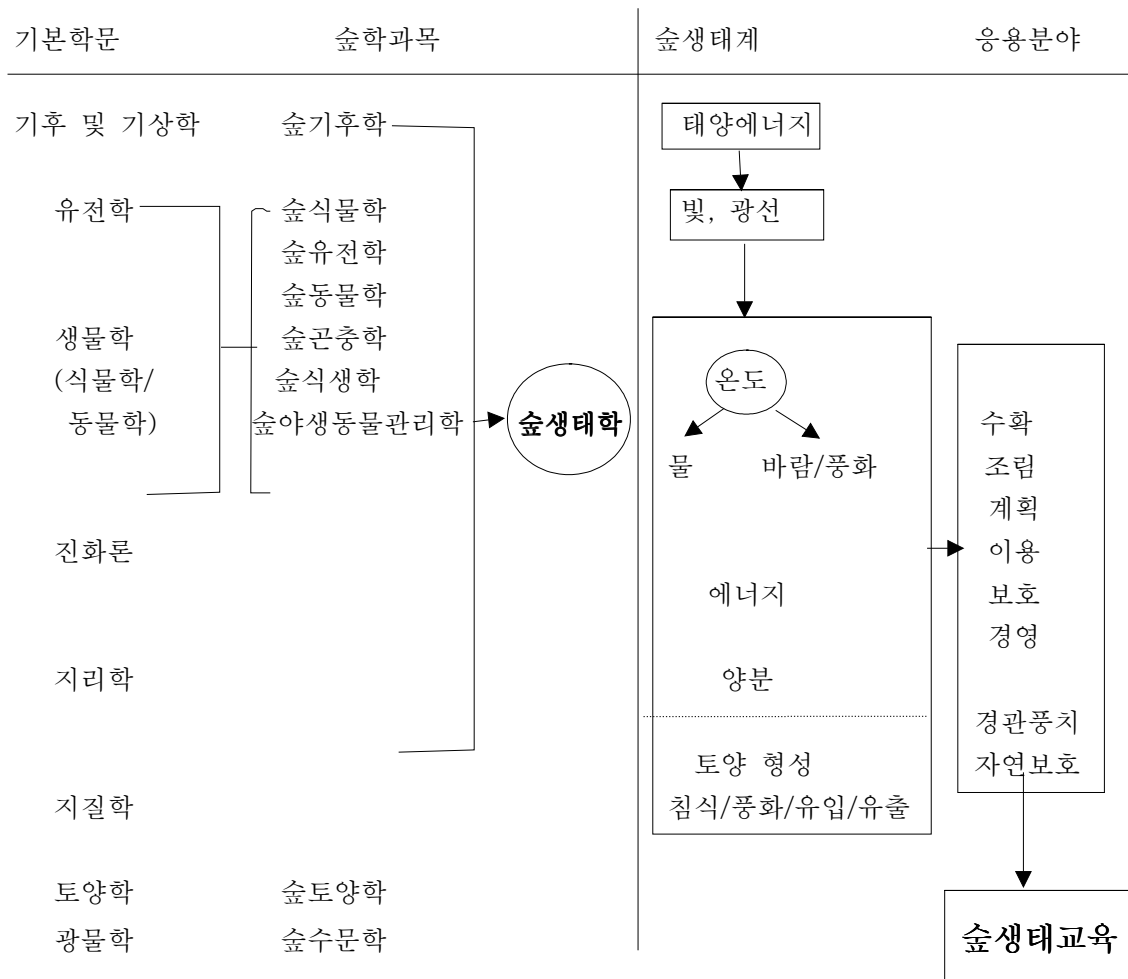
이 집단생태학과 군락생태학을 동시에 연구하는 생태학을 합성생태학(synecology)이라 한다. 또 유기체, 집단 그리고 군락들이 서로간의 인과관계를 연구하는 것을 우리는 생태계생태학(ecosystem-ecology)이라 한다. 생태계는 삼차원적 이고 그 크기의 제한이 없으며, 외부로부터의 정확한 경계를 지을 수 없다.

생태계는 다시 말해서 열역학적인 에너지와 물질 교환이 이루어지는 열려있는 시스템이다. 한 생태계의 사실상의 특성들을 나열해보면 다음과 같다.

1. 생태계는 생물과 무생물로부터의 요소로 이루어진 구조단위이다. 예를 들면 수목이나, 관목, 토양식물, 동물, 토양의 부엽토, 토양, 암석, 대기 그리고 기후의 순환과정 등으로 이루어진 단위를 말한다.
2. 생태계는 지속적으로 에너지가 그 시스템 안으로 흐르고 있는 기능단위이기도하다. 예를 들면 물의 순환, 식물물질의 파괴와 조성 등을 들 수 있다.
3. 생태계는 생명체나 그 집단 그리고 그 집단의 특성 등으로 다양하고 변화무상한 조직체로서의 복합적 단위이다.
4. 생태계는 또 서로의 유기체들이 서로 의존관계뿐만 아니라 적자생존의 관계를 유지하려고 부단히 노력하는 결과 때로는 생태계의 불균형을 초래할 수 있다. 그러므로 생태계를 불균형의 단위로도 파악된다.
5. 생태계는 시간적으로 변화하고 또한 일시적으로 변화하는 관계로 역학적 단위로도 이해된다.
6. 또 생태계는 공간적으로나 그리고 지속적인 에너지와 물질의 교환으로 인해 외부의 다른 공간과 다른 시스템과의 관계를 유지하고 있기 때문에 하나의 열린 단위로 이해되어지기도 한다. 모든 숲은 계속적으로 숲 스스로가 환경이나 그 속에 살고 있는 동식물의 변화에 조절을 할 수 있는 조직체로서 우리는 하나의 완벽한 생태계로 파악을 한다. 숲생태학(표 2) 은 이러한 관점에서 특별히 중요하다.

숲은 나무들로 이루어진 매우 동적인 생태계이다. 그러나 숲이라 말할 때 얼마나 많은 나무가 있어야 하는가? 세 그루의 나무만으로는 숲이라 표현하기가 어렵다. 이러한 소수의 나무들이 이루어진 곳을 우리는 숲이라 하지 않고 '수목집단' 이라 한다. 숲은 외부의 영향을 받지 않고 스스로의 기후를 형성하고 토양을 형성할 수 있는 능력을 지니고 있는 것을 의미한다. 나무와 토양과 대기사이의 감지할 수 있는 상호작용이 나무들로 이루어진 숲을 만든다. 숲 속의 온도와 숲 밖의 온도를 비교함으로써 쉽게 이해될 수 있다. 예를 들면 따뜻한 여름 농지

숲생태학의 배경



【표 2. 숲생태학의 배경】

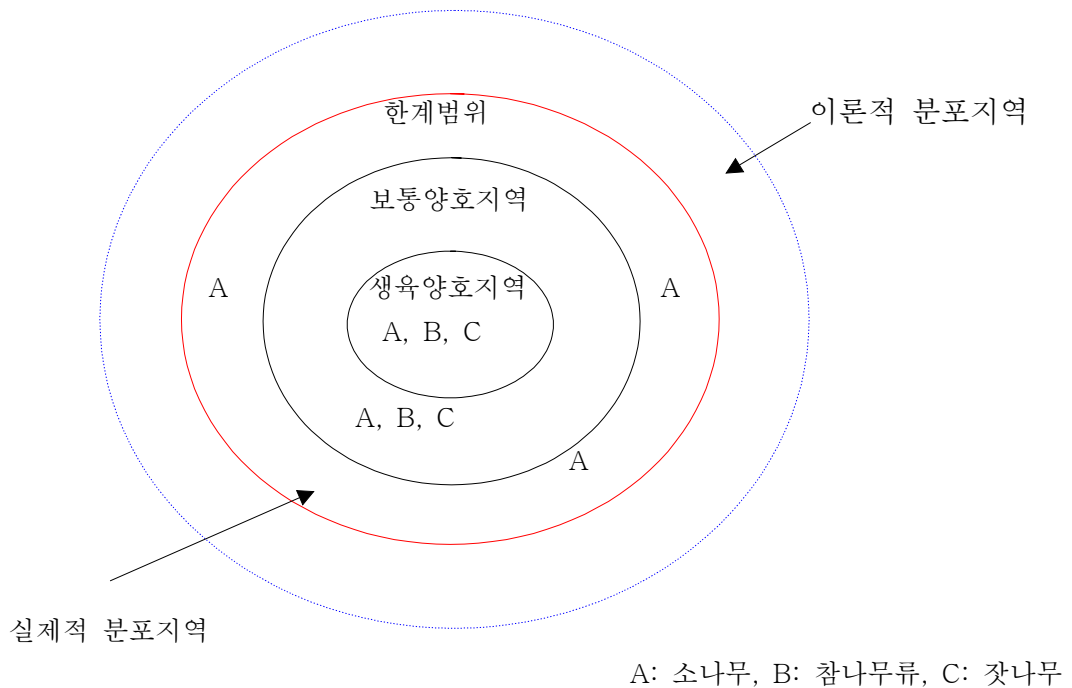
1m위에서의 온도와 숲 속 1m위의 온도의 차이를 측정해서 온도차이가 확연히 난다면 ‘숲’ 이라 할 수 있다. 숲이 지니고 있는 수자원함량의 의미는 숲이 단순히 물의 양을 높이는데 있는 것이 아니라 건강한 숲은 비나 눈으로부터 내리는 물의 오염을 방지해주고 있다. 거

주지나 산업용지에 물을 정화하기 위한 장치가 되어있음에도 불구하고 완전히 정화된 물을 공급받을 수 없다. 그러나 숲이 스스로 물을 정화하는 능력은 놀라울 정도로 이루어진다. 이처럼 숲에 대한 올바른 이해는 숲을 올바로 이해할 수 있는 초석이 된다. 생태적 균형을 이루는 시스템으로서의 건강한 숲을 유지하는 것은 특히 산업사회와 서비스산업 사회의 구조 속에 사는 우리에게 매우 중요한 것이다. 숲이 없다면 어떤 일들이 발생할 것인가에 대해 어느 정도 고민해보았을까? 숲이 없는 사회- 구태어 학문적인 접근을 하지 않아도 단순한 인류사를 돌아보면 그 결과는 어떤 것인가를 알 수 있지 않을까? 일찍이 문화와 역사가 융성한 민족은 숲의 황폐와 함께 역사의 뒤편으로 사라져갔다는 사실에서 숲이 주는 의미에 대해 오늘날 이용이니 개발이니 하는 논리적인 접근이 가지고 있는 위험성에 대해 한

번쯤 사색해 볼 필요가 있다. 숲은 총체적인 자연체험을 위한 교육의 장으로 그리고 자연체험을 통한 올바른 인성발달을 기대할 수 있는 적합한 곳이다. 왜냐하면 아주 다양한 모습으로 지역과 계절에 따라 전혀 다른 모습으로 관찰되어지며 또한 숲은 특히 어린이나 청소년들에게 식물과 동물이 살아가는 생활공간으로 뿐 아니라 생명체들이 서로서로 관계를 맺으며 살아가는 생활공동체에 대한 이해에서의 출발은 단순한 지식의 습득과 이해를 넘어 인성발달에 대단히 중요한 영향을 미치기 때문이다.

생태학(ecology)은 한 생물이 주위환경과의 관계 즉 다른 생물과 무생물과의 상호관계를 설명하는 학문이라 할 수 있다. 무생물의 환경 속에서 생명을 유지하고 존속시키기 위해 부단히 노력하는 가운데서 서로 경쟁과 협력관계를 맺거나 또는 특수한 환경에 적응해나가는 일련의 과정을 연구하는 학문이라 정의할 수 있다. 즉, 한 생물이 살아가는데 있어서 주위의 환경과 어떠한 관계를 맺으며 살아가는지를 밝히는 학문이라 할 수 있다. ecology란 단어의 어원을 살펴

보면 “집 혹은 가계”의 뜻을 갖는 그리스어의 oikos라는 단어와 “학문 또는 과학”이란 뜻을 지닌 logos의 합성어이다. Oikos란 단순한 공간적인 개념만을 의미하는 것이 아니다. 생활할 수 있는 공간 내에서 살아가는 생물들이 환경에 적응하는 방법을 터득해 나가는 과정에서 발생하는 다양한 현상들을 포함한다. 즉 생명체가 살아갈 수 있는 안식처를 뜻한다. forest ecology 란 숲이란 자연에서 일어나는 일련의 과정을 연구하는 학문이다. 숲이란 생태계는 지상의 다른 생태계와 비교했을 때 매우 동적이며, 다양성을 지니고 있다. 따라서 숲 생태계를 이해하기란 그 만큼 복잡하다. 숲 생태계의 특징은 무엇보다도 거대한 수목들이 주축을 이루어진 것이다. 이러한 수종들은 우선적으로 기후의 영향을 받으며 시시각각 다른 모습을 나타내게 된다. 아주 추운 시베리아의 숲은 추위에 잘 견디는 가문비나무나 자작나무들이 우점종으로 나타나게 되며, 열대림에서는 더위에 잘 적응한 열대우림의 활엽수종들이 우점을 점하고 있다. 우리가 살아 가고 있는 온대지역의 숲은 소나무나 신갈나무, 너도밤나무, 단풍나무 및 전나무나 구상나무 등이 기후에 영향을 받으며 서식하게 된다. 온대기후이지만 지리산이나 한라산의 고산지대에는 소나무나 신갈나무보다 추위에 잘 견디는 전나무나 구상나무가 숲의 주인이 되고, 반면 소나무는 빛이 매우 강하고 토양이 척박한 곳에 자리를 잡아 소나무 숲을 이룬다. 또한 북사면이나 계곡부위의 음지에는 서어나무나 까치박달 같은 나무가 우점하게 된다. 이처럼 나무들이 지역적인 기후에 따라 각기 달리 발달함으로써 특별한 생물들의 생활사가 성립이 된다. 즉, 소나무 숲이 많은 지역에는 무엇보다도 솔잎을 떠나서 살 수 없는 송충이나 솔잎혹파리가 많이 서식하게 되며, 참나무 류가 많은 지역에는 대형곤충인 시슴벌레 같은 동물들이 존재하게 된다. 이러한 시슴벌레 같은 동물들이 존재하기 위해서는 반드시 죽었거나 병들어 가는 나무들이 존재해야하며, 이들이 존재함으로써 이들을 먹이로 하는 딱따구리 등이 살 수 있다.



【그림 1. 수목이 생육할 수 있는 범위】

2. 읽기 자료

1) 생태학

생물학 중에서도 생명현상을 물리, 화학적으로 연구하는 생리학이나 생물이 자손에게 생물의 현상을 어떻게 유전하는가를 연구하는 유전학이나 생물의 진화를 다루는 진화학이나 생물의 행동을 다루는 행동학은 분명히 생태학과는 다른 독특한 연구대상이 있다. 생태학은 온전한 생명을 가진 생물의 개체가 지구의 환경 속에서 어떻게 생명을 유한한 것으로부터 무한한 것으로 유지 보존하는가 하는 개체, 가족, 사회 및 군집의 발달 원리를 연구하는 것이다.

그렇기 때문에 생태학에서는 생물과 환경이 어떻게 형성되는가가 무엇보다도 중요하다. 생물의 환경을 단순히 주체가 되는 생물에 영향을 미치는 주위의 생물요인과 비생물 요인을 통틀어 말한다는 환경의 정의만으로 부족하다. 왜냐하면 생물은 살아 생활하는데 동적인 환경을 표현하지 못하고 정적인 표현이기 때문이다.

생태학에서는 한 생물 개체(organism)보다 작은 범주인 유전자 - 세포 - 기관을 연구하는 생물학의 다른 분야와는 달리 개체 이상의 큰 범주에서 생명현상을 탐구한다. 개체는 소나무 각 한 그루, 멧토끼 각 한 마리 등을 의미한다. 그리고 개체는 일반적으로 홀로 살지 않는다. 즉, 한 지역에 있는 소나무, 멧토끼 등은 같은 소나무끼리, 같은 멧토끼끼리 한 무리, 즉 개체군(population)을 이룬다.

그러면서도 개체군은 다른 개체군과 함께 살고 있다. 즉, 소나무개체군은 꽃머느리밥풀개체군과 같이 살고 있고, 멧토끼개체군은 청설모개체군과 함께 살고 있다. 이렇게 여러 다른 개체군들은 다시 군집(community)을 이룬다. 소나무개체군과 신갈나무개체군 등은 서로 모여서 식물군집을 이루고, 멧토끼개체군과 청설모개체군 등은 동물군집을 형성한다. 그리고 각 생물군집을 한데 묶고 여기에 외부의 환경요소를 관련지으면, 이것은 통틀어 생태계(ecosystem)가 된다.

그러면 생태학은 과연 생물의 무엇으로부터 연구를 시작해야 하는 것일까? 생물의 개체, 개체군, 사회, 군집, 생태계 일 것이라고 생각할지 모르나 그렇지 않다. 생태학은 어떤 한 생물이 내 것과 네 것을 인식하면서부터 시작된다. 생물이 자기(self)와 비자기(nonsel)를 구별하여 인식해야만 생물과 환경이 존재하고 그 상호작용이 시작되는 것이다. 그러므로 생물이 자기와 비자기를 분명하고 확실하게 구별할 수 있을 때 비로소 생물의 생태현상이 나타나기 시작하는 것이다. 이때부터 생태학의 연구가 시작되어야만 하는 것이다.

결론으로 생태학은 개체 수준에서, 개체군 수준에서, 군집 수준에서, 생태계 수준에서 한 생물종과 같은 생물종이나 다른 생물종과의 상호관계와 생물과 환경과의 상호작용을 모두 다룬다. 생태학은 자연세계의 경제학이요, 사회학이다. 경제학은 물질 순환과 에너지 흐름의 측면에서이요, 사회학은 생물과 생물과의 상호작용의 측면에서이다.

2) 생태학의 유래

생태학의 학문적인 기원은 생물학에서부터 시작된다. 다만 생태학이 언제부터 생물학의 한 학문분야로서 독립되어 발전되었는가가 관심의 초점인 것이다. 인간은 이 세상에 생물이 태어나면서부터 생태학에 의존하여 살아온 것에 틀림 없다. 원시사회에 살던 인간은 각자가 살기 위해 알맞은 짝을 찾아 집을 짓고 아들딸 낳고 가족을 거느리고 먹고 입고

살아가려면 자기 몸과 자기 식구를 알고 자기 주위에 있는 동, 식물을 비롯하여 무기 환경을 정확히 파악해야만 했을 것이다. 그러나 이 시대에는 생태학을 자연으로부터 직접 체험하여 배웠을 것이라고 생각된다.

인류의 문명은 인류가 불과 도구를 사용하여 환경을 변화시킬 때부터 급속도로 발전하기 시작한 것으로 예측하고 있다. 발전되어 가는 문명의 환경을 후손에게 넘겨주려면 생태학이 계속적으로 발전하여야 할 것이다. 히포크라테스, 아리스토텔레스를 위시하여 희랍시대의 다른 철학자들도 생태학적 소재의 내용을 다루었다. 그러나 생태학이라는 용어를 사용하지 않았을 뿐이었다.

생태학이라는 용어는 19세기 후반부터 사용하기 시작하였다. 독일의 Thoreau(1858)는 편지내용에서 정의 없이 ecology라는 말을 사용하였고, Haeckel(1869)이 처음으로 ecology는 유기적 환경과 무기적 환경에 대한 동물의 총체적인 관계를 취급하는 학문이라고 정의하였다. 이때부터 생태학이라는 용어가 명확히 정의되어 사용되기 시작하였다.

Graunt(1662)는 인간의 개체군을 연령구조, 성비, 사망률, 출생률 등을 정량적으로 측정하는 방법을 제시하고 런던의 잠재적 인구성장을 평가하여 64년 후에는 2배로 증가한다는 것을 예측하였다. Malthus(1798)는 인구론에서 생물의 개체수는 기하급수적으로 증가할 수 있으나 식량공급은 산술급수적으로 이보다도 빠르게 증가할 수 없다고 하였다.

Humbolt(1805)는 식물지리에 관한 논문에서 비생물환경과 식물분포 및 식물군집과의 관계를 다루었다. Darwin(1859)의 종의 기원도 생태학의 연구에서 빼놓을 수 없는 이론이다. 이들은 생태학이라는 말은 사용하지 않았으나 Haeckel로 하여금 생태학을 정립하도록 터전을 마련해 준 것이다.

Warming(1895)은 식물군집의 형성원인을 밝히고 Plantesamfund 리는 식물 생태학을 세계에서 처음으로 출판하였다. 그 이후 Du Rietz(1921), Braun-Blanquet(1928), Trmsley(1923), Clements(1924)등은 각각 식물생태학의 저서를 냈고 Pearse(1926), Elton(1927), Shelfold (1929) 등은 동물생태학의 저서를 출판하여 생태학의 발전에 기여하였다.

그 후 식물, 동물, 미생물, 인간 등을 연구대상으로 하는 많은 종류의 생태학이 난립하였으나 일반 생태학으로 통합한 것은 Odum(1953)의 Fundamentals of Ecology 와 Clarke(1954)의 Element of Ecology가 그 효시라고 볼 수 있다. 그리하여 오늘날과 같은 생태학이 이 지구상의 인간에게 학문으로서 자리를 굳히게 된 것이다.

3) 생태학의 영역

생물학이 물리학이나 화학과 다른 점은 생명을 연구하는 과학이라는 점이다. 그러므로 생물학에 속하는 생태학은 생명과학으로서 이 지구상에 존재하는 모든 생물과 환경 간에 생명이 항상 유지 보존할 수 있는 상호관계의 다양성을 갖는 생명현상에서 일양성의 원리를 연구하는 것이다.

그러면 생물학의 분과로 미생물학, 식물학, 동물학, 인간생물학, 조류학, 원생동물학, 균류학, 곤충학, 무척추동물학, 척추동물학, 고등식물학, 분류학, 해부학, 형태학, 발생학, 세포학, 조직학, 유전학, 생리학, 생화학, 진화학, 행동생물학, 분자생물학, 양자생물학, 생물 물리학 등과 구별되는 생태학의 영역은 생물의 개체, 가족, 개체군, 군집, 생태계의 형태, 기능, 발달, 조절, 적응을 연구하는 학문이다.

지구상에 살고 있는 모든 생물이 포함되는 계를 생물권 혹은 생태권이라고 부르며 지구상의 모든 생물과 물리, 화학

적 환경과 상호관계를 가지면서 태양으로부터 복사되어 들어오는 빛에너지와 우주공간으로 방열하는 매체로서 항상성을 유지하는 계를 이루고 있다.

생태학은 유전자나 세포와 같은 하위수준의 특성을 아는 것만으로 상위 수준의 기관과 개체수준의 전반에 관한 문제를 알 수 없는 것과 같이 생태학의 특성은 개체군에 관한 지식만으로는 알 수 없으며 부분인 개체와 함께 전체인 개체군에 관해서도 연구되지 않으면 안 된다는 것이다. 이것을 통합수준의 논리라고 한다.(Feibleman, 1954) 생명현상에 있어서 기능의 복합은 구조의 복잡성의 증가와는 별개의 속성을 갖는다는 것이다.

물질의 대사 작용은 세포에서 일어나지만 개체의 생활과 세포의 생활은 구별된다. 암수가 선택하여 이룩한 생태적 한 쌍은 유전적 개체군인 자식을 낳아 가족을 만든다. 이것은 개체가 하지 못하는 생명의 고정성을 발달성으로 바꾸고 유연성을 영원성으로 바꿔게 하는 개체군의 특성이다. 암수 상호간에 이루어지는 보다 나은 유전형질의 선택은 자식대에 발현되어 아버지보다 발달된 자식을 낳고 개체군을 진화시키려는 아버지의 자연선택으로 자연적 유전자 조작에 의해 일어나는 유전자 재조합의 현상이다.

가정은 단순히 사는 집으로의 환경만이 아니라 먹고 사는 생물의 경제생활의 단위이며 먹고 사는 법을 배우는 생태적 단위이다. 가정은 아버지, 어머니, 딸, 아들 등으로 구성되는 유전적 분류단계가 존재하여 생태적 부분은 분리될 수 있으나 유전적 자식 관계는 절대적 특성을 갖는다.

생태학은 개체생태학과 군집생태학으로 대별한다. 개체생태학에서 취급하는 생물학적 단위는 개체이고 군집생태학의 생물학적 단위는 군집이다. 고등 동물의 개체가 대뇌, 심장, 간, 근육, 소장, 대장 등의 기관이 있는 것과 같이 군집에는 초개체로서 녹색식물, 피식자, 포식자, 분해자를 가지고 있다. 따라서 군집에 무기 환경만 더하여 생각하면 생태계 생태학이 된다.

결국 이상에서 고찰하여 본 바와 같이 생명현상은 생물의 생활이 단위가 되어 발현되는 데 생활의 단위는 개체, 가정, 군집이다. 이것은 그 구조가 조직화된 일개의 단위로서 세포나 개체군에서는 볼 수 없는 새로운 특성을 구비하고 있다.

4) 생태계의 정의

생태계(ecosystem)란 일정한 지역에 사는 생물과 그 생물을 둘러싸고 있으면서 생물과 상호작용을 하는 물리적 환경의 총체이다. 즉, 어떤 지역의 모든 생물 (즉, 군집)이 물리적 환경(미생물적 환경)과 상호작용하며, 에너지의 흐름에 의해 시스템 속에서 뚜렷한 영양단계, 생물의 다양성 및 물질의 순환을 만들어내고 있는 하나의 시스템을 말한다.

예를 들면, 호수에 사는 동식물 및 미생물과 호수의 물, 호수 바닥의 암석과 저토를 모두 합한 호수 생태계를 생각할 수 있다. 이러한 생태계는 생물적 구성부분과 비생물적 구성부분으로 구성되어 있으며 생태학에 있어서 기본적인 기능 단위이다. 즉 생태학은 생태계를 연구하는 학문이라고 할 수 있는 것이다.

‘생태계’라는 용어는 1935년 영국의 생태학자인 A.G Tansley가 처음으로 사용하였으나, 생태계의 개념은 전혀 새로운 것이 아니었다. 역사를 거슬러 보면 생물과 환경의 단일체라는 개념이었음을 알 수 있는데 1800년대에 이르러야 체계적으로 다루어지기 시작하였다. 흥미롭게도 미국, 유럽, 소련의 생태 문헌에서 동시에 나타났다.

1877년 K. Mobius (독일)는 굴껍질에서의 생물군집을 'biocoensis'라 하였고, 미국의 S.A Fobes는 호수에 대한 글에서 'Microcosm'으로 적고 있다. 러시아의 개척자 V.V Dokuchaev와 그의 수제자 G.F Morozov 는 'biocoenosis'라는 용어로 표현하였는데 나중에 러시아의 생태학자들의 의해 'biogeocoenosis' 로 확대되었다.

20세기로 넘어오면서부터 생물학자들이 대기, 담수, 해양, 육상 등 어떤 환경을 연구하던 자연은 하나의 '계(system)'로서 작용한다는 생각을 하기 시작하였고 Bertalanffy등 (1950,1968)에 의해서 일반적인 계의 이론이 개발되면서부터 '생태계생태학(system ecology)' 이라는 분야가 발달되기 시작하였다.

생태계가 실제로 잘 알려진 물리적 것처럼 일반적인 계로서 어느 정도 작동할 것인가, 또 생태계가 생물처럼 스스로 구조화하는 능력이 있을 것인가 아닌가는 더 연구되어야 할 부분이며, 아직 논란의 여지가 있다.

생태계의 개념은 두 가지 이유에서 중요하다. 첫째는 여러 종류의 생물이 물리적 환경을 변화시키고 변화를 통해서 서로 영향을 미친다. 둘째, 지구의 생물을 유지시키는 주요한 기작인 에너지와 양분의 흐름에 의해 크게 영향을 받는다.

생태계는 3개의 기본적인 요소 즉 군집, 에너지의 흐름, 물질의 순환으로 되어 있다. 에너지의 흐름은 일반적으로, 즉 유입되는 태양에너지의 일부만이 군집에 의해 태양에너지보다 더 농축된 형태인 유기물로 되어 질이 높아지고 대부분은 열에너지로 되어 생태계의 외부로 빠져나간다.

에너지는 저장되거나 외부로 이동될 수 있으나 재사용될 수는 없다. 에너지와는 대조적으로 생물이 살아가는데 필요한 탄소, 질소, 인 등의 영양염류와 물은 계속하여 재사용될 수 있다. 영양염류의 재순환 효율과 유출입의 크기는 생태계의 유형에 따라 다르다.

모든 생태계는 심지어 생물권까지도 개방계이다. 즉, 한편으로는 에너지가 유입되고 한편으로는 유출된다. 유입 환경과 유출 환경의 정도는 변수에 따라 상당히 다른데, 예를 들면 생태계의 크기(생태계가 클수록 외부에 의존하는 정도가 적다), 대사활성정도(대사율이 높을수록 유입과 유출이 크다), 독립영양생물과 종속 영양생물의 균형(불균형할수록 평형을 이루기 위하여 외부에 의존한다), 계의 천이단계(새로이 생긴 계는 성숙한 계와는 다르다)에 따라서 다르다. 따라서 삼림이 울창한 큰 산맥은 작은 개울이나 도시보다는 유입, 유출 환경의 크기가 적다.

5) 생태계의 구조

생태계의 구조는 영양적인 면에서 보면, 생태계는 2층 구조로 되어 있는데, 상부 독립영양층으로 'green belt'라고도 불리며 엽록소를 함유하고 광에너지를 이용하여 간단한 유기물을 합성하는 층과 하부 독립영양층으로 'blown belt'라고도 불리는 토양과 저토로, 분해되는 물질, 뿌리 등으로 복잡한 물질을 분해하고 이용, 재배치하는 층이다.

육상이나 담수, 해양이나 인공적인 농경 생태계이거나 생태계의 공통적인 특징의 하나는 독립영양생물과 종속영양생물간의 상호작용을 한다는 것이다. 이러한 생물들은 부분적으로 공간적으로 분리되어 있는데 대부분의 독립영양생물은 광에너지를 얻을 수 있는 상부의 'green belt'층에서 나타나고, 종속영양생물은 유기물질이 축적되는 하부의 'blown belt' 층에서 나타난다.

또한 기본적인 기능은 시간적으로 분리되어 나타나는데 독립 영양생물의 산물이 종속영양생물에 이용되는 데는 상당

한 시간이 걸릴 수 있다. 예를 들면, 광합성은 주로 삼림 생태계의 수관에서 일어나는데 광합성 산물 중의 극히 일부 분만이 식물과 초식동물 및 낙엽을 먹고 사는 기생자에게 즉시 그리고 직접 이용될 뿐이다. 잎, 뿌리와 씨에 저장된 합성산물의 대부분은 직접 소비되지 않고, 결국에는 유체와 낙엽으로 되어 토양에 떨어진다. 떨어진 낙엽이 전부 이용 되려면 몇 주 몇 달 또는 몇 년 몇 십년이 걸릴 수도 있다.

생태계를 생물학적인 측면에서 생태계의 구성요소로서 인식할 수 있다. 1)물질순환에 관여하는 C, N, CO₂, H₂O 등의 무기물, 2)생물과 무생물을 연결하는 단백질, 탄수화물, 지방, 부식물질 등의 유기물, 3)공기, 물, 기후 및 그 외의 물리적 요인, 4)독립 영양생물- 간단한 무기물로부터 식량을 생산해 낼 수 있는 생산자로 주로 녹색식물이 이에 속한다. 5) 다른 생물이나 유기물을 섭취하는 종속영양생물 또는 거대소비자 - 주로 동물이 이에 속한다, 6)사체를 분해시키거나 다른 생물 또는 식물로부터 유기물을 취하여 에너지를 얻는 분해자 또는 미세소비자-세균이나 곰팡이 종류 등-가 생태계를 이룬다.

분해자는 무기물을 분비하거나 생산자가 이용할 수 있게 하거나 소비자가 섭취할 먹이를 공급하거나, 생태계의 다른 생물들을 자극하거나 생장을 저해하는 호르몬 같은 물질을 분비하기도 한다. Wiegner와 Owen (1971)은 이들 분해자를 생물을 섭취하는 생물분해자와 죽은 유기물을 섭취하는 부생물분해자의 두 가지로 분류하였다.

일반적으로 생태계의 생물과 무생물은 서로 얽히고 얽혀 자연을 형성하므로 기능적으로 분리하기가 어렵고, 생물과 비생물의 기능적 구분은 뚜렷하지 않다. 탄소, 질소, 인과 같은 대부분의 주요원소와 탄수화물, 단백질, 지방 등의 유기 화합물은 생물의 체내와 체외에서 발견될 뿐만 아니라, 생물과 무생물 사이를 끊임없이 흐르고 있다. 그러나 몇가지 물질을 무생물 상태로만 나타낸다.

예를 들면, 고 에너지 저장물질인 ATP(Adenosine Triphosphasubstance) 은 세포내에서는 전혀 발견되지 않으나 모든 생태계의 주요 특징적인 성분이다. 유전물질인 DNA와 엽록소 같은 다른 주요 생물적 복합체는 생물체 내외에서 모두 발견되기는 하나 세포 밖에서는 활성이 없다.

생산자, 소비자, 분해자의 세가지 생물적 성분은 영양을 취하는 유형과 이용하는 에너지원에 따라 3개의 계로 나누어 생각할 수 있다. 이러한 생태적 범주는 분류적 계와 혼동해서는 안 된다. 3가지 영양유형이 모두 나타나는 곳은 Monera와 Protista이나 3개의 상위까지 즉, 식물, 균류, 동물은 각각 생산자, 분해자, 소비자이다. 생태적 분류는 종의 분류라기보다는 기능적 분류이다. 어떤 종은 이 계열의 중간단계이기도 하고 어떤 종은 환경에 따라 영양유형이 달라 지기도 한다.

소비자들은 주로 넓은 의미의 '동물'들이나 형태적으로 먹이를 찾을 수 있도록 적응하여, 소화기관, 호흡기관뿐 아니라 감각, 신경기관이 발달해 있다. 미세 소비자들은 때때로 소비자라고 불리는데 최근의 연구에 의하면 일부 생태계에서는 유기물의 분해에 세균이나 균류보다 동물이 더욱 중요함을 보고하고 있다. 결과적으로 특정한 생물을 '분해자'라고 지칭하는 것보다 '분해'라는 과정은 모든 생물과 비생물적 과정이 함께 관여하는 과정이라고 생각하는 것이 타당하다.

6) 생태계의 유형

해양 생태계

표영성 대양 pelagic ocean

대륙붕의 물 (연해의 물)

용승지역 (생산적인 수단으로 비옥한 지역)

깊은 바다 (열수분출)

강어귀 (연안의 만, 내포, 강어귀, 개펄)

담수 생태계

정수 (멈춘 물) : 호소와 연못

유수 (흐르는 물) : 강과 개천

습지 : 소택지와 늪지 삼림

육상 생물군계

툰드라 : 극지와 고산

북부 침엽수림

온대 낙엽수림

온대 초원

열대 초원과 사바나

채퍼렐 : 겨울 우기, 여름 건기 지역

사막 : 초본류 및 관목

반상록 열대림 : 뚜렷한 우기와 건기

상록 열대우림

길들여진 생태계

도시 - 공업 기술 생태계 (대도시 지구)

농촌 기술 생태계 (수송 도로, 작은 읍, 공장들)

농경생태계

7) 세계 숲 생태계

삼림의 발달을 허용하는 온도 범위는 아주 넓기 때문에 남북을 따라 일련의 여러 가지 삼림 형태가 줄지어 있다. 수

분은 벼과 식물보다는 나무에 더 결정적인 역할을 한다. 하지만 삼림은 건조한 상태에서부터 극도로 습한 상태에까지 꽤 넓은 습도 범위를 가진다.

남북을 따라 뚜렷이 나타나는 세 가지의 삼림 형태 중

첫째로, 가장 북쪽 삼림은 툰드라 바로 남쪽지대를 이룬다. 여기는 가문비나무속 (Picea)과 전나무속 (Abias)의 상록 침엽수가 대표적으로 나타난다. 이 지역은 종다양성이 매우 낮아서 종종 하나 또는 두 종의 나무들이 단순림을 이룬다. 둘째로, 낙엽성 삼림은 보다 남쪽의 습도와 온도가 높은 지역의 특성을 보여준다. 이 삼림들은 뚜렷한 성층현상과 보다 큰 다양성을 가지고 있다. 종종 천이 단계로서 소나무 속 식물들이 북부 침엽수림과 온대 낙엽수림 지역에서 발견된다.

세 번째의 삼림 형태인 열대삼림은 1년 내내 고른 분포의 강우량이 풍부한 상록활엽 열대림에서부터 건기 동안 낙엽이 지는 열대 낙엽수림의 범위를 포함한다. 특히 두 가지의 생활형, 즉 열대성 덩굴식물과 착생식물(공기식물)은 열대 삼림을 특징짓는다. 적은 수의 이 생활형 몇몇 종은 북부 삼림에서도 발견되지만 오직 열대에서만 뚜렷한 생물학적 구조를 형성한다.

열대우림에서는 동물과 식물종의 다양성이 높다. 유럽의 전체 식물군과 동물군보다 열대우림지의 수 에이커 면적에 더 많은 식물과 동물종들이 있다. 앞에 대한 새로운 목재 생산의 비가 열대 우림에서는 약 1:1로서 온대에서의 1:6과 비교된다고 조르단(1971)은 지적했다.

이것은 열대성 나무들이 순생산을 목질부보다 잎에 더 많이 저장한다는 것을 의미한다. 따라서 열대지방에서는 온대 지방에 비해서 연간 낙엽량은 더 많고 단위건량당 잎의 에너지 함량은 더 낮다.

열대우림은 삼림 생체량 내부에 다양한 상리공생과 재순환 기작을 발달시켜 영양분이 부족한 토양에서도 번성할 수 있다. 따라서 삼림이 제거될 때는 이러한 적응 기작들이 파괴되어 토양은 매우 빈약한 경작지나 초지로 바뀌게 된다.

채퍼렐은 겨울 우기와 여름 건조기가 있는 지역에 나타나는데 자연적으로 불이 일어나기 쉬운 환경이어서 불에 적응되어 있는 화재형이다. 이런 종류의 난쟁이 숲은 지중해 지역에서는 마키관목지대가, 오스트레일리아에서는 말리관목 지대가 알려져 있다. 건조한 기후의 난쟁이숲 형태에는 미국 서부 산악지대의 낮은 고도에 있는 피넨-쥬니퍼와 아프리카의 열대가시관목이 포함된다.

대조적으로 북부 캘리포니아로부터 워싱턴까지 해안을 따라 있는 온대우림은 습기가 풍부한 곳에서 발생한다. 온대우림은 열대우림만큼 큰 종 다양성을 가지고 있지 않다. 그러나 개별 수목들은 더 크고 전체 목재 부피도 더 크다. 캘리포니아산 아메리카 삼나무숲은 이 삼림 형태의 변형이다.

기후 및 지층에 따른 삼림 형태를 관찰하기에 좋은 것은 미국의 그레이트 스모키 산맥 국립공원으로 캐롤라이나 주와 테네시 주 경계를 따라 위치한다. 고도의 변화가 남북을 따라 온도 경사를 일으킨다. 반면에 골짜기와 산등성이의 지세는 주어진 고도에서 습도 경사를 만든다. 5월과 6월 초에는 그 경사를 따라 식생의 양상이 가장 두드러지게 달라진다. 그러나 삼림이 지형과 기후에 적응하는 것을 1년 내내 명백하게 나타난다.

스모키의 삼림은 낮은 고도의 건조하고 따뜻한 경사면에 있는 개활지의 떡갈나무와 남쪽 소나무 임분에서부터 축고 습한 정상부에 있는 가문비나무와 전나무들이 있는 북쪽 침엽수림까지의 범위를 가진다. 남부 소나무 임분은 노출된

산 능선을 따라 뻗어 있고, 북부 솔송나무숲은 습기와 국지적인 기후 조건이 고위도 지방과 비슷한 후미진 골짜기 아래에 뻗어 있다. 온도 경사에서는 대략 중간 정도에 위치하며 움푹 들어가서 보호되는 곳에서 수목의 최대 다양성이 나타난다.

스모키의 높고 노출된 경사면 일부가 나무 대신에 상록성 철쭉 덩굴이나 벼과 식물로 덮여 있는 이유는 적절히 설명되지 않고 있다. 이들 왜소관목림 부분은 고산 툰드라가 아니다. 왜냐하면 고도가 실제 수목이 없을 만큼 충분히 높지 않기 때문이다. 그것이 나타난 원래 이유가 무엇이든지 관목 군집은 이제 아주 잘 자리를 잡아서 삼림의 침입에 저항한다.

이러한 상황에서 우리는 군집내의 식물 개체뿐 아니라 전체 군집이 서로 어떻게 경쟁하고 있는지 관찰할 수 있다. 그 최종 결과는 불이나 폭풍 같은 교란이 균형을 깨뜨리고 두 생태계 중 어느 쪽에 유리하게 작용하느냐에 달려 있다.

8) 생태학적 접근방법

지구를 인간과 자연, 예를 들면 인간 활동의 중요 부분인 경제계와 자원을 공급하는 자연 환경계로 나누어 설정하는 것은 지극히 인간 중심적 사고방식이다. 이 사고 방식이 가지고 있는 가장 핵심적인 문제점은 인간과 자연을 서로 분리시켜 놓고 자연이 인간에 유용한 것이 무엇인가만을 따지는 것이다.

이 사고 방식을 가장 잘 대변하는 논의에는, 인간을 중심에 놓고 '인간 활동이 자연에 미치는 영향'이나 또는 반대로 '자연이 인간 활동에 주는 제약' 등과 같은 것들이 있다. 그러나 인간과 자연을 대치시키지 않고 자연을 중심으로 생각해 볼 수도 있지 않을까?

자연을 하나의 계로 설정하는 일은 생태학에서 정립된 '생태계'의 개념을 도입하면 쉬워진다. 생태계란 어느 일정 장소 또는 지역을 다른 지역 또는 장소와 구별되도록 인위적으로 경계를 설정한 자연의 한 단위이다. 따라서 생물이 환경의 지배를 받으며 살아가는 모습을 이 단위를 기준으로 기술할 수 있다.

인위적 단위이기 때문에 관악산, 한라산, 한강 등 그 대상이 산, 강, 바다 등 자연이면 무엇이든 상관없다. 생태계의 규모 역시 인위적으로 결정할 수 있다. 집에서 애완용 물고기를 기르는 작은 어항도 하나의 생태계로 설정될 수 있고 육지, 바다, 지구 전체도 생태계로 설정될 수 있다.

그러나 생태계는 모두 환경과 생물이라는 요소로 구성되었다는 공통점을 가진다. 환경의 성격이나 생물의 종류와는 상관없다. 즉, 환경과 생물이 서로 작용하여 지금의 생태계를 있게 하였다는 인과론적 설명이 가능하도록 설정된 계이다. 또는 인과론적 설명이 가능하도록 환경과 생물이라는 구성 요소를 설정한 것이라고도 하겠다.

인간과 자연으로 이루어진 계와 자연의 생태계를 몇 가지 점에서 비교해 볼 수 있다. 자연계가 인간의 경제 활동 속으로 들어와 상품화되고 폐기물로 다시 자연에 버려진다. 경제 활동이 일어나는 경제계는 자연재를 이용하여 재화를 생산하고 이를 소비하며 폐기물을 버리는 일련의 흐름을 갖는다.

이 흐름을 추동하는 것은 금전(자본)으로서, 이윤이 남는 곳에 생산 활동(즉, 자연재의 사용)이 집중된다. 따라서 재화의 흐름은 금전으로 나타난다. 이에 비해 생태계에서는, 태양 에너지를 이용하여 기초 물질이 생산되고, 이를 동물들이 소비한다. 이 흐름을 추동하는 주체는 없다. 물질의 흐름은 에너지로 나타난다.

'인간과 자연의 계는 인간 중심적이다. 자연재 중에서 인간에게 유익한 자연재만이 소중하게 취급된다. 자연재는 인간에게 얼마만큼 이익을 주었는가에 따라 평가되는 것이다. 다시 말하면 인간이 중심에 있고 주위의 자연은 인간을 위해 기능하는 수단에 불과하다고 생각하는 것이다.

이에 비해 생태계에서는 인간이 특별한 위치에 놓이지 않는다. 인간 역시 수많은 생물중의 하나의 종으로 취급될 뿐이다. 생태계가 중심에 위치하고 인간은 그 주변부에 존재한다. 바로 이런 서로 다른 시각에서부터 개발론자와 자연보호론자 간의 논쟁이 시작된 것이다.

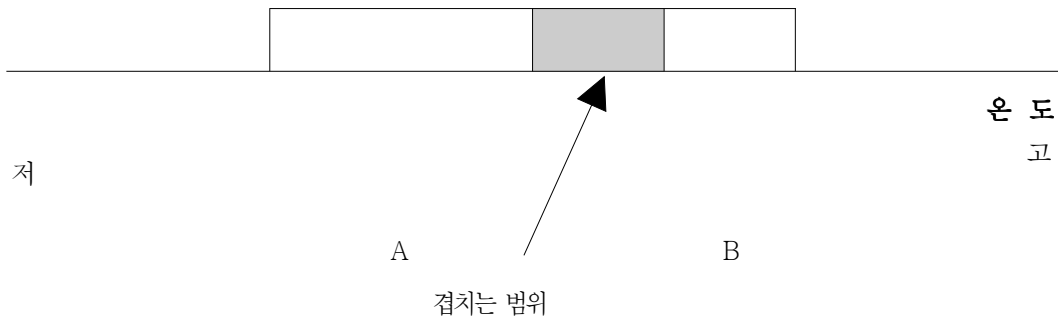
자연보호론자들은 경제계 내에서 자연재가 낭비되는 것을 비난한다. 개발론자들은 자연은 재화를 생산할 수 있는 자원을 무한히 공급하며 소비 과정에서 버려지는 폐기물 역시 무한히 처리할 수 있다는 가정아래서 생산과 소비활동을 전개하고 있기 때문이다.

따라서, 이윤을 남기기 위해 기능하는 경제계가 자연을 파괴하는 것은 너무도 당연하다. 자연은 가능한 한 있는 상태 그대로 두어 스스로 평형을 유지할 수 있도록 해 주어야 한다는 것이 자연 보호론자들의 주장이다.

4. 주변 환경상황에 따른 종 다양성

자연에서는 어느 특정한 종(種)만이 군림을 하면서 서식하는 것이 아니라 자연환경에 따라 아주 다양한 종들이 함께 살아간다. 이러한 과정에서 서로가 서로에게 영향을 미치며 삶의 공간을 넓혀가고 삶의 방법을 익혀간다. 의사소통이 서로 다른 종들 간에 도대체 어떻게 자리 매김을 하며 살아가는지 매우 궁금한 일이다.

모든 종들은 주어진 삶의 공간(Biotope) 안에서 그 환경조건을 최대한 이용하면서 적응해나간다. 그러한 종들의 적응과정을 거쳐 고유한 삶의 방식을 익혀 가는 과정이 형성이 되며, 이러한 현상을 생태적지위(ecological niche)라 한다. 삶의 공간을 살고 있는 거주지의 주소라고 표현한다면, 생태적 니체는 동물들이나 식물들이 그 공간 안에서 각자의 역할을 하면서 살아가는 직업이라 얘기할 수 있다. 생태계 내에서 어떤 일을 하며 살아가는가를 뜻한다. 즉 생태적 니체란 매우 광범위한 개념으로도 해석이 된다. 생물이 살아가는 물리적 환경뿐 아니라 생활공동체 내에서 어떤 역할을 하고 그리고 환경의 온도나 습도, 산도 그리고 토양이 서로 다른 경우에서의 생물들의 위치들도 포함한다. 생태적 니체란 크게 입지적 니체, 기후적 니체 그리고 공간적니체로 나누어 볼 수 있다. 따라서 한 생물의 생태적 니체란 그 생물이 어디에 사는 것을 의미하는 것 뿐 아니라 그 생물이 무엇을 하는지 그리고 다른 생물에게 어떠한 영향을 미치는지를 의미한다. 즉 니체란 한 생명체가 살아가는데 필요한 모든 생태적인 요구의 조합이라 할 수 있다.



1차원적 니체: A란 종은 신선하거나 온화한 기온에 잘 적응한 반면, B란 종은 따듯하거나 매우 따듯한 기후에 잘 적응했음을 뜻한다. 적당한 온도가 형성이 되는 영역(겹치는 범위)에서 두 종간의 니체가 형성이 된다.

2차원적 니체: A란 종은 아주 낮은 온도에 의해서 매우 높은 습도를 요구하는 지역에서 적응한 종이라면, B란 종은 보통 온화한 온도와 적합한 습도가 유지되는 지역에 잘 적응한 종이라 할 수 있다.

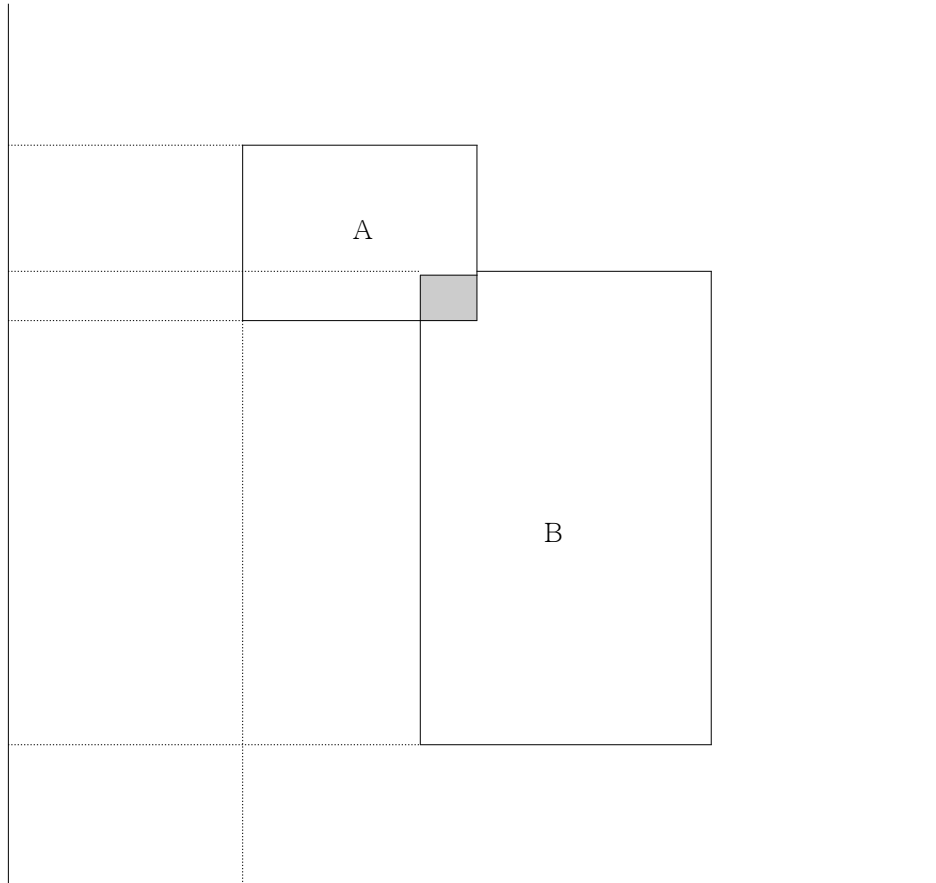
3차원적 니체: A란 종은 낮은 온도와 높은 습도 그리고 비교적 높은 양분이 있는 환경에 적응한 종이다. 양분부족에 B란 종보다 민감하게 반응을 한다고 볼 수 있다.

많은 생물들이 같은 생활권내에서 함께 살아가는 것이 보통이다. 특히 입지나 기후 그리고 공간이 생물들이 일반적으로

로 살아가기를 선호하는 장소에서는 많은 종들 간의 경쟁은 피할 수 없는 경우가 된다. 즉 양호한 생활환경에서의 종들 간의 경쟁이 시작된다. 따라서 많은 종들은 같은 생활공간 내에서 나름대로의 생존전략을 펼치면서 생활방식을 확보해가게 된다. 이러한 경쟁을 통한 화합의 과정으로 매우 다양한 양태로 생물들은 환경에 적응을 해나간다.

습도

고



온도

저

고

예1 : 공간적인 니체형성

숲에 사는 식물들은 여러 가지 다양한 수직적인 층을 형성해나가면서 삶의 방식을 익혀간다. 나뭇잎을 먹고사는 애벌레들 중 어떤 애벌레는 오래된 소나무의 나뭇잎만을 먹고사는가하면, 어떤 애벌레는 연한 솔잎만 먹고하는데 적응을 하게 된다. 이들 애벌레들은 경쟁을 피해 같은 공간에서 서로를 위협하지 않고 각자의 삶을 찾게 된다. 노루나 고라니는 어린 소나무나 침엽수의 겨울눈이나 초본류를 주로 먹고사는가 하면, 사슴은 나무의 껍질이나 사초류를 먹고산다.

예2 : 시간적인 니체형성

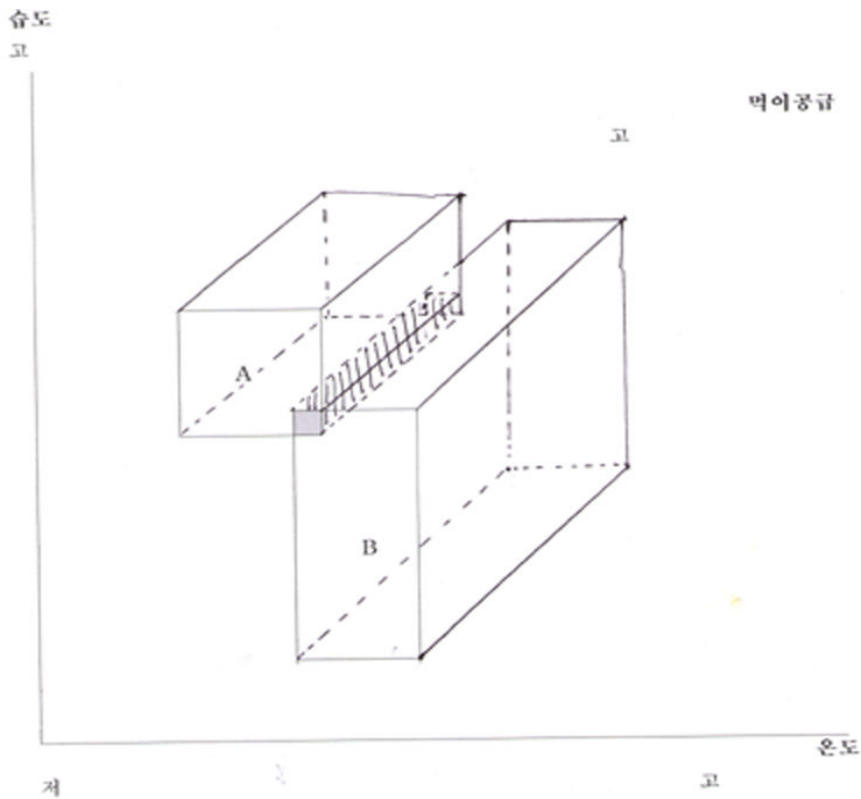
곤충을 유혹해서 수정을 하는 나무들은 꽃을 피우는 시간적인 차이를 나타낸다. 이런 봄에 꽃을 피우는 나무와 여름과 늦가을에 피우는 나무가 그 좋은 예가 된다.

예3 : 먹이섭취 니체형성

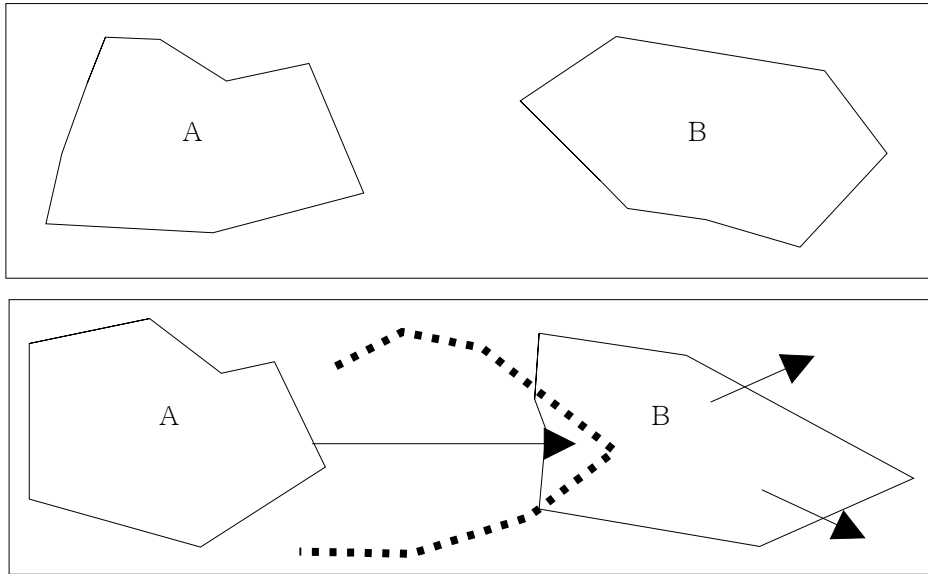
동물들은 먹이섭취과정에서 각자의 고유한 방법과 먹이섭취종류가 달리 나타난다. 어느 한 특정한 먹이만을 섭취할 수 있는 종인 monophag이 있는가 하면 다양한 종류의 먹이를 섭취할 수 있는 polyphag이 있다. 이 경우 monophag의 경우 멸종될 수 있는 확률이 polyphag보다 매우 높다. 왜냐하면 먹이로 하는 종류의 식물이나 동물이 사라지면 다른 먹이를 대체할 수 있는 능력이 없기 때문이다.

예4 : 종족번식 니체형성

먹이 공급이 매우 빈약할 때 특별한 곤충들은 매우 강한 종족번식의 본능을 나타내며, 먹이 공급이 양호하게 공급이 되어지는 곳의 다른 곤충보다 특별히 강인한 종족 번식을 나타낸다 할 수 있다. 물론 이러한 법칙성은 먹이자원이 충분하지 못하거나 집단의 개체수가 증가할 때 받아들일 수 있다. 이와 같은 경우에는 경쟁이란 피할 수 없는 경우가 된다. 물론 역으로 말하자면 충분한 먹이자원이 공급되는 경우에는 이러한 경쟁논리가 성립이 되지 않는다. 생태계가 불안정하면 할수록, 변량이 많으면 많을수록 많은 종들이 개입될 수 있는 기회가 증가한다.



- 니체형성과정



- ① A란 종의 양수와 B종인 음수가 이웃하고 있다. 이 경우 니체의 개념이 형성되지 않는다.
- ② 경쟁에 강한 A란 종은 그들의 니체를 확산시켜나간다. B란 종의 결과 B란 종의 니체의 입지가 점점 축소되어진다. 그림의 점선은 A란 종의 환경에 대한 적응력이 뛰어나다는 의미이다. B란 종은 새로운 환경을 찾아 확산된다.

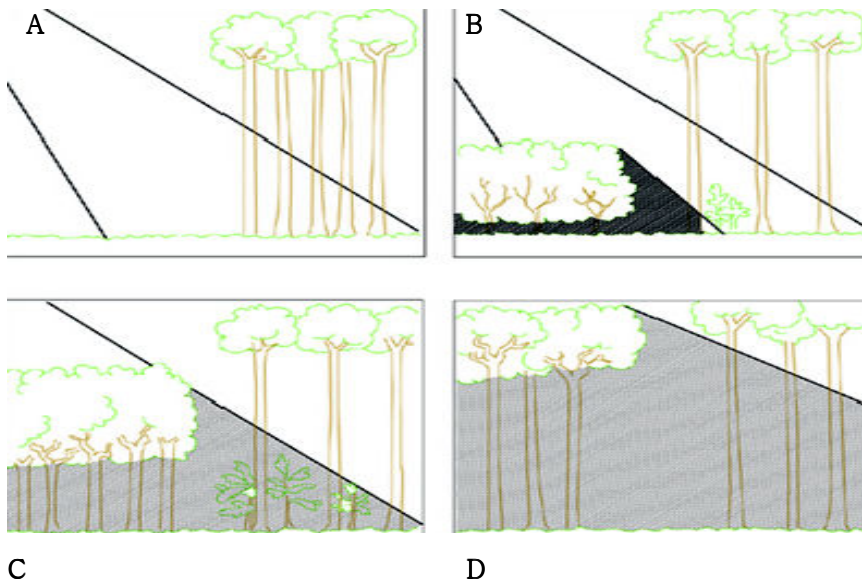
- 숲에서의 가변적인 니체상황

A: 빛이 스며드는 건조한 임분(金)

B: 참나무류 숲에서의 어린나무가 성장하면서 부분적으로 음지를 만들고 바람을 막아준다. 가장자리는 동시에 고온다습해진다. 양지쪽에는 소나무 천연갱신이 시작된다.

C: 어린 참나무류가 성장을 계속한다. 음지는 더욱 넓어지고 음지로 머무는 시간이 길어진다. 신선하고 습한 숲의 기후가 어린 소나무에 기생성 버섯이 성장하게 된다.

D: 신선한 음지는 더욱 확산된다. 어린 소나무들은 사라진다.



5. 숲 구조와 생태적 작용

- 현장교육 -

▶ 주제

- 숲의 수직적 및 수평적 구조
- 단층림, 다층림, 택벌림

▶ 장소

- 홍릉수목원

▶ 일시

- 2002년 월 일
- 1조 : 오전 10시~오후 1시
- 2조 : 오후 1시~오후 4시

건강한 숲이란 어떠한 상태를 말할까?

단순림과 혼효림 및 택벌림

"생태적 관점에서의 숲"이라 말 할 때 외부의 간섭이나 영향이 없이도 스스로 고유한 기후와 토양을 지속적으로 지탱해 나갈 수 있는 곳을 숲이라 한다. 즉, 생태적 관점에서의 숲이라 할 때 숲의 크기(면적)나 나무의 수를 놓고 얘기하는 것이 아니라 숲이 어떠한 수종으로 그리고 어떠한 구조로 되어있나 하는 것이다. 이는 매우 다양한 종(biodiversity)이 서식할 수 있는 근거가 되는 것이며, 안정적인 숲의 구조(stability of structure)가 유지될 수 있는 첫걸음인 것이다.

6. 분류학(Taxonomy)

1. 식물분류학의 목적

- ① 식물군을 동정하고, 명명하고, 기재하는 유용한 방법을 제공하고,
- ② 자연적 또는 적 유연관계를 반영하는 분류체계를 정립하고,
- ③ 식물군의 목록을 작성하고, 지역적 또는 대륙적 식물상을 밝히고,
- ④ 식물의 진화과정과 유연관계를 밝히고,
- ⑤ 생물학의 여러 분야의 증거를 수집하여 식물의 다양성과의 관계를 밝히며,
- ⑥ 궁극적으로는 우리가 살고 있는 세상에서 식물이 차지하는 소중한 역할을 이해하고 보전하며, 아껴 쓰는 지혜를 찾기 위함이다.

2. 식물의 명명과 학명

분류학에서 다루는 분류군이

- ① 신중으로 기재될 것인지,
- ② 유용한 종으로 취급될 것인지, 또는
- ③ 인식된 종의 이명으로 둘 것인지를 증거를 조사하는 일은 전적으로 분류학자의 책임이다. 생물군이 분류된 다음에는 이름이 주어지고, 고유한 계급단위가 부여되며, 분류학상으로 지속적 진전이 있게 된다. 국제식물학회의 규정에 따라서 식물군의 이름을 공적으로 결정하는 일을 식물명명(botanical nomenclature)이라 하고, 그 성문화된 규정을 국제식물명명규약(International Code of Botanical Nomenclature; ICBN)이라고 한다.

국제식물명명규약의 기본 원리는

- ① 식물의 명명과 분류에 있어서 안전성과 고정성을 도모하며,
- ② 주어진 분류계급의 분류군의 이름은 하나의 이름만 갖도록 확인하는데 목적을 둔다.
식물의 이름에 따라서 식물군 분류체계 상의 위치가 정해지므로 분류와 명명은 분리해서 다룰 수 없다.

1) 국제식물명명규약의 역사적 배경

- ① 식물 명명에 기초가 되는 규정 - 1737년(1751년 다시 한번) Linnaeus 제안
- ② 1813 de Candolle : 국제식물명명규약의 기초가 되는 명명절차 발표
- ③ 1866 de Candolle의 아들 : 명명규약 초안 - 제1회 국제식물학회 통과 - Paris Code(또는 de Candolle Rule) 탄생
- ④ 1930 : 국제적으로 공인된 명명절차로 표준화됨 - 4년마다 열리는 회의 때 소폭으로 수정이 가해지고 있다.

2) 식물명명규약의 원칙

- ① 식물명명규약은 동물명명규약과는 별도로 정한다.
- ② 명명의 적용은 명명기준에 따라서 결정한다.
- ③ 분류군의 명명은 출판의 선취권에 따른다.
- ④ 각 분류군의 옳은 이름은 단 하나 뿐이다. 성문으로 명시된 경우 이외에는 규약에 따라서 맨 먼저 정한 이름으로 한다.
- ⑤ 학명은 Latin어 또는 Latin어화 해야 한다.
- ⑥ 식물명명규약은 특별한 제한이 없는 한 소급력이 있다.

3) 분류군의 계급

분류 계급	Latin어(영어) : 약칭	학명의 어미	실례: 올벚나무
계	Regnum (Kingdom)		식물계 (Plantae)
아계	Subregnum (subkingdom)	-bionta	
문	Divisio (division)	-phyta	피자식물문 (Magnoliophyta)
아문	Subdivisio (subdivision)	-phytina	
강	Classis (class)	-opsida -atae	쌍자엽강 (Magnoliopsida)
아강	Subclassis (subclass)	-idae	장미아강 (Rosidae)
상목	Superordo (superorder)	-ae, -anae	
목	Ordo (order)	-ales	장미목 (Rosales)
아목	Subordo (suborder)	-ineae	장미아목 (Rosineae)
과	Familia (family)	-aceae	장미과 (Rosaceae)
아과	Subfamilia (subfamily)	-oideae	장미아과 (Rosoideae)
족	Tribus (tribe)	-eae	장미족 (Roseae)
아족	Subtribus (subtribe)	-inae	
속	Genus (genus)		벚나무속 (<i>Prunus</i>)
아속	Subgenus (subgenus)		귀룽나무아속 (<i>Padus</i>)
절	Sectio (section) : sect.		
아절	Subsectio (subsection) : subsect.		
열	Series (series) : ser.		
아열	Subseries (subseries) : subser.		
종	Species (species) : sp.		올벚나무 (<i>P. pendula</i>)
아종	Subspecies (subspecies) : subsp. or ssp.		
변종	Varietas (variety) : var.		
아변종	Subvarietas (subvariety) : subvar.		
품종	Forma (form) : for.		
아품종	Subforma (subform) : subfor.		
재배종	Cultivar (cultivar) : cv.		

【그림 1. 분류계급을 나타내는 수지도(A)와 평면도(B)】

4) 학명의 표기

- ① 종 이상의 분류군 이름은 한 단어로 된 일명법(uninomial)을 쓰고, 종명은 이명법(binomial)으로 표기하는데, 속명 다음에 종소명(species epithet)을 쓴다.
 종명 = 속명 + 종소명
- ② 속명은 명사단수주격이고 종소명은 형용사인데, 그 어미는 속명의性に 따라 달라지고(예: albus→남성, alba→여성, album→중성), 명사인 속명은 항상 대문자로 시작되고, 형용사인 종소명은 소문자로 시작한다. 따라서 종소명이 고유명사로부터 유래된 것이라 하더라도 소문자로 시작한다.
- ③ 종명은 italic체로 쓰거나 밑줄을 그어서 다른 단어와 구별한다.
- ④ 같은 학명이 반복되어 사용될 때에는 혼동을 초래하지 않는 한, 속명의 첫 자만으로 약(略)하여 사용할 수 있다(예: *P. alba*).
- ⑤ 종명 다음에 쓰는 명명자의 이름은 대문자로 시작하며, 正字로 쓰고, 밑줄은 긁지 않는다.
- ⑥ 종하 분류군 이름의 표기는 종명과 함께 계급의 순서대로 쓴다.
- ⑦ 잡종의 표기는 양친종의 종소명 사이에 '×'를 넣어서 쓴다(예: 떡갈참나무 *Quercus × mccormickii* Carruth.). 속간 잡종의 표기는 양친 속 사이에 '×'를 넣어서 쓰고, 새 종명이나 속명이 마련되었으면 그 앞에 '×'를 써서 중간 또는 속간 잡종임을 나타낸다(예: *Elymus × Hordeum = ×Elyhordeum*).

5) 기준법

- 6) 학명의 선취권과 유효 출판물
- 7) 학명의 변경
- 8) 명명자의 이름 인용
- 9) 학명의 보유와 선택
- 10) 재배종의 표기

학 명	지 방 명
장점: * 널리 국제적으로 인식된다(ICBN에 의하여 작성 되었으므로). * 단 하나씩이므로 안정성과 정확성을 기하기 쉽다. * 이름 안에 정보가 포함되어 있거나 예견적이다. * 이용면에서 생물학적으로 이용이 크다.	장점: * 기억하기 편리하고, 발음하기 좋고, 익숙하다. * 널리 보급되어 자주 사용된다. * 이름 안에 정보가 포함되어 있다(예: 삼지구엽초, 제주진득찰)
단점: * 기억하기 어렵고 발음이 불편하고 익숙하지 않다. * 널리 보급되지 않고, 극히 제한적으로 사용된다.	단점: * 국제적으로 인식되지 않는다. * 명명규약 없이 구전으로 전해져서 정비하기 어렵다. * 같은 이름이 여러 분류군에게 적용되고, 한 분류군에 여러 이름이 있어서 혼동되고, 정확성을 기하기 어렵다.

【표 2. 학명(scientific name)과 지방명(local name)의 비교】

5. 종의 개념

생물학은 종(species)의 인식에서 출발한다고 말해도 과언이 아니다. 그러나 아직도 ‘종이란 무엇인가?’라는 문제는 분류학에서뿐만 아니라, 모든 생물학자들이 공통으로 문제삼는 과제이다. 종의 개념을 간단히 설명하기란 어렵고, 시대에 따라 그 개념이 변해왔다. 종을 객관적으로 정의하려면, 아직도 선결해야 할 문제점들이 많이 남아있다. 그럼에도 불구하고 현대 생물학은 그같이 불분명하게 남아있는 종개념 위에 세워져 있기는 하지만 역시 발전을 계속하고 있다. 생물학은 생물을 구분하는 기본단위인 종을 인정하고, 그 바탕 위에 학문적 체계를 세우고 있다.

1) 인위적이고 추상적인 유명론적 종개념 : 자연은 개체를 생산할 뿐 그 이상은 아니다.

2) 원형을 중시하는 분류학적 종개념 :

- ① “생물의 자연 분류군은 무변이로 일반화된 패턴을 가지며, 이 패턴은 분류군 내의 모든 개체들이 공통적으로 갖는다.”
- ② “종이란 영구적으로 상호 격리되는 가장 작은 자연집단, 생물유형 계열의 뚜렷한 불연속성에 근거한 형태적 단위이다.”
- ③ “종이란 형질상태에 의해 상이점이 초래되는 전형질적 간격으로는 분리될 수 없는 생물군”

3) 생식격리에 기초한 생물학적 종개념 : “종이란 실제로 혹은 잠재적으로 교배(교잡)가 이루어지는 개체군의 자연집단이며, 이들 집단은 다른 집단과 생식적으로 격리되어 있다.”

종개념을 애매하게 하는 이유로는,

- ① 종간에 잡종의 생성,
- ② 종의 점진적 형성,
- ③ 이소적 집단에서의 유전자 흐름의 감소,
- ④ 자매종의 존재,
- ⑤ 무성생식

4) 진화역사분석에서 도출한 기본 진화단위의 계통적 또는 진화적 종개념 : “종은 유성생식 하는 생물의 가장 작은 단위로서, 최소한 하나의 표징형질을 가지는데, 그 단위 내에서는 개체들이 모두 표징형질을 가지지만, 모든 친척들의 개체들은 가지지 못한다.” “

5) 대안적 종개념 :

- ① “다른 진화노선과는 분리되고 고유한 생태적 지위를 갖고 진화하는 時空上的 노선(lineage)”

② "비슷한 생태적 지위를 나누고, 표현형이 비슷하고 상호교배 하는 집단의 무리들"

이와 같이 종개념이 다양한 것은 자연계에 널려있는 변이 패턴의 복잡성을 수렴하기 위해서도 필요하다. 결국 어떠한 종개념도 완전할 수는 없고, 학문의 발전과 더불어 새로운 모습으로 보완되어야 할 것이다.

6. 변이

식물 생활환의 복잡성과 다양성은 종과 동일종의 개체들 사이에서 흔히 관찰된다. 집단의 다양한 특징은 내적인 유전적 요소와 외적인 환경적 요소와의 상호작용을 반영하는 것이므로 개체와 집단의 변이를 비교 조사하는 과제는 진화학과 생분류학의 주관심사이다. 특히 식물의 진화를 이해하려면 우선 식물체의 변이분석을 면밀히 하는 것이 그 첫 걸음이다.

1) 개체 발달적 변이

- ① 발생상의 변이
- ② 환경상의 변이

2) 지리적 변이

식물은 분포지역에 따라서 온도, 강수량, 일조량, 토양의 보습력, 바람 등의 차이 때문에 변이가 생기는데, 물론 유전적인 요소도 가세한다. 식물의 지리적 변이가 환경적인지, 아니면 유전적인지를 조사하기 위하여 이식실험을 한다.

3) 유전적 변이

유전적 변이는 다음과 같이 두 가지 발원을 갖는데, ①돌연변이(mutation), ②유전자 흐름(gene flow)과 재조합(gene recombination)이 그것이다. 돌연변이는 유전물질의 변화를 통해 다음 대로 유전되며, 종에서는 변이의 발원처이고, 유전적 변이의 궁극적인 공급원이 된다.

- (1) 유전자 돌연변이 : nucleotides의 서열이 바뀌어서 유전자의 작용에 변화를 초래하는 현상을 말한다. 유전자 돌연변이의 빈도는 매우 낮은 편이고, 열성으로 작용하기 때문에 자연계에서는 쉽게 눈에 띄지 않지만, 그 집단에 대해서는 새로운 유전자의 궁극적인 자원이라는 관점에서 큰 의미가 있다.
- (2) 염색체 돌연변이 : 염색체의 ①배수체현상, ②이수체현상, ③구조적 변화 등등 때문에 일어난다. 염색체 자체의 구조적 변화를 일으키는 조건은 ①결실, ②중복, ③전좌, ④역위, ⑤교차 등이다. 이 같은 구조적 변화는 새로운 유전자의 생성은 비록 없으나, 고유한 유전자의 결합 및 배열, 또는 다른 연쇄군을 제공하는 작용에 기여한다

* 유전자 흐름 : 기존의 유전자가 번식집단 사이에서 유동하거나 교환함으로써 일어나는데, 이런 과정은 개체, 집단, 종 사이에서 타카수정에 의해 진행되어 자연 상태에서 일어나는 변이의 발원이 된다. 즉, 인접집단에서 종자나 화분으로 유입되어 그 집단의 개체와 교배하면, 돌연변이의 발원이 되어서 다양성의 새로운 자원이 된다.

돌연변이는 유전자 또는 염색체 일부의 작은 단위인 반면, 유전자 흐름은 최소한 기본염색체조 단위이므로 집단
의 유전자조합에 큰 영향을 끼칠 수 있다.

7. 진 화 학

1. 자연선택과 적응

1) 이데아의 역사

- ① 플라톤, 아리스토텔레스 ---약 2000년 동안 종의 불변--- 기독교 신학에 의해 강화
- ② Carl von Linne(스웨덴, 1707-1778) --- 1700년대까지 창조된 형태 그대로
- ③ 뷔퐁(Buffon, 프랑스, 1707-1788) : 1753년 천지창조에서 유래된 동물들 이외에 ‘자연에 의해 착상되고 시간에 의해 생성된’ 작은 집단들도 있다.
- ④ Lamarck(1744-1829) : 용불용설, 이 주장은 사람들을 설득하지 못함.-- 창조설

2) 다윈의 등장

- ① 섬 여행으로 영감 --- 영국으로 돌아와 지적 노력으로 완성
- ② 시골 소년 --- 농부들의 품종개량(인위선택) --- 이러한 선택이 자연에서.....
- ③ Thomas Malthus의 인구론(1798년 출판) --- 모든 종은 대단한 생식력을 갖고 있고 기아나 병에 의해 억제되지 않는다면 기하급수적으로 증가
- ④ 다윈의 일기(1838) : 그가 진화의 주요한 수수께끼를 풀고 있다는 것을 보여 줌. 진화의 메카니즘은 ‘자연선택’이라고 그는 말했다.
 - A. 대부분의 자연 개체군에는 개체들 사이에 변이가 존재
 - B. 변이 중 어떤 것은 유전
 - C. 개체군은 실제로 생존할 수 있는 것보다 더 많은 자손을 생산하는 경향
 - D. 환경에 가장 잘 적응하는 특성을 가진 개체는 덜 적응하는 특성을 가진 개체보다 더 잘 생존할 것이며 더 많은 새끼를 남길 것이다.
- ⑤ 1859년 “종의 기원(On The Origin of Species)”

3) 신중합설

- ① 다윈 이론 --- 생물학의 기초
- ② 그러나 당시 사람들에게 자연선택과 진화의 관계를 확신시키지 못함. 다윈 역시 자연선택의 메카니즘을 몰랐음.
- ③ 멘델 : 다윈의 딜레마를 해결

2. 소진화와 변화하는 대립유전자

- * Hardy-Weinberg law(하디-바인베르크 법칙) : 외적 요인이 작용하지 않는다면 유전자와 유전자형 빈도 모두 변하지 않고 평형을 이루게 됨.
- * 유전자재조합
- * 돌연변이 - 새로운 정보의 유입 ——— 다양성의 극대화
- * 유전자유입
- * 자연선택 - 안정화선택, 방향성선택, 분단성선택
- * 유전자부동(genetic drift) - 무작위적 변화, 개체군병목현상, 창시자효과

1) 인류의 유전적 미래에 대한 문제점

- ① 우리는 미래 인류 집단의 유전적 변이에 대한 철학적이고 도덕적인 문제에 당면
- ② 유전병인 유문협착증

3. 종분화

1) 종의 개념

2) 종분화의 메카니즘

- ① 이지역성(Allopatry)과 종분화
- ② 근지역성(Parapatry)과 종분화
- ③ 동소성(Sympatry)과 종분화

3) 생식적 격리 메카니즘

- ① 수정 전 장벽
- ② 수정 후 장벽

4) 진화의 양상

- ① 발산진화(적응방산)
- ② 수렴진화
- ③ 공동진화

5) 점진주의와 단속평형설

6) 멸종과 진화

7) 멸종과 인간

8. 야생 동물

■ 서론

최근 생물종 보전에 대한 공감대는 하나의 국가단위차원이건 지구차원이건 형성되어지고 있으나 아직도 개발위주의 경제논리와 보전목표와 전략적 개념의 부재 등으로 그 실효성을 충분히 확보하고 있지 못하다. 따라서 앞으로 우리가 해야 할 일은 보전의 대상이 무엇이고 그 가치를 어떻게 평가하며 보전의 우선순위는 무엇인가?, 무슨 이유로 어떻게 보전해야만 하는가? 등에 대한 해답을 찾는 것이다. 특히 인류의 생존과 지속적 개발에 긴요한 생물종 자원이 점차 멸종되거나 급격히 감소되고 있고, 현 상태의 심각한 보전문제를 신속히 치유하고 더욱 악화되는 것을 막기 위한 조치를 하려면 계획, 교육, 훈련, 조직개선, 연구측면에서 많은 시간이 걸린다는 사실과 지금까지의 보전능력이 조직화되어 있지 못하고 분산되어있어 노력이 중복되거나 공백이 생기고 또한 우선순위에 대한 갈등이 야기되었다는 생물종 보전문제의 시급성과 현실성을 감안할 때 이러한 접근은 더욱 강조되어야만 한다. 최근 25여년 간에 있어, 우리나라의 경제발전은 물질생활을 향유할 수 있는 단계에 왔지만 국민간에는 생활에서 진정한 풍요로움이 결여하였다는 사실에 불만의 목소리가 높다. 그 이유 중에 첫째로 생산 활동에 시간을 할애됨에 의한 여가의 부족이 있고, 둘째로 건전한 여가 활동의 장소가 될 수 있는 자연환경의 상실이 있다. 한편 경제발전의 과정에서 본래 친근한 전원적인 환경이 멀리 사라져 갔고, 자연미가 없는 삭막한 도시군의 형상에서 민족의 차세대인 사랑하는 어린이가 교육환경에서 성장되고 있다는 모습은 인격의 발달에도 민족의 위기라 할 수 있다. 그러므로 이러한 자연생태계 체험 학습과정을 통하여 생물을 대하는 경건함과 생물들이 자연의 일부분을 차지하고 인간과 함께 공존하고 있다는 사실, 그리고 자연의 신비로움과 경외감을 불어넣어 아름다운 지구를 가꾸는 참된 정신을 일깨우는데 있다고 할 수 있다.

한편 지구상에 생물이 출현한 약 35억 년 전부터 현재까지 산호, 어류, 갯나리 등 일부 종을 제외하고 대부분의 생물종이 감소되었으며, 단지 화석에 의해서만 당시에 생존했던 생물들을 알 수 있을 뿐이다. 이와 같은 종의 감소 혹은 멸종의 속도는 인구증가, 문명의 발달 등과 함께 가속화되기 시작하여 1900년부터 1960년대까지 매 4년에 약 75종의 생물을 인간이 멸종시켰으며, 1970년 이래 인구와 인간의 욕구의 증가는 자연환경에 보다 큰 영향을 주어 멸종속도를 더욱 빠르게 함으로써 금세기 마지막 분기에는 매년 40,000종 또는 매년 100종이 멸종하는 속도로 진행하여 1980년대 후반에 이르러는 매시간 1종씩 지구상에서 사라진다는 것이다. 야생동물을 보호하기 위해서는 특정종의 자생지는 물론 그 개체군의 크기, 활동범위, 먹이연쇄의 위치 등 조사범위와 기간이 광범위하다. 그러나 동물은 다행히도 인간의 영향에 대해서 다른 지역으로 이동하는 등 일시적인 방어조치를 할 수 있다. 자연환경이 파괴됨에 따라 야생동물이 급격히 감소하고 있어 종의 감소속도는 새로운 종의 출현속도를 훨씬 앞지르고 있다. 희귀하거나 그 수가 감소하고 있는 종들은 교배 및 개체군의 감소로 종간 경쟁력이 대단히 취약한 실정이다. 이러한 군집 혹은 개체수를 보호하는 것은 자연의 다양성을 증가하는 것이다.

1. 야생동물의 보호 목적은 다음과 같다.

1) 존재한다는 것은 가치의 유일한 기준이며, 존재하는 것의 수의 감소는 가치감소의 중요한 척도로서 자연에서 오랫동안 존재하여 온 것은 계속해서 존재할 충분한 권리가 있다는 인간과 생물의 존재권리에 관한 근본적인 윤리적 이유

이다.

- 2) 자연을 통하여 인간은 보다 풍부한 경험의 기회를 제공받아 지적욕구를 확대 충족시킬 수 있는 審美的 이유이다.
- 3) 이익증대에 따른 경제적 이유
- 4) 생태학적 안정성을 증진시킬 수 있다는 생태학적인 이유

2. 야생동물 감소원인 : 종과 생태계에 영향을 미치는 변화의 종류

- 1) 자연적인 것과 인간적인 것
- 2) 유해한 것과 무해한 것
- 3) 관리 가능한 것과 불가능한 것

3. 멸종을 초래하는 인간의 영향요인

- 1) 서식지 파괴
- 2) 환경오염
- 3) 무단채취와 사냥
- 4) 상업, 과학 또는 교육용의 과도한 사용
- 5) 새로운 기술과 개발
- 6) 불충분한 관리
- 7) 방문객의 압력

4. 보전방안

- 1) 서식지보호
- 2) 인공증식 및 종의 도입
- 3) 사냥, 채취에 대한 금지
- 4) 포식자의 관리
- 5) 동식물의 병해충의 방제
- 6) 인간의 이해증진을 위한 교육
- 7) 지속적인 서식지의 연구와 모니터링

야생동물 보전을 위해서는 보호하고자 하는 생물이 속한 생태계의 구조를 이해하여야 한다는 공통된 전제조건이었으나, 무엇보다 식물과 동물의 큰 차이는 자연 상태에서 식물은 정주성인 반면 동물은 이동성이 있다는 것이다. 이 차이는 학술적인 연구나 야생생물의 보전대책을 수립하는데 있어 접근방법에 상당한 차이를 초래한다. 즉 동물은 일정한 곳에 정주하지 않고 먹이나 번식을 위해 서식지를 달리하여 생존의 필요에 따라 서식지를 이동한다. 생태계에서 동물은 소비자로서 그 먹이를 생산자인 식물에 의존하고 있기 때문에 식생과 불가분의 관계가 있다.

▶양서류의 특징과 생활방법

양서류는 소수 몇몇 종을 제외하고는 비늘이 없는 피부를 가진 동물로서, 물속에서 일부를 보내며, 땅에서도 생활한다. 세계적으로 양서류는 약 3,200여 종류가 있으며, 척추동물(등뼈가 있는 동물)에 속한다. 대표적인 양서류의 종류에는 개구리, 두꺼비, 무족영원이 있으며, 대부분은 물속이나 습기가 있는 땅위의 알에서 부화되어, 물속에서 올챙이(유생)로서 생활을 시작한다. 변태(탈바꿈)라는 형태변화 과정을 통하여 올챙이(유생)에서 성체로 되며, 성체들은 유생들과는 매우 다르다. 어떤 종의 성체는 계속해서 물속에 살지만 대부분은 땅에서 생활한다. 거의 대부분은 짝짓기 상대자를 찾거나 알을 낳기 위해서 자기가 태어난 물로 되돌아온다. 양서류는 물고기, 새 혹은 포유류와 같이 다른 척추동물 보다는 체구가 작는데, 길이가 15cm이하이고, 무게는 60g보다 적다(황소개구리 제외). 지구상에서 가장 작은 개구리는 사람의 엄지손톱에 올려놓을 수 있을 정도로 적으나 가장 큰 양서류는 일본장수도롱뇽으로 성체는 길이가 1.5m 정도로 크다. 양서류는 냉혈동물(변온동물)이다. 즉 그들이 있는 환경의 온도와 양서류의 체온은 거의 비슷하게 변하게 된다. 아주 추운 겨울에 사는 양서류는 겨울동안 동면을 하게 된다. 그러나 대부분은 따뜻한 지역에서 살고 있으며, 건조하고 온도가 높을 때에는 하면(夏眠)을 하게 된다. 즉 여름에는 활동성이 없다. 양서류는 남극 대륙을 제외한 전 대륙에 분포하고 있다. 일반적으로 연못, 호수, 하천, 웅덩이, 실개천 등의 습기가 있는 곳을 생활 장소로 삼고 있으며, 비가 와서 고인 웅덩이나 수로 그리고 물이 고여 있는 논가에 알을 낳는다. 건조한 지역에 살고 있는 일부 종들은 땅속 습기가 있는 곳에서 웅덩이를 파고 구덩이를 만들어 비가 오기를 기다리며, 몇 주 혹은 몇 달 심지어는 7년 동안을 살아간다. 우기(雨季) 후에는 교미를 하거나 알을 낳기 위해서 진흙 웅덩이로 몰려든다. 이 알들은 웅덩이가 마르기 전에 부화하며, 유생들은 빠르게 성장한다.

대부분의 양서류는 벌레를 잡아먹고 살며, 자연생태계의 균형 유지에 중요한 역할을 담당하고 있다. 이 역할은 농작물에 질병을 옮기는 곤충이나 그 유충을 잡아먹음으로서 인간생활에 도움을 주며, 일부 지역에서는 식용으로 이용되기도 한다. 올챙이는 미 성숙된 개구리나 두꺼비의 새끼이다. 올챙이는 성체가 되기 위한 초기 유생의 단계를 말한다. 올챙이는 물에서 살며, 올챙이가 알에서 부화되어 나올 때는 작은 물고기 같지만 다 자라게 되면 외관상으로는 성체의 특징을 갖추게 된다. 이 과정을 변태라고 한다. 올챙이 단계는 10일에서 2년 이상 지속되며 종에 따라 다르다. 올챙이는 개구리와 두꺼비가 발견되는 얇은 물에서 살며, 대부분 웅덩이나, 호수 그리고 물의 흐름이 완만한 강에서 서식한다. 올챙이는 물속에서 젤리와 같은 물질로 덮혀 있는 알에서 부화된다. 올챙이는 크고 둥근 머리와 길고 평편한 꼬리를 갖고 있으며, 물속에서 헤엄칠 때 필요한 추진력은 꼬리를 사용한다. 또 이들은 물속에서 아가미로 호흡하며, 하등 식물(조류:藻類)을 먹고 산다. 올챙이들은 어두운 색을 띠고 있으나, 두꺼비의 올챙이는 진한 검은색 혹은 어떤 개구리는 올리브 그린색을 띤다. 올챙이는 길이가 2.5cm미만이지만, 황소개구리의 올챙이는 10cm이상이나 된다. 남아메리카의 페레독스개구리의 올챙이는 길이가 25cm이상 자란다. 올챙이는 부화 되서 나올 때는 다리가 없지만 변태의 첫 단계 동안에는 뒷다리가 자라기 시작하며, 머리가 납작해지고 꼬리가 점점 짧아진다. 소화기의 변화는 곤충이나 다른 동물을 먹을 수 있도록 발달한다. 변태의 마지막 단계 동안에는 올챙이에 앞다리가 생겨나며 아가미가 허파로 변하여, 수면으로 공기를 마시기 위해 나온다. 이후 땅위에서 생활하는 성체가 되어 물 밖으로 나온 후 남아 있는 꼬리부분이 소화 흡수되어 없어진다.

양서류는 외부비늘과 털 또는 깃털이 없으며, 부드러운 피부를 가지고 있다. 그러나 몇몇 종의 두꺼비는 두껍고 가죽으로 된 피부를 지니고 있다. 양서류의 외피라고 불리는 가장 바깥쪽 피부는 양서류의 내부조직을 보호한다. 양서류의 성체는 1년에 몇 번씩 제일 바깥쪽 외피를 탈피한다. 진피(鎭皮)라고 불리는 외피의 안쪽에는 많은 신경과 혈관들이 있으며, 또한 많은 분비선들이 있다. 그리고 분비선은 외피 부분까지 나와 있다. 그리고 이 분비선 중에 대부분은 피부를 보호하고 축축하게 하는 점액질의 물질을 생산한다. 또 다른 분비선(독선:독이 있는 부위)은 천적들에게 해를 입히거나 죽일 수 있는 독성 물질을 만들어낸다.

대부분 많은 개구리와 도롱뇽의 몸체는 밝은 색을 띠고 있는데, 이 색상은 외피 바로 아래의 특수한 세포내에서 발견되는 색소물질 때문이고, 세포내 색소의 운동은 몇몇 종들에게서는 신속한 체색의 변화를 가져온다. 예를 들어 온도가 올라가고 내려갈 때 양서류 중 몇몇 종들은 체색의 변화를 가져온다. 대부분의 육상에서 생활하는 양서류의 성체는 폐로 호흡하며, 물속에서 생활하는 양서류의 성체나 유생은 물고기처럼 아가미로 호흡한다. 몇몇 종의 성체에서는 허파와 아가미 두개를 가지고 있는 경우도 있다. 게다가 양서류는 피부와 직선으로 배열된 입과 목을 통해서 산소를 받아들인다. 일부 작은 도롱뇽들은 폐가 없어서 피부와 입을 통해서만 호흡이 가능한 경우도 있다. 양서류의 소화기관은 입과 식도(위로 통하는 관), 위와 소장으로 되어 있다. 음식물은 위에서 섞이게 되고 부분적으로 소화가 이루어진다. 그러나 대부분의 소화 작용은 소장에서 이루어진다. 위와 소장의 벽은 소화를 시키기 위한 액을 분비하는 많은 소화선들을 가지고 있다. 그리고 여기에서는 양서류들이 사용하고 흡수할 수 있는 여러 가지 형태의 물질로 음식을 부순다. 부가적으로 이곳에는 주요한 2개의 분비선 즉 간과 췌장이 있는데 소화액을 소장으로 분비하게 된다. 소화된 음식물은 소장에서 흡수되며, 남은 찌꺼기들은 대장으로 보내지고, 이 찌꺼기는 다시 몸 밖으로 열려 있는 총배설강으로 보내어 배설을 하게 된다. 그리고 이곳은 소화된 음식물 찌꺼기뿐 만 아니라 알과 정충(숫컷의 생식세포)을 총배설강을 통해서 배출하게 된다. 양서류들은 교미 시기 동안에는 체색과 몸의 형태를 변화 시킨다. 몸의 구조적인 변화를 동반하는 변태는 대부분의 양서류가 자라는 동안에 발생된다. 대부분의 양서류와는 다르게 암컷 무족영원은 그들의 알을 보호한다. 개구리, 두꺼비와 도롱뇽은 곤충을 잡기에 유리하게 시력이 잘 발달되어 있다. 무족영원의 눈은 매우 작거나 없다. 또한 무족영원은 지하굴 속에서 거의 눈을 사용하지 않는다.

물속에서 사는 양서류들은 측선을 가지고 있으며, 이것은 몸 측면에 있는 일종의 감각기관이며, 물속 주변 환경에서 동물들이 운동을 하는 것을 감지하는 기능을 가진다.

개구리와 두꺼비들은 도롱뇽과 무족영원보다 더 넓은 범위의 소리를 들을 수 있고, 잘 발달된 성대(울음주머니)를 가지고 있다. 이들의 교배 시기의 울음소리는 아주 중요한 의미가 있다. 이와 반대로 무족영원과 도롱뇽은 소리를 내지 못한다. 대부분의 양서류는 입천장에 있는 한 쌍의 빈 구멍인 야콥슨기관으로 냄새와 맛을 느낄 수 있다. 이 구멍 안에 들어 있는 조직에서 입과 코의 화학적 변화를 감지한다.

양서류는 일반적으로 우기(雨期)동안에 교미를 한다. 이들은 밤에 자신의 상대를 찾기 위해서 큰 무리를 지으면서 모여든다. 개구리와 두꺼비들 사이에서는 수정(난자와 정자가 결합하는 것)은 암컷의 몸 밖에서 일어나는 체외수정을 한다. 도롱뇽과 무족영원의 수정은 개구리, 두꺼비와는 다르게 알을 낳기 이전에 암컷의 몸속에서 일어난다. 대부분의 양서류에서는 암컷은 한번에 많은 알을 낳는다. 이 알들은 점차적으로 발생 단계를 거쳐서 물속이나 다른 습지에서 부화하게 된다. 양서류의 알은 젤리와 같은 물질 속에 들어가 있는 것을 제외하고 다른 보호막을 갖고 있지 않다. 이들

의 성체는 주로 알을 보호하지 않고 떠나며, 일부 개구리와 두꺼비는 알이 부화가 되기 전까지는 알을 옮기며, 무족영원은 그들의 알을 몸에 싸고 다닌다. 이 알들은 부화하여 아가미와 평편한 꼬리를 가진 유생이 되고, 이 유생들은 작은 다리를 가진 것과 그렇지 못한 것도 있다.

대부분의 양서류의 유생은 조류(藻類수생식물)나 다른 식물을 먹고 산다. 도롱뇽의 유생은 작은 물고기를 잡아먹는다. 다 자란 양서류는 곤충이나 다른 종류의 동물을 먹는다. 황소개구리와 큰 양서류는 뱀, 작은 포유류나 새를 먹고 생활한다. 남미의 개구리는 주로 개구리를 잡아먹는다. 대부분의 양서류는 그들의 혀로서 먹이를 잡는데 사용한다. 성장한 양서류에는 뱀, 새 그리고 포유류 등과 같은 많은 천적이 있다. 대부분의 작은 물고기와 수중동물은 양서류 유생의 먹이가 된다. 양서류는 자신을 보호하기 위한 많은 방법을 가지고 있다. 몇몇 종의 양서류는 그들의 환경과 유사한 색을 띠는 보호색을 가지고 있기 때문에 식별하기가 어렵다. 도롱뇽과 무족영원은 적의 시선을 피함으로써 천적들로부터 손쉽게 피할 수 있다. 일부 개구리와 도롱뇽의 표피 분비선은 독을 분비하기 때문에 천적의 입에 염증을 일으키게 한다.

고고학자에 의하면(고대시대를 연구하는 학자) 양서류가 발견된 가장 오래된 화석은 데본기 말기까지 거슬러 올라간 대(약 3억 6천만 년 전). 양서류는 척추동물이 물속에서 살다가 육지로 올라온 최초의 생물로 생각 되어지고 있다. 대부분의 학자들은 양서류는 등근지느러미 어류에서 진화(이주 천천히 발달되는 현상)되었다고 믿고 있다. 등근지느러미 어류는 폐와 잘 발달된 물갈퀴를 가지고 있는데, 골격과 근육에 의해 지탱된다. 이들은 물속에서 나와서 물갈퀴를 다리와 같이 사용할 수 있다. 이 물갈퀴는 아마도 양서류의 다리로 진화한 것 같다. 양서류는 석탄기 동안 육상에서 가장 중요한 척추동물이다(3억 2천만년에서 2억 9천만 년 전). 그때는 현존하는 종수보다 훨씬 많은 종류의 양서류가 있었다.

현재의 양서류 집단은 중생대 동안에는 나타나지 않았다(2억 2천 5백만 년에서 6천 5백만 년 전). 그때 나머지 양서류의 대부분이 멸종 되었다. 과학자들은 양서류가 왜 그렇게 많은 종이 멸종 되었는지는 이유를 확실히 알지는 못하고 있다. 지구의 기후가 건조해 지고, 양서류가 필요한 연못과 호수가 사라져 갔기 때문이라고 보고 있다.

현재는 척추동물의 다른 어떤 부류보다도 양서류의 종이 훨씬 적다. 인간은 양서류에게 있어서 가장 위협적인 존재이다. 양서류는 습한 곳에서는 성공적으로 살아남았지만, 이러한 서식처는 계속적으로 길, 도시 그리고 건축 구조물과 경작지의 확충으로 감소되어 가고 있는 추세이다.

▶한국에 살고 있는 양서류 종류와 특징

Amphibia(개구리綱 : 兩棲綱)

I. Caudata(도롱뇽目 : 有尾目)

1. Hynobidae(도롱뇽科)

- ① *Hynobius leechii*(Boulenger) 도롱뇽
- ② *Hynobius quepartis* Mori 제주도롱뇽
- ③ *Onychodactylus fisher*(Boulenger) 꼬리치레도롱뇽

④ *Salamandrella keyserlingii* Dybowskii 네발가락도롱뇽(북한에 분포)

II. Salientia(개구리目 : 無尾目)

2. Discoglossidae(무당개구리科)

⑤ *Bombina orientalis* Boulenger 무당개구리

3. Bufonidae(두꺼비科)

⑥ *Bufo bufo gargarizans* Cantor 두꺼비

⑦ *Bufo stejnegeri* Schmidt 물두꺼비

⑧ *Bufo raddei* 참두꺼비(북한에 분포)

4. Hylidae(청개구리科)

⑨ *Hyla japonica* Günther 청개구리

⑩ *Hyla suweonensis* Kuramoto 수원청개구리

5. Microhylidae(맹꽁이科)

⑪ *Kaloula borealis*(Barbour) 맹꽁이

6. Ranidae(개구리科)

⑫ *Rana nigromaculata* Hallowell 참개구리

⑬ *Rana plancyi chosonica* Okada 금개구리

⑭ *Rana amuriensis coreana* Okada 아무르산개구리

⑮ *Rana rugosa* Temminck & Schlegel 움개구리

⑯ *Rana dybowskii* Günther 산개구리

1) 무당개구리 : 피부가 건조하고 몸에 돌기가 있음

- 전국적으로 분포하고 있다.
- 피부점액질에서 독성분 분비한다.
- 적으로부터 공격을 받으면 죽은 시늉을 한다.
- 배 부분이 붉은 반점이 있는 것이 특징.
- 일명 “고추개구리”라고도 한다.

2) 물두꺼비

- 동면(겨울잠)과 산란기 때에 물에서 생활한다.
- 알은 덩어리 모양이 아니고, 끈 모양으로 된 10m가량의 2줄로 되어 있다.
- 주로 강원도 지방에 살고 있다.
- 귀밑샘에 흰색 점액질의 독성분 분비한다.

3) 두꺼비

- 전국적으로 분포하고 있다.
- 산란기 때에 눈에 모여 집단으로 번식하고 있다.
- 알은 덩어리 모양이 아니고 끈 모양으로 된 10m가량의 2줄로 되어 있다.
- 귀밑샘에 흰색 점액질의 독성분 분비한다(부포타린).

4) 청개구리

- 전국적으로 분포하고 있다.
- 주로 논과 활엽수림 부근에 살고 있다.
- 다른 개구리들에 비하여 몸통의 색깔변화가 심하다.
- 앞발가락과 뒷발가락에 흡판이 있어 나뭇잎과 벽면에 쉽게 달라붙는다.

5) 수원청개구리

- 수원과 서해안지역에 분포하고 있다.
- 청개구리에 비하여 우는 목소리가 크고 높은음을 낸다.
- 청개구리와 형태적으로 구별하기 어렵다.
- 앞발가락과 뒷발가락에 흡판이 있어 나뭇잎과 벽면에 쉽게 달라붙는다.

6) 멧꽂이

- 3월 동면에서 깨어나 먹이를 먹고 다시 땅속으로 들어간다.
- 장마철(6월, 7월, 8월)에 나와 울면서 짝을 찾는다.
- 우는 소리는 “멧” ↔ “꽂”하면서 울고 있다.
- 일명 “쟁기발개구리”라고도 한다.

7) 참개구리

- 전국적으로 분포하고 있다.
- 주로 논과 밭 근처에 살고 있다.
- 우리나라에서 가장 많이 살고 있다.

8) 옴개구리

- 전국적으로 하천 근처에 살고 있다.
- 올챙이로 동면을 한다.
- 피부돌기에 독성분이 있어 먹으면 죽기도 한다.
- 일명 “주름돌기개구리”라고도 한다.

9) 산개구리

- 전국적으로 산간 계류와 깨끗한 물과 산에서 살고 있다.
- 뒷다리의 점프력이 가장 높고 멀다.

10) 금개구리

- 수원과 주로 서해안 논 부근에 살고 있다.
- 등 부근에 두 줄의 금색 모양의 줄이 나 있다.

11) 아무르산개구리

- 개구리 중에서 가장 작은 개구리 이다.
- 산개구리와 모양이 비슷하나 등 쪽에 작은 줄이 있다.
- 주로 집단으로 습원에서 살고 있다.

▶ 한국에 살고 있는 개구리의 서식처, 산란지, 동면지 형태

종 류	서 식 처	산 란 지	동 면 지	비 고
산개구리	계곡, 하천, 산간	계곡, 논, 저습지	계곡수변, 하천	저지대, 고산지형
아무르산개구리	습원, 습지	논, 저습지	논둑, 습지	저지대습원 평지형
옴개구리	물가, 하천	하천, 농수로	하천, 개울	저지대형
금개구리	물가, 논둑, 습원	논, 저습지	논둑, 습원	저지대습원 평지형
참개구리	물가, 논, 습원	논, 웅덩이	논둑, 수변	저지대 평지형
두꺼비	숲속평지, 산간	논, 저습지	논, 저습지, 계곡	저지대, 고산지형
물두꺼비	계곡, 산정상, 하천	하천, 계곡	하천 돌밑	저지대, 고산지형
청개구리	관목림, 논, 습원	논, 저습지	논둑, 저습지	저지대 평지형
수원청개구리	관목림, 논, 습원	논, 저습지	논둑, 저습지	저지대 평지형
맹꽁이	초지, 웅덩이, 습원	웅덩이	웅덩이, 저습지	저지대 평지형
무당개구리	계곡, 웅덩이, 계곡	계곡, 웅덩이	야산돌밑	저지대, 고산지형

▶ 양서류 관찰 및 채집 방법

1) 조사복장 및 준비물

① 조사복장은 숲 속에서는 풀과 가시에 팔과 다리가 긁히지 않게 긴팔과 바지를 입어야 하며, 뱀이나 기타 다른 동물들이 바지나 신발속으로 들어오지 못하게 두꺼운 양말이나 등산화를 신어야 한다. 한편 물속에 들어갈 때에는 장화를 신어야 한다.

② 준비물로서는 배낭, 야장(필기도구), 모기퇴치약, 비옷, 장갑, 채집망(포충망), 고도계, 온도계, 채집용기(플라스틱 통), 후레쉬(야간채집용), 줄자(산란장소 측정용), 콤팩스(방위측정), 지도 등이 필요하다.

2) 관찰 및 채집방법

양서류 중 개구리류는 포충망과 족대를 사용하여 계곡, 논둑, 하천에서 채집하고, 등산로에서는 좌우 10m 정도를 기준으로 이동중인 개체와 돌 밑 혹은 숲 속의 고목 밑에 은신하고 있는 종을 채집한다. 도롱뇽류의 도롱뇽과 꼬리치레도롱뇽은 웅덩이에 물이 고여 있거나, 흐르는 계곡에서 작은 바위를 들추어 유생을 확인하고, 성체는 저지대와 고지대의 음지의 활엽수림에 쓰러져 있는 고목을 들추거나, 바위틈과 낙엽 밑에서 채집하며 알의 모양으로 종을 구분한다. 야간에는 논이나 밭 근처 그리고 계곡부근에서 개구리들이 울기 때문에 울음소리로 종을 구별한다. 그리고 채집한 종에 대하여 다음과 같은 양식에 근거하여 기록으로 남긴다 (표 1).

【표 1. 양서류 채집 후 기록 양식】

일자 : 1997년 10월 25일 채집자 : _____

종 명	채집장소	개 체 수		채 집 형 태			채 집 장 소 형 태				비 고
		채집	확인	알	올챙이	성체	논	웅덩이	계곡	하천	

예 1)

일자 : 1997년 10월 25일 채집자 : _____

종 명	채집장소	개 체 수		채 집 형 태			채 집 장 소 형 태				비 고
		채집	확인	알	올챙이	성체	논	웅덩이	계곡	하천	
산 개구리	수원 광고산	채집	확인								
		3				✓		✓			

예 2)

일자 : 1997년 10월 25일 채집자 : _____

종 명	채집장소	개 체 수		채 집 형 태			채 집 장 소 형 태				비 고
		채집	확인	알	올챙이	성체	논	웅덩이	계곡	하천	
산 개구리	수원 광고산										
			✓		✓					✓	

3) 보관 및 올챙이 부화 과정 관찰방법

채집한 개구리 또는 도롱뇽은 플라스틱통에다 보관하는데, 플라스틱통의 밑에는 나뭇잎 혹은 물을 적신 탈지면을 깔고, 알이나 성체를 넣은 다음 윗뚜껑은 숨을 쉬게 하기 위하여 구멍을 뚫어 놓는다. 한편 알의 발생과정을 관찰하기 위해서는 알을 넣은 플라스틱통의 나뭇잎과 탈지면을 제거한 다음, 알이 잘 정도의 물을 넣고 양지 바른 곳에 두면 서서히 알들이 발생을 하면서 올챙이로 변해가는 과정을 관찰 할 수 있다.

▶ 양서류의 구조

일반적으로 개구리류는 머리, 몸통, 다리 3가지 부위로 나눌 수가 있는데 개구리의 머리는 눈, 고막, 입, 코로 구별할 수 있으며, 몸통은 중앙선, 등표면, 복부, 등 뒷부분으로 나눌 수가 있다. 또한 다리부위는 뒷다리와 발가락 사이에 물갈퀴로 구별 할 수 있다. 그리고 도롱뇽 종류는 머리, 몸통, 꼬리로 나눌 수가 있는데, 머리에는 콧구멍과 눈이 있으며, 몸통에는 발, 팔뚝, 윗팔, 옆주름, 중앙 세로홈으로 나누어지고, 꼬리는 넓적다리, 정강이, 발목, 인쪽발바닥돌기, 바깥쪽 발바닥돌기 등으로 나누어진다. 또한 육안으로 얼핏 보기에 구별이 쉽지 않은 두꺼비와 물두꺼비는 고막이 없는 것이 큰 특징이고, 물두꺼비는 두꺼비에 비하여 체구가 작은 것이 구별이 된다.

▶ 양서류의 운동(점프)방법

개구리 중에서 독이 없는 개구리는 뒷다리의 근육이 잘 발달되어 점프를 잘하는데 이에 비하여 독이 있는 개구리는 엉금엉금 기어 다니며 뒷다리의 근육이 운동력이 적기 때문에 산소가 부족하여 근육의 색깔이 검은색을 띤다. 점프를 잘하는 개구리는 점프를 할 때 먼저 발꿈치로 뒷다리를 들어 올리고, 이륙을 하기 위하여 대퇴부와 하퇴부로 몸을 올려 세우고 45. 각도로 커브를 그리면서 도약을 한다. 이때 반드시 충격을 완화하기 위하여 눈을 감는다. 이렇게 독이 없는 개구리가 점프를 잘하는 이유는 적으로부터 쉽게 도망가거나 먹이를 빨리 잡아먹기 위해서 이다.

▶ 양서류 사육방법

학교나 실험실에서 개구리를 사육하면서 개구리의 일생을 관찰하기 위해서는 적당한 용기와 조건이 필요한데 우리 가정에서 열대어를 키우는 수족관 정도이면 충분하다. 먼저 수족관의 물을 비운다음 밑바닥에는 모래, 자갈 길고 산에서 쉽게 구할 수 있는 이끼가 낀 나무와 수중과 연못의 주변에 살고 있는 식물을 깔고, 모래가 축축할 정도로 물을 채운다. 그리고 숨을 쉴 수 있는 환기통을 만들어 주고, 형광등을 달아서 온도를 조절하여 주어야 한다. 그리고 항상 온도를 확인하기 위하여 온도계를 같이 달아서 매일 점검하여야 한다.

▶ 파충류의 특징과 생활방법

파충류는 건조한 비늘의 피부를 갖고 있으며 허파로 숨을 쉬는 동물이다. 지구상에는 약 6,500여 종이 있으며, 척추동물의 일종이다. 파충류에는 엘리케이트, 크로코다일, 도마뱀, 뱀 그리고 거북 등이 있다. 파충류는 주위의 온도와 평행을 유지하며 살아가는 냉혈동물이며, 생존을 위해서 그들은 극도로 높거나 낮은 온도를 피해야만 한다. 대부분의 파충류는 낮동안에 뜨거운 양지쪽을 피하여 음지에서 활동한다. 파충류는 매우 다양한 크기, 모양, 색깔을 지니고 있으나 모두 건조하고, 거친 딱딱한 비늘로 된 피부로 구성되어 있다. 대부분은 육지에서 생활하나, 몇몇 종들은 바다와 깨끗한 물을 생활 장소로 하여 서식하고 있다. 열대지방에 살고 있는 많은 파충류들은 주로 밤에 활동하며, 추운 지방에 사는 종류들은 겨울에 겨울잠을 자면서 동면을 한다. 많은 파충류들은 매우 다양한 크기를 가지고 있다. 예를 들어 비단뱀은 9m 이상 자라며, 가죽등거북(Leatherback turtle)은 무게가 거의 1,000kg이다. 반면 5cm도 되지 않는 도마뱀도 있다. 대개의 파충류들의 수명은 길다. 어떤 거북이는 사육 상태에서 100년 이상 살기도 한다. 파충류는 남극과 북극 대륙을 제외한 모든 대륙이나 모든 해양에서 살고 있으며, 열대와 온대지방에서는 그 종류가 가장 다양하다. 또한 도마뱀과 뱀은 사막에서도 살고 있다. 파이프뱀과 보아뱀은 땅 밑 굴속에서 서식한다.

바다igu아나와 바다거북은 대부분의 생활을 바다에서 보낸다. 또한 바다뱀들도 바다 물속에서 일생을 보낸다. 많은 사람들은 파충류를 두려워하나 대부분의 파충류들은 해가 없으며 가능하면 사람을 피하여 생활한다.

파충류의 종류는 ① 도마뱀류와 뱀류 ② 거북류 ③ 악어(크로코다일)류 등 크게 3가지 그룹으로 분류한다.

파충류는 매우 다양한 크기, 모양 그리고 색깔을 지녔으며 신체적 특징이 있는데 즉, 파충류는 냉혈동물이고 다양한 피부의 생김새, 뼈대, 내부기관과 감각기관을 포함한 여러 특징들이 있다. 많은 종류의 파충류는 1년에 몇 차례 그들의 표피를 탈피한다. 새로운 비늘은 비늘 밑쪽에 형성되고 탈피한다. 뱀들의 비늘은 주둥이부터 탈피되며, 바위나 나ant가 지에 주둥이를 대고 밀어내며 한 겹씩 천천히 오래된 표피를 벗겨낸다. 대부분의 도마뱀은 큰 조각으로 표피를 탈피한다. 파충류의 골격은 머리, 몸통, 꼬리의 뼈대로 구성된다. 파충류들은 다리를 지지하는 환상골이라 하는 엉덩이와 어깨뼈가 있는데 거의 대부분의 뱀은 환상골이 없다. 거북이의 엉덩이와 어깨 환상골은 다른 동물과 다르게 흉강 인쪽에 있다. 늑골과 척추는 거북이의 등딱지 인쪽에 놓여 있다. 파충류는 허파로 호흡을 하는데, 대부분 2개의 폐를 가지나 몇몇의 뱀은 하나를 가지고 있다. 그리고 두 개의 허파 중에서 한 개는 퇴화되어 공기주머니로 사용한다. 이 공기주머니는 자기 몸보다 더 큰 먹이를 먹었을 때 공기의 부족으로 질식사하여 죽는 것을 막는 역할을 한다. 파충류의 소화기관은 그 동물이 먹는 음식물에 따라 종들이 다양하다. 동물이나 동물의 알을 먹고 사는 파충류는 단순한 위와 긴 창자를 가지고 있다. 초식성인 것은 복잡한 위를 가진 igu아나와 대부분의 남생이이다. 크로코다일은 먹이를 작은 단편으로 갈 수 있는 대단히 큰 위 근육을 가지고 있다. 독이 있는 파충류는 입안의 분비선을 이용하여 독을 만든다. 이 독은 먹이의 혈액순환계나 신경계에 영향을 미친다. 대부분의 파충류는 좋은 시력을 가지고 있으며, 낮에는 등근 눈을 가지고 활동한다. 대부분의 종들은 밝은 빛은 거의 막을 수 있는 길게 찌진 눈을 가지고 밤에 활동한다. 파충류의 청각은 종에 따라 다양하나 대부분 아주 작은 소리까지 들을 수 있다. 대부분의 파충류의 고막에는 중이와 내이를 가지고 있다. 그러나 뱀은 중이가 퇴화되어 공기를 통해 운반되는 소리를 들을 수 없으며 단지 땅의 떨림에 의해 들을 수 있다. 뱀과 도마뱀은 입 위쪽에 야콥슨(Jacobson)기관이라 불리는 두개의 작은 구멍이 있어 외부로부터 들어오는 화학물질을

감지한다.

모든 파충류는 양성생식(암수 구별이 있음)하며, 정자가 난자와 결합되는 수정이라는 과정은 암컷의 몸에서 이루어진다. 수정란은 새로운 동물로 발달한다. 모든 파충류는 봄에 고미를 하며, 새끼는 여름에 부화한다. 모든 거북이, 악어뿐만 아니라 도마뱀, 뱀도 난생한다. 또 암컷은 껍질을 가진 알을 썩은 숲의 땅 구멍 또는 육지의 어느 곳이나 알을 낳는다. 왜냐하면 그들의 알은 방수성 껍질을 가지고 있으므로 건조한 곳에 놓여지거나 하더라도 내부의 영양분은 말라버리지 않는다. 태양과 때론 썩은 생물체의 열이 알을 품고, 부화시킨다. 일부 뱀과 도마뱀은 난태생을 한다. 그들 중중에는 알이 부화 될 때까지 암컷이 알을 그들 몸속에서 보호한다. 일부 파충류는 알과 새끼를 돌보는 변온동물에서는 찾아보기 힘든 모성애가 있는데 이를 페러랜탈 케어(Parental care), 브루딩 케어(Brooding care)라 한다. 비단뱀, 진흙뱀, 다이아몬드비단뱀의 암컷은 그들의 몸으로 알들을 감싸고 보호한다. 암컷 악어는 새로이 부화된 새끼들을 입안에 넣고 부화된 장소에서 물까지 안전하게 운반한다.

모든 파충류들은 다른 동물을 잡아먹는다. 파충류의 천적은 새, 포유동물 그리고 다른 파충류이다. 대부분의 천적들은 작고 어린 파충류를 먹이로 한다. 덩치 큰 성체 파충류는 사람을 제외한 대부분의 공격자로부터 안전하다. 파충류는 그들의 적을 다양한 방법으로 피한다. 많은 파충류는 주위의 환경에 자신의 몸의 색을 바꾸거나 눈에 띄지 않는 보호색을 갖는다. 카멜레온과 같은 도마뱀은 주위와 맞게 색을 바꿀 수 있다. 다른 파충류는 공격을 피하기 위해 위협하거나 속임수를 쓴다. 파충류는 땅에 들어가거나 두 바위틈에서 겨울동안 동면을 한다. 그 곳에서 날씨가 따뜻해질 때까지 머무른다. 동면 전에 체내에 축적할 지방을 위해 많은 먹이를 섭취한다. 지방은 동면 동안 먹이로 작용 한다. 열대 지방에서 사는 파충류는 먹이가 부족한 건기동안 부동 상태에 들어간다. 이런 움직임이 없는 상태를 동면(겨울잠)과 유사한 하면(여름잠)이라고 한다. 파충류는 양서류로부터 진화했으며 물 근처에 살았는데 그들의 알은 축축한 습지에 있어야 하기 때문이다. 파충류의 알은 얇은 껍질과 막으로 발전해 왔는데 현재는 윤기를 잃었다. 그 결과 파충류는 중생대기간 동안 (240만년에서 63만년 전 사이)에 육지에서 생활했다. 이 시대를 파충류시대라 한다.

▶ 한국에 살고 있는 파충류 종류와 특징

Reptiles(爬蟲綱)

I. Testudinata(거북목)

1. Dermochelyidae(장수거북목)

1. *Dermochelys coriacea schlegelii*(Vanoewi) 장수거북

2. Cheloniidae(바다거북목)

2. *Chelonia mydas japonica*(Linnaeus) 바다거북

3. Trionychidae(자라목)

3. *Trionyx sinensis*(Wiegmann) 자라

4. Emydidae(남생이목)

4. *Chinemys reevesii*(Gray) 남생이

II. Squamata(뱀목:有鱗目)

5. Gekkonidae(도마뱀붙이목)

5. *Gekko japonicus*(Dumeri & Biron) 도마뱀부치(한국에서는 멸종했음)

6. Scincidae(도마뱀목)

6. *Eumeces coreensis* Doi & Kamida 장수도마뱀(존재 ?)

7. *Scincella laterale laterale* Say 도마뱀

7. Lacertilidae(장지뱀목)

8. *Takydromus auroralis* Doi 장지뱀

9. *Takydromus kwangakuensis* Doi 관악장지뱀(존재 ?)

10. *Takydromus tachydromoides oldi* Schlegel 올디장지뱀(존재 ?)

11. *Takydromus amurensis* Peters 아무르장지뱀

12. *Takydromus wolteri* Fisher 줄장지뱀

13. *Eremias argus* Peters 표범장지뱀

8. Colubridae(뱀목)

14. *Elaphe taeniura taeniura* Cope 줄꼬리뱀(북한에 살고 있음)

15. *Elaphe schrenckii* Strauch 구렁이

16. *Elaphe dione*(Pallas) 누룩뱀

17. *Enhydris rufodorsata*(Cantor) 무자치

18. *Rhabdophis tigrinus tigrinus*(Boie) 유희목이

19. *Zamenis spinalis* Peters 실뱀

20. *Dinodon rufozonatus rufozonatus*(Cantor) 능구렁이

21. *Amphiesma vibakari ruthveni*(Van Denburgh) 대륙유희목이

22. *Sibinophis collaris*(Gray) 비바리뱀

9. Viperidae(Crotalidae)(살모사목)

23. *Agkistrodon ussuriensis*(Emelianov) 쇠살모사

24. *Agkistrodon brevicaudus* Stejneger 살모사

25. *Agkistrodon saxatilis* Emelianov 까치살모사

10. Hydridae(바다뱀목)

26. *Hydrophis melanocephalus* Gray 먹대가리바다뱀

27. *Pelamis platurus*(Linnaeus) 바다뱀

① 장수거북

- 전 세계의 바다에 살고 있다
- 장수거북의 껍질은 다른 바다거북의 껍질보다 뼈의 수가 적다.
- 등껍질은 벌집 모양의 장방형의 껍질이라기보다는 가죽으로 덮혀 있다.
- 길이가 2.5m정도 그리고 몸무게는 680Kg까지 나가는 것도 있다.

② 바다거북

- 전 세계의 바다에 살고 있다.
- 바다거북은 약 6종이 있는데 7종 중에서 초록바다거북, 납작등바다거북, 대모바다거북, 붉은 바다거북, 캠프바다 거북과 꼬마바다거북, 등은 등껍질은 장방형의 방패처럼 덮혀 있는 껍질을 가지고 있다.
- 바다거북은 한번에 200개의 알을 낳고 녹색바다거북은 1,000개 이상의 알을 번식기 동안 낳는다.

③ 자라

- 한국, 중국, 일본에 분포하고 한국에서는 섬지방을 제외한 전국의 하천에 서식하고 있다.
- 담수산으로 하천의 연못의 모래 또는 砂泥質속에서 낮에는 잠을 자고 밤에 활동을 한다.
4월이 되면 수면으로 나오는데 성체는 바로 교미를 하고 5월에 육지로 올라와 뒷발로 15cm정도의 모래를 파고 그 속에 산란을 한 후 다시 모래를 덮고 물속으로 돌아간다.
- 알 수는 연령과 몸의 크기에 따라 차이가 있으나, 충분히 성장한 개체는 약 300개 정도의 알을 낳는다.
- 부화일수는 모래속의 온도가 30℃일때 50일이 걸린다.
- 주로 육식성이며 어류, 갑각류, 곤충, 연체동물을 잡아먹는다. 10월~3월경까지는 모래 속에 숨어서 동면한다.

④ 남생이

- 한국, 일본, 대만, 중국 등지에 분포한다.
- 등껍질은 진한 갈색이고, 각 껍질의 가장자리에는 황색의 가는 띠로 되어 있으며, 부분에 따라서는 뚜렷하지 않은 흑색의 무늬가 있다.
- 등쪽의 껍질은 긴 타원형이다. 네다리에는 폭이 넓은 비늘조각이 있다.
- 6~8월경에 물가 모래위에 구멍을 파고 4~6개의 알을 낳는다. 알은 백색 혹은 황백색이다.

⑤ 도마뱀

- 한국, 일본, 대만, 중국, 미국, 오스트레일리아 등지에 분포한다.
- 몸은 황갈색이며, 앞다리와 뒷다리의 꼬리부근까지는 암갈색의 띠가 있다.
- 습기가 많은 바위나 돌 틈에서 생활하고 낮에는 휴식을 취하고 밤에 곤충을 포식하는 야행성이며, 6~7월경에 새끼를 낳는 난태생이다.
- 달팽이, 벌레 등 동물을 먹는다.

⑥ 장지뱀

- 한국특산종이다.
- 몸의 등면은 적색을 띤 회갈색이고, 옆면은 진한 적갈색, 배면은 적색을 띤 백색이다.

- 서혜인공은 좌우 3쌍이다. 성체가 되면 대체적으로 150~200mm정도가 되고 꼬리의 길이는 몸길이의 2/3정도이다.

⑦ 아무르장지뱀

- 한국, 일본, 중국 및 러시아 등지에 분포하고 있다.
- 한국에서는 전국 어디에나 서식하고 도로 옆에 잡초가 무성한 곳이나, 햇볕이 잘드는 양지쪽의 능선 혹은 산과 밭이 연결되는 목밭 그리고 모래땅으로 된 넓은 경작지에서 흔히 발견할 수 있다.
- 모든 장지뱀 종류는 원칙적으로 넓적다리 부근에는 작은 구멍(鼠蹊鱗孔:Femoral pore)이 있는데 아무르장지뱀은 3쌍의 구멍이 있고, 등부분에는 세로로 된 8개의 줄이 있다.
- 뱀이나 다른 포식자(천적)를 만나면 자기 스스로 꼬리를 한개 또는 여러 토막으로 잘라버리는 특이한 자기방어 호신술(Autotomy)을 가지고 있다. 꼬리가 떨어지면 쉽게 재생되나, 재생된 꼬리는 또 다시 재생할 수 있는 능력이 없다.
- 주로 먹이는 육식성으로 곤충, 갑각류, 거미, 개미, 지렁이, 육상달팽이 등을 먹고 산다.

⑧ 줄장지뱀

- 한국, 만주, 중국북부에 분포한다. 우리나라에는 중부 이남에만 분포한다.
- 몸의 색깔은 올리브색 바탕에 다소 뚜렷한 회색의 배측선을 가지고 있고 옆쪽의 진한 색의 띠를 갖고 있다.
- 넓적다리 양쪽에는 1개씩의 서혜인공이 있다.
- 저산지대 도로에 잡초가 무성한 곳이나 산과 밭의 접경의 임연부에 서식하고 있어 人道에 잘 출현하며 때로는 덩굴 위에 올라가서 곤충을 잡아먹기도 한다.

⑨ 표범장지뱀

- 한국, 만주, 몽고, 중국북부 등지에 분포한다.
- 몸의 등면의 비늘은 작고 알맹이 모양이며, 표면이 평활하다. 등쪽은 호랑이 무늬 모양으로 얼룩반점이 8~14개 정도 나있고 네다리에도 동그란 얼룩무늬가 퍼져있는 것이 특징이다.
- 서혜인공은 좌우 11쌍이다.
- 주로 강변의 풀밭, 모래, 돌밭 혹은 흙속에 구멍을 파고 생활한다. 소형곤충을 잡아먹는다.

⑩ 구렁이

- 지방에 따라 진대, 흑질백질, 황구렁이, 먹구렁이, 흑지리 등으로 불리기도 한다.
- 한국, 중국북부, 러시아 등지에 분포하고 있다.
- 한국에서 서식하고 있는 뱀 중에서 가장 크고, 서식지가 주로 민가 부근이다.
- 먹이는 주로 포유류, 조류, 양서류이고 1년에 100여 마리의 쥐를 잡아 먹는다.

⑪ 누룩뱀

- 지방에 따라 밀구렁이, 밀뱀, 금화사, 산구렁이, 시루레기, 누루레기라고도 한다.
- 한국, 중국북부, 러시아 등지에 분포하고 있다.
- 등면 바탕색은 녹색을 띤 갈색이고, 배면은 황색으로 집안에서 사용하는 누룩색과 유사하다고하여 누룩뱀이라

한다.

- 유혈목이와 같이 전국적으로 서식하는 우점종이다.
- 저지대의 밭둑의 돌담, 강변의 돌 틈, 고산지대의 묵밭이나 초원지대에서 들쥐, 다람쥐, 개구리 등을 먹고 산다.
- 8월에 암컷은 낙엽이 쌓여 있는 곳을 찾아 12~16개의 알을 산란하고 11월에 양지쪽의 거목이나 돌 틈에 동면에 들어간다.
- 알을 낳으면 몸을 사려 토아리를 틀고 몸 사이에 알을 넣고 빙글빙글 돌리면서 알을 부화시키는 특이한 습성을 가지고 있다.

⑫ 무자치

- 지방에 따라 무자수, 물뱀, 떼뱀, 수사, 무재주, 무재치라고도 한다.
- 한국, 중국북부, 시베리아 등지에 분포한다.
- 과다한 농약이 사용되기 이전에 한국산 뱀 중에서 가장 개체수가 많았던 종류였으나, 무분별한 농약의 사용으로 개구리類가 논과 수로 주변에서 사라지면서 그 개체수도 상당히 많이 줄어 들었다.
- 무독성이며 난태생을 하는 특이한 종류이다.
- 동면에서 깨어나 출현하는 시기는 8°C~11°C이다.
- 집단으로 모여 100~200마리가 함께 모여 교미를 시작한다.

⑬ 유혈목이

- 지방에 따라 화사, 꽃뱀, 늘메기, 너불대, 너불메기, 까치독사, 청사라고도 한다.
- 한국, 일본, 중국북부, 러시아 등지에 분포한다.
- 녹색 바탕에 불규칙적인 붉은색 반점이 좌우로 걸쳐 있다.
- 전국에 걸쳐 평지나 낮은 산지에 많이 서식하고 있으며 주로 논이나 연못근처에서 개구리를 포식하며 서식하고 있다.
- 목부근에 샘이 있어 그곳의 皮膚가 破裂되어 나오는 노란색 과 우유빛깔의 흰색의 액은 유독하다는 것이 밝혀졌으며, 이 독액은 혈관의 내벽을 손상시켜 출혈을 일으킨다.
- 유혈목이는 흥분을 하면 늑골부위가 움직여 목부위가 펼쳐지게 되며 활동성이 대단하다. 이와 같은 현상은 코브라의 목부위에 두건모양을 형성한다. 한편 적으로부터 공격을 받으면 죽은 시늉을 하여 위기를 모면하기도 하는 위장술에 대가이기도 하다.

⑭ 실뱀

- 일명 줄뱀이라고도 한다.
- 한국, 중국북부, 몽고, 대만, 미국 등지에 분포한다.
- 우리나라에서 가장 기늘고, 행동이 가장 민첩하다.
- 언덕밑의 밭주위나 산등성이와 같이 햇볕이 잘 들고 건조한 곳에 산다.
- 먹이는 주로 곤충류, 도마뱀, 장지뱀류, 들쥐를 포식한다.

⑮ 능구렁이

- 지방에 따라 능사, 능그리라고도 한다.
- 한국, 일본, 중국, 몽고, 태국, 히말라야 동부 등지에 분포한다.
- 등면은 적갈색이며 흑색의 굵은 띠모양 반문이 있다.
- 공간에는 바위 밑에 隱身해 있다가, 야간에는 도로 부근에서 배회하면서 개구리, 들쥐, 새알 등을 포식하며 생활한다.
- 다른 뱀들과 함께 넣어 두면 성질이 사나워서 잡아먹는 성질이 있다.

⑩ 대륙유혈목이

- 지방에 따라 달구렁이, 밀뱀, 홍사뱀뱀, 실뱀이라고도 한다.
- 한국, 일본, 러시아에 분포하고 있다.
- 등은 암갈색이며, 머리와 가운데 선은 흑갈색을 띤다.
- 5월경에 교미하여 7~8월에 4~6개의 알을 낳고, 10~11월경에 동면에 들어간다.
- 여름철에 비가 온후 해가 나면 바위 위에 올라와서 또아리를 틀고 있기도 하고, 큰 활엽수의 잎 위에 올라가기도 한다.
- 우리나라의 뱀들 중에서 가장 작은 종류이며, 또한 행동이 민첩하다.

⑪ 쇠살모사

- 지방에 따라 독사, 부독사, 불독사, 부예기라고도 한다.
- 한국, 중국, 러시아 등지에 분포한다.
- 우리나라의 전역에 분포하고 있으며, 저지대의 계곡부근과 평지의 잡목림과 바위가 있는 곳에서 들쥐, 개구리류 등을 잡아먹고 생활하고 있다.
- 혀가 붉은 색이고, 꼬리 끝이 검은 색을 나타내고 있다.
- 살모사 3종 중에서 가장 체구가 작으나 행동이 가장 민첩하다.
- 쇠살모사가 독이빨에서 방출하는 독의 양은 1회에 1~2ml 정도이다. 독아에서 방출되는 독의 성분은 적혈구와 백혈구를 파괴 시키는 혈액성독으로 구분된다.

⑫ 살모사

- 지방에 따라 까치독사, 살무사, 실망이, 부예기라고도 한다.
- 한국, 일본, 중국, 러시아 등에 분포하고 있다.
- 머리는 거의 삼각형이다. 눈과 콧구멍사이에 협와(頰窩;아릅슨기관)가 있어 외부의 화학물질을 감지한다. 혀의 색의 검은색이고 꼬리는 노란색으로 다른 살모사 종류와 비교된다.
- 毒蛇로서 세포성독소(Cytolysin)을 가지고 있어 물리면 치명적이다.
- 한국에서는 제주도를 제외한 전 지역의 고산보다는 산과 연결되어 있는 밭둑이나 산 입구의 가시덤불과 잡초가 무성한 바위 근처에서 들쥐와 개구리, 장지뱀류를 포식하고 있다. 교미시기는 8~9월이며, 난태생이다.
- 교미를 하면 수정된 알은 생식기내에 보관되어 어미와 함께 겨울을 보내고, 이듬해 8월 초에 6~12 마리(卵胎生)의 새끼를 낳는데, 임신기간은 90일 정도이다.

- 외부 기온이 평균 10℃로 내려가는 10월이 되면 햇빛이 잘드는 양지쪽의 암벽의 틈새 사이를 찾아 동면에 들어 가서, 다음해 3월경에 동면에서 깨어난다.

⑲ 까치살모사

- 지방에 따라 칠점사, 칠점백이라고도 한다.
- 한국, 중국북부 등지에 분포한다.
- 살모사나 쇠살모사에 비하여 몸이 굵고 꼬리가 짧은 것이 특징이다.
- 정수리에는 거꾸로된 V자 모양의 무늬가 있고, 눈에서 목까지 흰선이 없는 것이 살모사와 구별된다.
- 야행성으로 들쥐, 다람쥐, 개구리 등을 포식한다.
- 몇 분 내에 치사되는 투명하고 하얀색의 신경성독(Neurotoxin)을 보유하고 있다.

⑳ 바다뱀

- 대서양, 홍해, 지중해를 제외한 전 해양에 살고 있다.
- 50~60종의 맹독성의 독사로 구성되어 있다.
- 몸통은 납작한 모양으로 되어있고 꼬리부분으로 갈수록 더 납작한 배의 노모양으로 되어 있어 바닷물 속에서 헤엄치기에 적합하게 변형되었다.
- 호흡은 허파호흡을 하며 2개의 허파 중에서 한 개가 퇴화되어 다른 뱀종류보다 공기 주머니가 더 잘 발달되어 있다.
- 대부분의 바다뱀은 물속에서 새끼를 낳지만, 어떤 종은 알을 낳으러 해안으로 나오는 것도 있다.
- 바다뱀은 90%이상이 치명적이 신경성독을 가지고 있어 물리기만 하면 죽는 경우가 많으므로 각별히 조심해야 한다.

▶ 파충류 관찰 및 채집방법

파충류 중에서 장지뱀류와 도마뱀류는 오래된 밭과 경작지 주변 그리고 도로변과 등산로옆의 돌을 들추어 채집하고, 뱀류는 저지대의 야산 임연부일대, 목은 발발, 등산로 주변에서 뱀집개와 곤충채집용 포충망을 이용하여 채집하고 이런 채집도구가 없을 때에는 일단 등산용 지팡이로 뱀의 목을 누른 다음, 목부분을 눌러 머리가 좌우로 움직이지 못하게 하여 채집통이나 망에 넣는다.

한편 독이 있는 살모사 종류(살모사, 쇠살모사, 까치살모사)와 유혈목이는 위험하니 각별히 조심하여야 한다. 그리고 항상 채집 후 채집 장소와 채집한 종류를 양서류와 마찬가지로 야장에다 기록하여 근거로 남겨야 한다.

【표 2. 파충류 채집 후 기록 양식】

일자 : 1997년 10월 25일 채집자 : _____

종 명	채집 장소	개 체 수		채 집 형 태			채 집 장 소 형 태					비 고
		채집	발견	알	올챙이	성체	산	논	밭	호수	계곡	

예 1)

일자 : 1997년 10월 25일 채집자 : _____

종 명	채집 장소	개 체 수		채 집 형 태			채 집 장 소 형 태					비 고
		채집	발견	알	올챙이	성체	산	논	밭	호수	계곡	
누룩뱀	수원 광고산	2				✓			✓			

예 2)

일자 : 1997년 10월 25일 채집자 : _____

종 명	채집 장소	개 체 수		채 집 형 태			채 집 장 소 형 태					비 고
		채집	발견	알	올챙이	성체	산	논	밭	호수	계곡	
누룩뱀	수원 광고산		1			✓						✓

▶ 파충류의 구조

도마뱀과 뱀은 외견의 겹쳐지는 단편적인 비늘을 가지고 있으며, 거북이의 비늘은 등딱지라 불리는 한 개씩 분리되는 독립적인 비늘을 가진다. 이와 같은 파충류의 표피는 방어의 갑옷으로 사용된다. 한편 뱀은 네 다리가 있는 도마뱀과 비슷한 파충류에서 네다리가 퇴화하는 쪽으로 진화하여(현존하는 비단구렁이는 뒷다리의 흔적이 남아 있다) 배 비늘과 갈비뼈의 운동으로 몸통을 이동시킨다. 뱀은 전면이 비늘로 쌓여 있으며, 그 비늘은 각질로 되어있고, 머리의 비늘은 좌우 대칭으로 정렬하여 느껴져 있고, 종에 따라서 그 정렬의 상태가 다르다. 등쪽의 비늘은 작지만 배쪽의 비늘은 폭이 넓고 앞 뒤 일열로 배열되어 있으며, 꼬리쪽에는 쌍으로 덮혀 있다. 한편 파충류의 혀의 모양을 보면 길고 끝 부분이 포크모양으로 갈라진 것과, 넓적하고 짧게 되어 있는 것으로 종류에 따라서 혀의 모양도 다양하다. 그리고 주로 파

충류는 아행성이어서 눈이 주간에는 동근형태를 가지고 있다가 점점 어두워지면 고양이와 눈처럼 위에서 밑으로 찢어지는 눈의 모양으로 변한다. 장님뱀 종류는 지하에서 생활하기 때문에 눈이 퇴화하여 거의 없어 보인다. 다만 감각에 의하여 먹이를 찾고 이동을 한다.

▶ 파충류의 먹이 먹는 방법과 먹이 종류

파충류의 턱 구조는 입을 크게 벌려 머리보다 더 큰 동물을 삼킬 수 있게 발달하였다. 커다란 비단구렁이 중에는 45kg 이상 나가는 동물을 삼킬 수 있는 것도 있다. 동물을 삼킬 때 뱀은 먼저 그들의 턱 한쪽을 앞으로 내밀고 다른 턱을 움직인다. 뱀의 구부러진 이는 사냥감을 잡아 도망가지 못하게 한다. 뱀이 턱을 교대로 움직여 동물을 목안으로 밀어 넣는다. 이때 많은 양의 침이 입과 목에 분비되어 쉽게 삼킬 수 있도록 해준다. 어떤 경우에는 뱀이 동물을 삼키는데 1시간 30분이상이 걸리기도 한다. 또 특별한 구조때문에 동물이 뱀의 목과 입에 들어가는 동안에 기도(숨구멍)가 막히는 것을 방지해준다. 이때 기도는 혀 위 입 밖으로 밀려나올 수 있어서 삼키는 동안에 숨을 쉬도록 해준다. 먹이가 식도로 넘어가면 갈비뼈는 인대로 배비늘과 연결되어 있어 굵은 먹이를 먹게 되면 가죽이 늘어나서 기왓장 같이 뻣뻣해지는 비늘이 각기 떨어져 배열된다. 또한 굵은 먹이가 넘어가도 숨이 막히지 않는 것은 허파가 좌우 한쌍이 아니고 왼쪽허파는 퇴화하고 오른쪽 허파만이 몸의 길이에 따라 길게 위치하여 극히 얇은 막으로 구성된 주머니로 그 전 반부 만이 호흡에 사용되고 후반부는 새의 공기주머니와 같이 공기를 저장하기 때문이다. 또한 파충류들은 변온동물이기 때문에 먹이를 먹은 뒤 일광욕을 하지 않으면 몸 속의 먹이가 썩기 때문에 죽음을 면치 못한다.

먹이를 먹은 후에 뱀은 체온을 상승 시켜서 소화를 빠르게 하기 위하여 태양 아래에 누워 있다. 음식은 오랜 시간 동안 저장된다. 동물원의 뱀이나 실험실의 뱀은 때때로 몇달 동안 먹지 않는다. 왕뱀과 비단구렁이같은 큰뱀은 주로 1년 이상동안 먹지 않고도 살 수 있다. 심지어 몇몇 작은 뱀들도 6~12주 동안 지낼 수 있다. 뱀은 여러가지 이유 때문에 장기간을 먹지 않고 살아 남을 수 있다. 항온동물과 다르게 뱀은 몸을 유지하는데 많은 음식이 필요하지 않는다. 뱀은 또한 생활기간을 늘리기 위해서 적게 활동하고 조금씩 에너지를 소비한다. 게다가 뱀은 지방을 저장하는 넓은 조직을 갖고 있다. 먹이를 먹지 않는 오랜 기간 동안 그들은 이 지방으로 살아간다. 많은 종류의 동물이 뱀과 다른 파충류의 먹이가 된다.

▶ 독이 있는 뱀 구별방법

독이 있는 뱀을 총칭하여 독사라고 하며, 독사는 독이 없는 뱀에 비하여 머리가 삼각형에 가깝고 입 속의 위턱 전방에 독을 뽑는 주사비늘과 비슷한 이빨이 한쌍 존재한다. 독액은 그 이빨뿌리 끝에 독주머니에 저장되어 있어 독사가 입을 벌리면 입천정에 누워있던 이빨이 일어서면서 이빨 뿌리쪽에 있는 독주머니를 누르게 되므로 독액은 자연히 이빨의 관을 통하여 나오게 된다. 독사인 살모사의 독소는 출혈독으로 모세혈관, 작은 정맥의 혈관벽에 투과성을 도와 출혈을 일으키고 2차적으로 적혈구를 파괴시킨다. 살모사는 남방지역에 있는 방울뱀이나 코브라와 같이 표독하지 않고 성질이 온순한 편이다. 살모사가 즐겨 좋아하는 장소는 종류에 따라 다르나 흔히 풀밭 바위 옆이나 잡목의 그늘 밑에

서 쉬고 있다가 야간에 활동을 개시한다. 농촌에서 뱀에 물리는 경우는 풀을 베다 손을 물리고 간혹 양팔도 신지 않고 고무신만으로 다니다가 밭독이나 뽕나무나 산딸기의 그늘 밑에 꼬아리를 틀고 있는 것을 모르고 접근하면 살모사는 자기를 공격 하는 줄 알고 자기 몸을 보호하기 위한 수단으로 물고 달아난다. 독사에게 물리면 속히 병원으로 가서 혈청주사를 맞아야 한다. 과거에는 독사의 혈청주사에는 살모사류에 물리면 출혈독의 주사 그리고 코브라에게 물리면 신경독 혈청주사를 맞아야 효과가 있었으나, 최근에 연구 개발된 혈청주사는 출혈독과 신경독에 효과가 있으므로 한 가지 종류의 혈청주사로도 치료가 가능하게 되었다. 오직 독사만이 독아와 독샘을 가지고 있다. 독샘은 침샘으로부터 분화 되었고, 독사는 독을 품는 독이를 이용해 적을 물고 상처부위에 독을 퍼트린다. 그들은 먹이를 죽일 때 주로 독아와 독을 사용 한다. 또한 독액에 있는 효소는 동물을 먹을 때 소화를 빠르게 촉진시켜 준다. 어떤 종류의 뱀은 그들의 입의 앞쪽에 독아를 가진다. 다른 종류는 뒷부분에 있는 이빨을 독아로 사용 한다. 대부분의 독사는 독아를 앞쪽에 갖고 있다. 윗 턱에 입 앞쪽에 있는 두 이빨은 속이 빈 독아의 모양을 한다. 독아는 주사바늘과 비슷하고 일년에 여러번 탈피하고 대체된다. 가는관이 윗턱의 각 측면에 있는 각 독아로 연결되어 있다. 독사의 2가지 종류인 살모사와 코브라의 독아는 차이점이 있다. 미국살모사와 방울뱀을 포함한 살모사들의 독아는 길고 앞쪽으로 움직일 수 있다. 사용하지 않을 때 독아는 입천장에 있는 주머니 안으로 접혀진다. 이 독아는 공격시에는 일어선다. 코브라와 산호뱀을 포함하는 코브라들은 짧은 독아를 갖고 이 독아는 고정되어 있다. 바다뱀도 코브라와 같은 형태의 독아를 갖는다. 어떤 뱀은 윗턱 입뒤에 1개에서 3개의 홈이 파인 독아를 갖는다. 뒤쪽에 독아를 갖는 뱀들의 대부분은 인간에게 위험하지 않다. 왜냐면 큰 동물에게는 독을 빠르게 퍼뜨릴 수 없기 때문이다. 뱀의 독샘에는 죽음을 초래하기도 하는 대량의 효소와 다른 물질들이 있다. 뱀은 아직 동물을 삼키기도 전에 소화 작용을 시작한다. 대개는 삼키기 전에 동물이 독에 의해 죽는 것을 기다린다. 효소와 함께 대부분의 뱀의 독액은 두 가지 종류의 독을 가지고 있다. 뱀의 독에는 신경성 독과 혈액성독이 있으며, 신경성독은 신경계에 영향을 미치고, 호흡곤란과 심장 활동에 어려움을 초래한다. 혈액성독은 혈관계와 체조직에 해를 끼친다. 바다뱀은 근육에 직접적인 영향을 끼치는 특이한 독을 가진다.

▶ 뱀 이동방법

뱀은 주로 땅을 재빠르게 미끄러지는 것으로 알려져 있다. 그러나 사실 그들은 다른 동물과 비교하여 매우 느리게 움직인다. 대님뱀(양반뱀), 비단구렁이 그리고 그 밖의 다른 몇몇 뱀들은 1시간에 겨우 1.5km정도를 갈 수 있다. 기록상으로 가장 빠른 속도를 내는 뱀으로는 아프리카 검은맘바로서 단거리에서 시속 11km정도의 속력을 낸다고 알려져 있다. 참고로 사람은 단거리에서 시속 16~24km의 속도를 낸다. 뱀의 이동 방식은 ① 측면 물결운동 ② 직선이동 ③ 콘서티나이동 ④ 사행이동 등 4가지가 있다. 측면 물결운동은 뱀의 이동방법중 가장 보편적인 방법이다. 뱀은 그들의 근육을 구부려서 머리부터 꼬리까지 수평을 이루는 물결을 만든다. 몸이 이루는 고리로 식물이나, 바위, 잔가지 표면의 거친지역들을 누르면서 앞으로 전진한다. 모든 뱀들은 측면 물결운동의 전형적인 물결모양의 움직임을 만듦으로서 헤엄을 칠 수도 있다. 그러나 바다뱀은 특별히 수영을 잘할 수 있는 몸의 구조를 가졌다. 몸의 각 측면은 유연하고 꼬리는 노와 같은 모양을 하고 있다. 직선이동은 기는 방법으로 알려져 있다. 주로 이런 방법을 이용하여 나무에 오르거나 좁은 구멍을 지나간다. 아프리카독사와 비단구렁이와 같은 두꺼운 몸을 가진 뱀들은 땅위를 기어갈 때 이 직선운동을

이용한다. 직선운동은 근육을 수축시켜 배부분의 비늘을 앞으로 밀어낸다. 비늘의 뒤쪽의 뾰족한 부위는 나무껍질이나 토양의 거친부위를 잡는다. 레트뱀과 다른 기어오르는 뱀은 특별히 직선운동에 관여하는 배비늘을 가진다. 이종들의 날카로운 배 비늘은 사각이져 있어 쉽게 나무 가지를 기어오르는 것처럼 잔가지를 잡을 수 있다. 콘서티나이동방법은 주로 나무를 오르거나 부드러운 지역에서 움직이는 뱀에서 볼 수 있다. 뱀은 몸의 앞부분을 앞으로 이동하고 자신을 지지하기 위해 땅을 누르면서 몸을 조금 감는 방식으로 이동한다. 그 다음엔 등의 끝을 앞으로 밀고 감는다. 다음 등의 끝으로 땅을 누르는데 이것은 다시 앞으로 나가기 위한 지렛대의 역할을 한다. 사이드와인더운동은 주로 모래흩이나 모래로 된 지역 안에서 사는 어떤 뱀들에게서 볼 수 있는 이동방법이다. 이들 뱀들에는 북아메리카의 사이드와인더와 아프리카의 양탄자살모사와 뿔살모사가 있다. 이 운동방법은 뱀의 머리와 꼬리를 지지대처럼 쓰면서 몸체를 땅위에 미끄러뜨려 측면으로 움직인다. 그 다음으로 몸과 꼬리를 움직여 몸을 편안한 자세를 하여 반복하며 이동한다. 일부 몇몇 종의 뱀들은 위험상황에서 도망치려 할 때 점프를 하는 것처럼 보인다. 그들은 몸을 감고 있다가 재빠르게 펴는 방식으로 몸을 앞이나 옆으로 던진다. 아시아 남부의 두종류의 활강뱀은 높은 나무가지에서 낮은 곳으로 또는 이나무에서 저나무로 낙하할 수 있다. 이 뱀들은 몸을 편평하게 하여 떨어질 때 천천히 내려오게 하기 위하여 갈비뼈를 넓게 편다.

▶ 파충류 사육방법

학교나 실험실에서 뱀이나 도마뱀을 사육하면서 뱀과 도마뱀이 먹이를 먹거나, 알 낳는 방법 등 여러 가지를 관찰하기 위해서는 적당한 용기와 조건이 필요한데 양서류의 사육상자 정도이면 충분하다. 먼저 수족관의 물을 비운다음 밑 바닥에는 모래, 자갈 그리고 나무 조각 등을 깔아 준다. 그리고 숨을 쉴 수 있도록 윗뚜껑을 뚫어 두어야 한다. 도마뱀과 뱀들은 낮동안에는 숨어 있기 때문에 적당하게 숨을 수 있는 장소를 만들어 주고, 형광등을 달아서 항상 온도를 높게 조절하여 주어야 한다. 그리고 항상 물을 공급하기 위하여 물을 공급할 수 있는 용기를 바닥에 넣어 주어야 한다.

■ 한국산 양서류충류 국내 실태

No.	종 명	국내실태						비 고	
		국내분포역	분포역의 분포형	상대적밀도	서식환경상황	학술성	급격한 감소원인		
1	도롱뇽	광	국소형	보통	악화·축소				
2	제주도롱뇽	협	편재형	보통	악화·축소	고유종			
3	꼬리치레도롱뇽	협	국소형	저	악화·축소		산란, 서식처소실		
4	무당개구리	광	편재형	고	보통				
5	두꺼비	광	국소형	보통이하	악화·축소		매매, 산란, 서식처소실		
6	물두꺼비	협	국소형	저	악화·축소		산란, 서식처소실		
7	청개구리	광	편재형	고	악화·축소				
8	수원청개구리	협	국소형	저	악화·축소	고유종			
9	맹꽁이	협	국소형	극저	악화·축소		서식, 산란장소실		
10	참개구리	광	편재형	고	악화·축소				
11	금개구리	협	국소형	극저	악화·축소	고유아종	서식, 산란장소실		
12	아무르산개구리	광	국소형	보통	악화·축소	고유아종			
13	옴개구리	광	편재형	고	보통				
14	산개구리	협	편재형	보통	악화·축소		매매, 산란장소실		
15	계곡산개구리	협	국소형	저	악화·축소		매매, 산란장소실		
16	자라	협	국소형	극저	악화·축소		매매, 산란, 서식처소실		
17	남생이	협	국소형	극저	악화·축소		매매, 산란, 서식처소실		
18	도마뱀	협	국소형	저	보통				
19	도마뱀붙이	협	국소형	극저	악화·축소		서식, 산란장소실		
20	장지뱀	협	국소형	극저	보통	고유종			
21	아무르장지뱀	광	편재형	고	보통				
22	줄장지뱀	협	국소형	보통	악화·축소		서식처소실		
23	표범장지뱀	협	국소형	극저	악화·축소		서식, 산란장소실		
24	누룩뱀	광	편재형	고	보통				
25	구렁이	협	국소형	극저	악화·축소		매매, 산란, 서식처소실		
26	무자치	협	국소형	저	악화·축소				
27	유혈목이	광	편재형	고	보통				
28	살뱀	협	국소형	극저	악화·축소		서식처소실		
29	능구렁이	광	국소형	저	악화·축소		매매		
30	대륙유혈목이	협	국소형	저	보통				
31	비바리뱀	협	국소형	극저	보통				
32	쇠살모사	협	국소형	저	악화·축소		매매, 서식처소실		
33	살모사	협	국소형	저	악화·축소		매매, 서식처소실		
34	까치살모사	협	국소형	극저	악화·축소		매매, 서식처소실		
35	바다거북류	IUCN의 Red Data Book에 등재 되어 보호하고 있는 종류임							

■ 서울시의 양사과충류 현황

1) 도심 내에서 조사된 양사과충류 조사 결과 비교

번호	종명	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	비고
1	두꺼비	-	-	-	-	-	-	○	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2	맹꽁이	-	-	-	-	-	-	○	-	-	-	-	-	-	-	○	-	법적보호종
3	참개구리	-	-	○	○	-	○	○	○	-	-	○	○	-	-	-	-	
4	청개구리	-	-	○	-	○	-	○	○	-	○	○	○	○	-	-	-	
5	산개구리	-	-	○	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○	-	-	-	서식처지표
6	금개구리	-	-	-	-	-	-	-	-	○	-	-	-	-	-	-	-	법적보호종
7	옴개구리	-	-	-	-	-	-	○	-	-	-	○	-	-	○	-	-	
8	아무르산개구리	-	○	○	-	-	-	○	-	-	-	-	-	-	-	-	-	서식처지표
9	황소개구리	-	-	-	-	-	-	○	-	○	-	○	-	-	-	-	-	도입종
10	자라	-	-	-	-	-	-	-	○	-	-	-	○	○	-	-	-	
11	붉은귀거북	○	-	-	-	-	-	○	○	-	-	○	○	○	○	-	-	도입종
12	줄장지뱀	-	-	-	-	-	-	○	-	-	-	-	-	-	○	-	-	서식처지표
13	아무르장지뱀	-	-	○	-	-	-	○	○	-	-	-	-	-	○	-	-	
14	유혈목이	-	-	-	-	-	-	○	○	-	-	-	-	○	-	-	○	
15	누룩뱀	-	-	-	-	-	-	○	-	-	-	-	-	○	-	-	○	
16	무자치	-	-	-	-	-	-	○	○	-	-	-	-	-	○	-	-	
17	살모사	-	-	-	-	-	-	○	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
총계	17종	1종	1종	5종	1종	1종	1종	14종	7종	2종	1종	5종	4종	6종	5종	1종	2종	

※ A:창덕궁, 창경궁 B:돈촌동습지 C:길동생태공원 D:올림픽공원 E:독립문공원

F:서울시립대 연못 G:양재천 H:여의도샛강 생태공원 I:행주대교 습지

J:강동대교 당정섬 K:중랑천(노원교↔상계대교, 창등교↔녹천교 율령교↔이화교)

L:밤섬 M:국립묘지 N:탄천 O:은평구 진관내동 못자리골습지 P:암사동 한강둔치

서울 도심 내에서 지금까지 조사된 16지역에서 확인된 양사과충류는 17종으로 양서류는 두꺼비를 비롯하여 9종 파충류는 자라를 비롯하여 8종을 확인하였다. 그러나 16개 조사대상지역 중에서 단 1종이 출현한 지역이 7개지역이고 2종은 2개지역으로 전체 60% 정도를 차지하고 있었다. 그러므로 상기의 결과를 미루어보아 서울도심 내에 양사과충류가 서식하고는 있지만 극히 극소수에 불과하며, 그나마 1종 내지는 2종에 의하여 명맥을 유지하고 있는 실정이므로 도심 내 서식실태는 심각하다고 판단된다. 그리고 주로 나타나는 종들은 참개구리, 청개구리 그리고 붉은 귀거북 3종이므로 종의 감소추세는 급격히 이루어 질 것으로 여겨지며, 생물다양성 자체도 심각히 위협받는다고 추정된다.

2) 산림 내에서 조사된 양서파충류 조사 결과 비교

번호	종명	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	비고
1	도롱뇽	-	○	○	○	-	○	○	-	○	-	-	-	서식처지표
2	꼬리치레도롱뇽	-	-	○	-	-	-	-	-	-	-	-	-	서식처지표
3	두꺼비	○	○	-	○	-	○	-	-	-	-	-	-	법적보호종
4	참개구리	○	○	-	○	-	○	○	-	○	-	○	○	
5	무당개구리	-	○	○	○	-	○	○	○	○	-	-	-	서식처지표
6	청개구리	○	○	○	○	○	○	○	-	-	○	○	○	
7	산개구리	-	○	○	○	○	○	○	-	○	○	○	-	서식처지표
8	옴개구리	-	○	○	○	-	○	○	-	-	-	-	-	
9	아무르산개구리	-	-	○	○	-	-	-	-	-	-	-	-	서식처지표
10	자라	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○	-	-	서식처지표
11	붉은귀거북	○	-	-	○	-	-	○	-	-	○	-	-	도입종
12	줄장지뱀	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○	-	-	서식처지표
13	도마뱀	-	○	○	○	-	-	-	-	-	-	-	-	
14	아무르장지뱀	-	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	-	
15	유혈목이	○	○	○	○	-	○	○	-	○	○	-	○	
16	누룩뱀	○	○	○	○	-	○	○	-	-	○	-	○	
17	능구렁이	-	-	○	○	-	-	-	-	-	○	-	-	
18	무자치	-	○	○	○	-	-	-	-	-	○	-	○	
19	살모사	○	-	○	○	-	○	○	-	○	○	○	-	
20	쇠살모사	-	○	○	○	-	○	○	-	○	-	-	-	
총 계	20종	7종	13종	17종	17종	3종	12종	12종	2종	8종	11종	5종	5종	

※ A:난지도 B:북한산 C:청계산 D:관악산 E:용마산 F:수락산 G:불암산 H:북악산

I:인왕산 J:우면산 K:대모산 L:아차산

서울 시내를 중심으로 주변 산림지역 혹은 인공적으로 조성된 12개 지역을 대상으로 조사한 결과 20종의 양서파충류를 확인할 수 있었다. 가장 많은 종을 확인할 수 있었던 지역은 관악산과 청계산으로 17종이 확인되었으며, 도심지역에 비하여 양서파충류의 종수와 밀도에서도 월등히 높은 경향으로 보여주고 있었다. 꼬리치레도롱뇽, 자라 그리고 줄장지뱀 3종을 제외하고는 전반적으로 골고루 분포하고 있음이 확인되었다. 그러나 인간 야외 활동의 증가로 인하여 모든 산림지역이 인간의 간섭과 교란의 정도가 점차 가중되고 있는 작금의 실정으로 보아 양서파충류의 서식공간도 점차 잠식되리라 판단되어, 등산로확충의 규제 혹은 예약제 등 자연과 생물이 함께 공존할 수 있는 다양한 방법을 도출하여야 하고, 출입제한 지역과 출입지역에 대한 철저한 관리가 있어야 할 것이다.

■ 문제점

조사면적과 조사대상지역으로 판단하여보면 매우 적은 종수와 개체수를 확인할 수 가 있었는데 여기에는 여러 가지 원인이 작용하였으리라 생각한다. 서울이라는 거대한 Metapopulation이 산업화, 도시화되기 전인 아주 양호하고 수려한 자연경관과 함께 다양한 수계가 형성되었을 때는 다양한 종류의 양서류가 산림과 연계된 녹지공간에 서식하고 있었으나 하천의 오염과 녹지축의 단절화 등 다양한 방법에 의한 자연생태계의 파괴가 가속되면서 유일하게 습지가 남아있는 지역 혹은 인간의 간섭이 적은 지역에 만 유일하게 소수의 종들이 간신히 명맥을 유지하고 있는 실정으로 추정되며, 여기에 다음과 같은 원인을 선택할 수가 있을 것이다.

- ① 습지(논 생태계)의 매립 및 훼손으로 인한 감소
- ② 산란장소 매립
- ③ 생물종의 인식 부재
- ④ 산업화도시화에 따른 녹지축의 단절화(이동통로 단절)
- ⑤ 주변 습지대 감소(하천직강화에 및 고수부지 콘크리트화)
- ⑥ 하천오염(발생장에)
- ⑦ 인간 야외활동 증가

■ 대책

1) 산란장소 보호 및 복원(산란장소 출입금지)

양서류가 자연생태계에 주는 중요한 기능은 수환경 지표종이라는 것과 서식처 대표종이라는 것이며, 양서류가 산란하는 장소는 수중이므로 양서류의 산란장소는 양호한 수질을 측정하는 지표가 되는 것이다. 그러므로 양서류의 산란장소는 자연생태계 즉, 수질의 상태를 보여주는 척도가 되므로 양서류의 산란장소는 반드시 보호하여야 하며, 일반인들의 출입을 철저히 규제하여 보호하여야 한다. 그리고 점차 줄어드는 습지대는 보완 혹은 확충하여 양서류가 충분히 산란할 수 있는 면적과 공간적 배려가 있어야 한다.

2) 하기 휴가철 행락객에 의한 계류 수질오염 방지

여러 가지 원인으로 자연생태계의 붕괴로 육상 척추동물이 먹이섭취, 교미기에 산란장소 및 배우자 찾기, 휴식 공간 찾기, 동면장소 이동에 장애를 받게 된다. 양서류의 경우 서식처의 변화에 따른 산란장소의 파괴와 수계의 오염에 따른 서식장소의 물리·화학적인 붕괴는 개체수의 격심한 감소를 초래하게 되는데, 조사 대상지역 중 북한산, 관악산 그리고 청계산은 여름철에 등산객 인파의 집중적인 출입과 교란에 따른 수질의 오염은 산개구리(*Rana dybowskii*), 도롱뇽(*Hynobius leechii*) 등의 초기 유생의 발생에 결정적으로 방해할 주게 된다. 그러므로 행락객과 집단 취락지역에서 오폐수를 직접적으로 하천에 방류하거나, 무분별한 쓰레기의 투기를 여름한철 집중적으로 단속하여야 한다.

3) 동절기 산개구리(*Rana dybowskii*) 매매를 위한 포획금지

동절기(1월~2월)에 보신문화의 영향에 휩쓸려 동면중에 있는 산개구리(*Rana dybowskii*)를 매매하기 위하여 전기 충격기 혹은 족대로 마구 남획하는 사례가 종종 있으므로, 이러한 행위는 철저히 규제를 하여야 한다.

4) 양사과충류 산란지 유지 및 보호

야생생물 보전을 위해서는 보호하고자 하는 생물이 속한 생태계의 구조를 이해하여야 한다는 공통된 전제조건이었으나, 무엇보다 식물과 동물의 큰 차이는 자연 상태에서 식물은 정주성인 반면 동물은 이동성이 있다는 것이다. 이 차이는 학술적인 연구나 야생생물의 보전대책을 수립하는데 있어 접근방법에 상당한 차이를 초래한다. 즉 동물은 일정한 곳에 정주하지 않고, 먹이나 번식을 위해 서식지를 달리하여 생존의 필요에 따라 서식지를 이동한다. 생태계에서 동물은 소비자로 그 먹이를 생산자인 식물에 의존하고 있기 때문에 식생과 불가분의 관계가 있다. 그러나 식생형이 같다고 반드시 동물상이 같은 것은 아니어서, 동물의 위치를 이해하기 위해서는 식물상 까지도 대응하여야 하는 어려움이 있다. 따라서 야생동물의 보전을 위해서는 종의 분포지에 관한 자료이외에 지형적인 분포상도 함께 고려해야 한다.

양사과충류는 생태계 내에서 식물연쇄, 에너지의 흐름과 개체군의 크기조절 등에서 서로 큰 영향을 주고 있어, 이들의 생태적 지위는 매우 중요하다. 또한 서식지에서는 해충을 포식함으로써 인간에게도 유익한 역할을 하여 상당한 보호가치가 있다. 양사과충류의 주요 서식지는 종마다 상이하지만 일반적으로 양서류의 경우 평지의 밭, 논과 수로, 풀밭과 저지대의 물이 고여 있는 곳 그리고 자연림이 잘 보전된 계류가 있는 곳이며, 과충류는 저지대 인간 부근의 들과 초원, 잡초가 무성한 곳 그리고 고지대의 바위가 있는 곳으로 대부분 서식지가 인간이 생활하는 곳과 인접하고 있어 항상 인간의 위협에 도사리고 있다. 주요 감소원인은 농약과 비료사용에 의한 산란지의 오염과 유생의 감소, 도시팽창에 따른 토지개발과 도로확장에 의한 서식지 감소, 쓰레기의 습지 매립, 식용과 약용을 목적으로 한 포획 등이다. 특히, 양사과충류는 야생동물 중에서 환경변화에 가장 취약하여 최근 급속한 농지와 습지 및 산림에서의 토지 용도의 변경에 의한 서식지 제거나 분할은 양사과충류의 생존에 상당한 위협을 초래하고 있으며, 최근 하천의 개보수(하천정비)로 인하여 유발되는 생물다양성의 감소(곤충상과 먹이사슬 붕괴)는 수변을 주거지로 서식하고 산란하는 양서류와 과충류의 서식공간의 파괴는 실로 심각한 문제를 불러오고 있다. 이들은 알이나 유생들은 그러한 서식지 변화로부터 피하는 능력이 거의 없어서 수로나 저수지의 수위변경과 같은 일시적인 서식지 상실에서 산란지를 상실하게 된다. 위에서 언급한 바와 같이 양사과충류는 생태계의 먹이연쇄에서 서로 작간접적으로 관련을 갖고 있어, 생태계 전체에서 중요한 생태적 지위를 차지하고 있으므로, 생태계의 균형유지를 위해서도 이들의 서식지는 필히 보호되어야 한다. 이들의 생존은 서식지에 좌우된다. 서식지 보전의 1차적인 목적은 토지의 사용에서 유해한 변화를 최소화하기 위한 서식지의 안전조치이다. 이 지역에 대한 개발이나 오염에 의한 서식지의 변화를 최소화하고 인간에 의한 답압이나 침식을 감소시키기 위한 통행로의 보호방책설치와 산란장소의 출입금지, 서식지의 범람을 방지하기 위한 둑의 설치 그리고 새로운 산란장소의 제공 등이다.

5) 산란기에 알 채취금지

봄철(3월~5월)에 초등학교 자연실습시간에 학생들이 양서류 발생과정 관찰실험을 하기 위하여, 산란한 알을 채취하여 학습교재로 사용하고 또한 교과 과정에 포함되어 있는 것을 확인 할 수 있는데, 이러한 행위는 자연을 관찰하고 보호·유지하는 것이 아니라, 생물다양성을 스스로 감소시키는 결과를 초래하게 된다. 그러므로 봄철 자연생태학습 교육은 반드시 현장에서 관찰로만 실시할 것을 강력히 건의하는 바이다. 부득이 채취를 해야 할 경우에는 발생과정이 종료된 어린 올챙이를 다시 원래의 서식처에 방사하는 자연보호교육을 병행해야만 할 것이다(매년 3월에 서울시 일대 초등학교에 공문을 보내어 이러한 일을 주지 시키는 것이 바람직하다고 본다)

6) 의식전환을 위한 환경교육

7) 정적인 조경설계 → 생태조경(동적인 조경설계)

8) 주기적인 모니터링 및 직접 감소원인규명

9) 복원전략 및 실천계획 수립

10) 무분별한 외래도입종방사 금지(붉은귀거북)

자연생태계는 스스로 평형상태를 유지하려는 기능을 가지면서 안정화 그리고 합리화 방향으로 진화되어 왔으며, 앞으로도 그 성질을 가지고 계속 진화할 것이다. 그러나 최근에 급변하게 변하는 과학문명과 생활의 편리화를 위한 자연의 무분별한 개발, 변조, 도시 생활폐수, 산업폐수와 폐기물 그리고 농약 등으로 인하여 자연생태계가 몸살을 앓아 이제는 자체 조절능력을 점점 잃어 가고 있다. 한편 생물학적인 요인으로는 무분별한 남획에 의한 종의 감소, 외래종 도입 방류에 의한 어류와 양서류상의 생태학적인 교란, 종교적인 방생 또는 낚시 대상 어종의 확대 등으로 특정 종의 무분별한 분산 방사에 의한 잠재 유전자원의 교란 등을 들 수 있다. 이러한 것은 자연생태계의 교란은 물론이고, 동일종이 서식하고 있는 경우에는 잠재 유전자원 교란을 초래할 뿐 만 아니라, 각각의 고유 자연생태계의 자연스런 먹이사슬의 고리를 차단 혹은 교란시키고 있어 생태학적으로도 큰 영향을 미치고 있다.

붉은귀거북(*Trachemys scripta elegans*)은 늪거북과(Emydidae)의 민물거북으로 영명은 Red-eared turtle/slider이라고 한다. 이 종이 도입되는 초기에는 어린유생의 푸른등 껍질을 보고 “청거북”이라고 하였으나, 어린 유생이나 성체의 눈 뒤 머리측면 양쪽에 선명한 붉은 반점과 영명에서 볼 수 있듯이 지금은 “붉은귀거북”이라고 불리고 있다.

원래 미국 미시시피 계곡일대가 이 종의 원산지이며, 미국 동남부에 걸쳐서 전 세계적으로 분포하고 있다. 우리나라에서는 전국 어느 곳이나 하천, 호수, 저수지 그리고 도심공원내의 연못 등지에 살고 있으며, 등껍질의 길이는 12~20cm이며, 최대 28cm정도 되는 것도 있다. 몸무게는 1년생은 30g정도 이지만 성체가 되면 1.4kg 내외가 되며, 몸집의 크기도 20배 이상이 된다(이 정도로 성장하려면 얼마만큼의 먹이를 먹어야 할지는 짐작이 갈 것이다). 등껍질의 색은 녹색이며, 배껍질은 황색의 검은 반점이 있다. 상악골 앞의 V자 모양의 윗입술판은 아래 입술을 덮고 있으며, 수온이 18~28℃에서 활발하게 활동한다. 식성은 잡식성으로 연못, 저수지 등지에서 주로 소형어류, 수서곤충, 수초 등을 먹고 살며, 사육시에는 인공사료도 먹는다. 산란 시기는 4월에서 7월까지이며, 2~22개의 타원형의 알을 1~5회 걸쳐 모래 혹은 연한 토양을 파고 그 속에 산란한다. 수명은 20년 내외이고, 사육실에서는 37년까지 생존한 기록이 있다. 또한 붉

은귀거북은 내성이 강하여 3~4급수의 수질에도 충분히 생존할 수 있기 때문에 우리나라의 전역에 분포한다고 해도 과언이 아니다.

우리나라에는 1980년대 후반에 애완용과 불교신자들의 방생용으로 수입되면서 전국에 걸쳐 분포하면서 국내에는 천적이 없는 관계로 서식처 내에서 우리나라 고유 어류와 수서곤충, 미국붉은가재(용산가족공원에 서식) 등을 잡아먹고 있어, 호소생태계의 먹이사슬을 교란시키고 있는 실정이다. 이렇게 붉은귀거북이 우리나라의 모든 하천, 호수 그리고 연못에 번지게 된 이유는 크게 두 가지로 분석할 수 있다.

첫째는 각 가정에서 애완용으로 사육하다가 4~5년 정도면 성체가 되어 겨울방울에서 약취가 나게 되면 거북이 우리 인간에게 주는 장수와 구원의 상징성 때문에 처리(?)를 못하고 아무런 의식 없이 주변의 하천이나 호수에 방사하게 된 경우이고,

둘째는 종교적인 방생의 목적으로 일정한 날에 대량으로 방사하게 된 경우이다. 그러나 가끔 이렇게 방사된 개체는 다시 매매업자에 의하여 잡혀서 되 팔리는 아이러니한 광경도 목격 할 수 있다.

한편 거북류는 모래사장에다 알을 낳고 한 여름의 태양볕에 의하여 달구어진 지열에 의하여 부화되는데, 우리나라의 모든 하천은 무분별한 하천 개수와 골재의 채취, 콘크리트화된 농업용 수로, 제방축조 등을 들 수 있다. 우선 하천의 개수의 경우는 자연형인 사행하천을 직선화하고 하상을 평편하게 정리하여 콘크리트화 하였기 때문에 산란장소가 없어 수명이 다하면 죽고 말게 된다.

붉은귀거북의 분포를 우리 근처에서 둘러보면 서울도심의 비원, 경복궁, 국립묘지 등지의 호수와 연못에는 햇볕이 내리쬐는 오후에는 20~30마리가 서로 일광욕을 하기 위하여 호수 한가운데 들위에 무더기로 올라온 것을 흔히 볼 수 있으며, 난지도를 중심으로 하류지역(방화대교 공사장 일대)에의 저습지의 웅덩이에는 하루에 50여 마리를 관찰 할 수 있다.

물론 모든 야생동물의 이주(도입?)는 계획적인 것은 아니라고 본다. 세계적으로 농산물을 거래하고 이동시킬 때 야생동물이 교통수단과 더불어 우연히 동승하게 되는 것은 부득이한 일일 것이다. 실 예로 중남미와 서인도에 사는 갈색 줄무늬개구리(*Oololygon rubra*)가 빈번한 밀항자 취급을 받는데, 이 개구리는 바나나사이에 숨어 영국의 과일가게에 종종 나타나게 된다. 열대우림에서 살던 좋은 추운 나라에서 자신을 안정시킬 수 없지만 때때로 그곳에서 더 좋은 서식장소를 발견하게 되면 살아남아 자신을 안정화 시킬 것이다.

이렇듯 과학문명과 교통수단이 발달하면서 자연적으로 들어오는 종을 우리가 제어하기는 힘들다 하여도 인위적으로 도입되는 종들에 대해서는 철저한 생물학적인 검증이 수반되어야 할 것이다. 한번 도입 혹은 방사된 황소개구리와 붉은귀거북을 완벽하게 제거하여 원래의 생태계로 돌릴 수는 없다. 그러나 우리는 최소한의 피해를 막기위하여 최대한의 처방을 기울여야 한다. 마지막으로 이렇게 애완용 혹은 다른 인간의 욕심에 의하여 국적을 바꾸어 들어오게 된 야생동물들에 대하여 어떻게 관리해야 만 우리나라 고유생태계를 지키고 또 계속 자연스럽게 유지할 수 있을 것인가 하는 것에 대하여 장단기적인 몇 가지 처방을 내리고 싶다.

첫째, 들에 피는 야생화도 그 자리에 있음으로서 존재의 가치를 발한다. 그러나 인간의 욕심에 의하여 자기만이 간직하고자 꺾는다면 그 순간부터 생명과 존재의 가치는 없어지듯이 야생동물을 시각 혹은 심미적으로 즐기기 위하여 가정으로 들여와 사육하려고 우리내 마음을 점차적으로 자연과 동화되는 친자연적인 정서를 조금씩 가져야 할 것이다.

둘째, 이미 가정에서 애완용으로 기르는 붉은귀거북은 등을 자연에 다시 방사하여도 우리나라 자연생태계를 교란시키지 않는 다른 동물로 대체하여 사육하였으면 한다.

셋째, 종교적인 행사로 하천 혹은 호수에 방사되는 붉은귀거북 대신에 정작 우리에게 잊혀져가는 고유 우리나라 토종 물고기를 방사하는 방법도 생각하여야 할 것이다. 서울시 환경기획과에서 모든 사찰에 공문을 보내 붉은귀거북 대신 우리나라 고유 어류를 방사하기를 건의 하였는데, 얼마만큼의 실효를 거둘지 궁금하다. 다음은 우리나라 하천에 도입가능한 어류와 서식환경조건을 제시하여 보았다.

1. 도입 가능한 어류 및 환경조건

장 소	환 경 조 건	도입 어류	비 고
▶ 연 못	·수심이 비교적 깊고, 수면이 넓어서 수량이 많다. ·물의 흐름도 정체되거나 완만하여 정수역	·물개 ·참붕어 ·버들치	·납자루類를 도입할 경우에는 반드시 이매패(민물조개)를 함께 방사하여야 함(납자루類는 이매패類가 없으면 산란할 수가 없음)
▶ 저 습 지	·수심이 얇고 수면이 넓으며, 수초(침수식물이나 정수식물)가 많이 나 있으며, 유속은 흐르고 있으나 항상 물이 흐르고 있는 상태	·납자루類 ·송사리 ·끄리 ·치리 ·미꾸라지 ·쌀미꾸리	

9. 토양생물 및 기타 소동물

1. 토양 생태계의 이해

토양은 지구를 둘러싸고 있는 얇은 막으로서 100만종 이상의 온갖 생물이 살아가는 공간인 동시에 인간이 생명을 이어나가는데 필요한 식량의 대부분을 얻고 있는 생활 터전이다. 토양에 대한 일반적 상식은 대개 그러한 외형적인 데에 머물고 있지만, 중요한 것은 토양은 거시적인 면에서 하나의 생태계로 존재한다는 사실이다.

토양은 콘크리트와 같은 딱딱한 물질세계와는 근본적으로 다른 역동적인 공간이다. 눈에 보이지는 않지만 토양 속에서는 미시적 생물군에 의한 유기물 분해작용, 각종 무기물질의 전환, 에너지의 순환, 호흡작용이 끊임없이 이루어지고 있다. 즉 하나의 생물작용의 순환계 즉 토양생태계로 존재하는 것이다.

주지하는 바와 같이 생태계란 생물체와 환경이 서로 밀접한 영향을 주고받는, 개체수준 이상의 생명현상을 말한다. 대개의 경우 생명현상은 공기, 물, 각종 영양소, 알맞은 생활공간이 보장되어야 유지된다. 토양생태계도 생태계인 만큼 그와 같은 조건이 모두 존재하는 것은 당연하다.

그렇다면 토양생물의 서식처를 결정하는 토양요소들의 의미성과 중요한 생태학적 상호 관계, 그리고 토양의 형성과정에 대해 알아보자.

1) 토양의 형성

(1) 물리화학적 과정

암석의 표면이 대기권에 노출되면 물리적 요인의 영향을 받게 된다. 암석의 조그만 틈에 수분이 채워지고, 이 수분이 얼어 부피가 늘어나면 1cm³당 146kg 이상의 압력이 생기게 되어 단단한 암석을 깨기에 충분한 힘을 가지게 된다. 밤과 낮의 일교차로 인한 온도차이는 암석의 신장과 응축을 반복하게 하고, 태양광선에 직접 노출되는 표면과 닿지 않는 음지부분의 온도차이도 암석을 갈라지게 한다. 갈라진 암석조각들은 중력과 바람 또는 물의 풍화작용에 의해 점점 더 작은 조각으로 깨지게 된다.

물체는 그 크기가 작아질수록 부피에 대한 표면적의 비가 커지게 되므로, 암석입자가 작아질수록 주변 환경의 화학적 요인에 의한 영향을 더 많이 받게 된다. 특히, 암석입자를 구성하는 무기물 성분의 일부는 수용성이므로 물과 화학반응을 한다. 이 과정을 가수분해(hydrolysis)라고 하며, 불용성 화합물을 보다 수용성으로 변환시킬 수 있다.

암석의 구성성분에 첨가된 물은 암석 입자를 크고 유연하게 함으로써 결과적으로 식물의 뿌리가 쉽게 뚫고 들어갈 수 있도록 한다. 또한 산화에 의해서도 암석의 무기물 성분은 크기와 연성정도가 증가되고, 전하가 변경되어 물이나 약산과 쉽게 반응이 이루어진다.

이와 같이 물리적 요인과 화학적 요인들의 상호작용에 의해서 지표면 암석의 구조와 화학적 조성은 서서히 변형된다. 고품암석이 무기물(미네랄)층으로 변형되는 데 소요되는 기간은 암석 고유의 특성과 노출정도에 따라 다르며, 또한 기

후대와의 연관성이 있다. 일반적으로 건조한 지역보다는 다습한 지역에서 더 빠르게 진행된다.

(2) 생물학적 과정

암석의 토양화 과정은 생명체가 도입되면서 가속화된다. 화학적 반응의 결과로 방출된 수용성 형태의 무기물은 생물체에 흡수되고, 대사과정을 거친 유기물과 죽은 세포들은 또 다른 생물들이 살아가는데 필요한 유기 영양원이 된다.

일반적으로 세균이 이러한 유기 영양원에 먼저 부착하여 육안으로는 보이지 않는 암석의 갈라진 틈에서 집락을 형성한다. 그런 다음 곰팡이와 조류 또는 곰팡이와 남조류가 혼성된 지의류가 발생한다. 조류나 남조류는 광합성을 통해 탄수화물과 산소를 공급하며, 곰팡이는 암석으로부터 물과 미네랄을 흡수하여 공생하는 생물들이 건조되는 것을 막아 주고, 매우 좁게 갈라진 틈으로 성장한 균사가 이들을 암석에 단단히 부착시킨다. 이러한 공생관계로 식물이 살 수 없는 척박한 환경에서 지의류가 번창할 수 있게 된다.

죽은 세포의 사체와 대사 잔해물로부터 유래된 유기물질들은 지의류 밑층에 축적되고 미네랄 입자들과 혼합되어 화학반응을 가속화시킨다. 이 혼합물은 흡수성과 보수성이 높아서 식물에 필요한 서식지와 영양원을 제공할 수 있는 여건을 형성하게 된다. 지의류가 번성한 이후로 이끼류의 번성이 뒤따르고, 조그만 풀들이 깊게 뿌리를 내릴 수 있게 되는 것이다.

2) 토양의 조성과 특성

(1) 토양의 성층화

토양형성 과정에서 물리 화학생물학적 상호작용에 의해 유기물과 무기물의 혼합체가 형성되면 토양은 층을 형성하기 시작한다. 즉, 수용성 화합물과 입자들이 물에 의해 용탈되어 아래쪽으로 내려가 축적됨으로써 상층과 하층으로 구분되는 것이다.

토양형성 과정이 성숙되어 가면서 토양은 그림 1과 같이 층단면(soil-profile)이 발달하게 된다. 토양의 표면에서는 식물들에 의해 축적되는 낙엽과 동물의 배설물로부터 유래된 분해되지 않는 유기물의 최상층(surface-litter; O층)이 형성되고, 다양한 개체군, 즉 동물, 곰팡이, 세균, 포식자와 기생충에 대한 자양분을 제공한다. 이 층 바로 아래의 표토층에는 낙엽이 분해되어 생긴 검은 색의 부식토가 형성된다(topsoil; A층). 부식토는 유기물과 무기물 입자의 다공성 혼합물로서 식물생육에 필요한 양분을 제공하고, 공기유통과 수분보유를 좋게 한다. 유기물의 분해산물은 화학적 작용을 통하여 토양입자로부터 수용성 무기물의 용탈을 촉진시키고, 용탈된 무기물은 배수되는 물에 용해되어 하층으로 이동되어 축적된다(subsoil; B층). B층에서는 토양 내 대부분의 무기물질을 함유하고 있으며, 모래, 침적토, 점토와 자갈의 다양한 형태로 존재한다. 그 아래에 있는 토양의 모재(parent material; C층)가 되는 층이 있고, 맨 아래쪽에는 기반암층(bedrock; R층)이 있다.

(2) 입자조성에 따른 토양의 특성

토양의 물리화학적 성질은 토양입자의 조성에 따라 매우 달라지게 된다. 토양입자는 그 크기에 따라 모래(sand; 2.0~0.05mm), 미사(silt; 0.05~0.002mm), 점토(clay; 0.002mm 이하)로 크게 분류된다(표 1).

지름	0.002	0.05	0.10	0.25	0.5	1.0	2.0 (mm)
점토(clay)	미사(silt)	극세사	세사	중사	굵은 모래	매우굵은 모래	암석 (gravel)
		모래(sand)					

【표 1. 입자크기에 따른 토양의 분류】

이들 입자의 조성비율에 따른 토양유형을 그림 2 에 나타내었다. 미지의 토양시료에 대한 토양유형을 결정하기 위해서는 시료토양의 입자 간 조성비율을 측정한다. 그림 2 의 미사 함량에서 점토 함량 쪽으로 직선을 긋고, 점토 함량에서 모래 함량 쪽으로 또 다른 직선을 그었을 때 교차하는 곳이 해당시료의 토양유형이 된다. 양토(loam)는 모래와 미사, 그리고 점토 함량이 거의 동량일 때의 토양유형을 일컬으며, 농작물의 재배에 가장 이상적인 토양이다.

기후대와 식생에 따라 토양입자들의 조성비율은 특정적 차이를 나타내지만, 일반적으로 화강암으로부터 유래된 토양은 매우 천천히 발달되어 보통 모래성 토양이며, 상대적으로 식물 영양원의 함유율이 낮다. 그러나 석회암으로부터 유래한 토양은 일반적으로 미세한 입자성이며, 상대적으로 식물 영양원이 풍부하게 함유되어 있다.

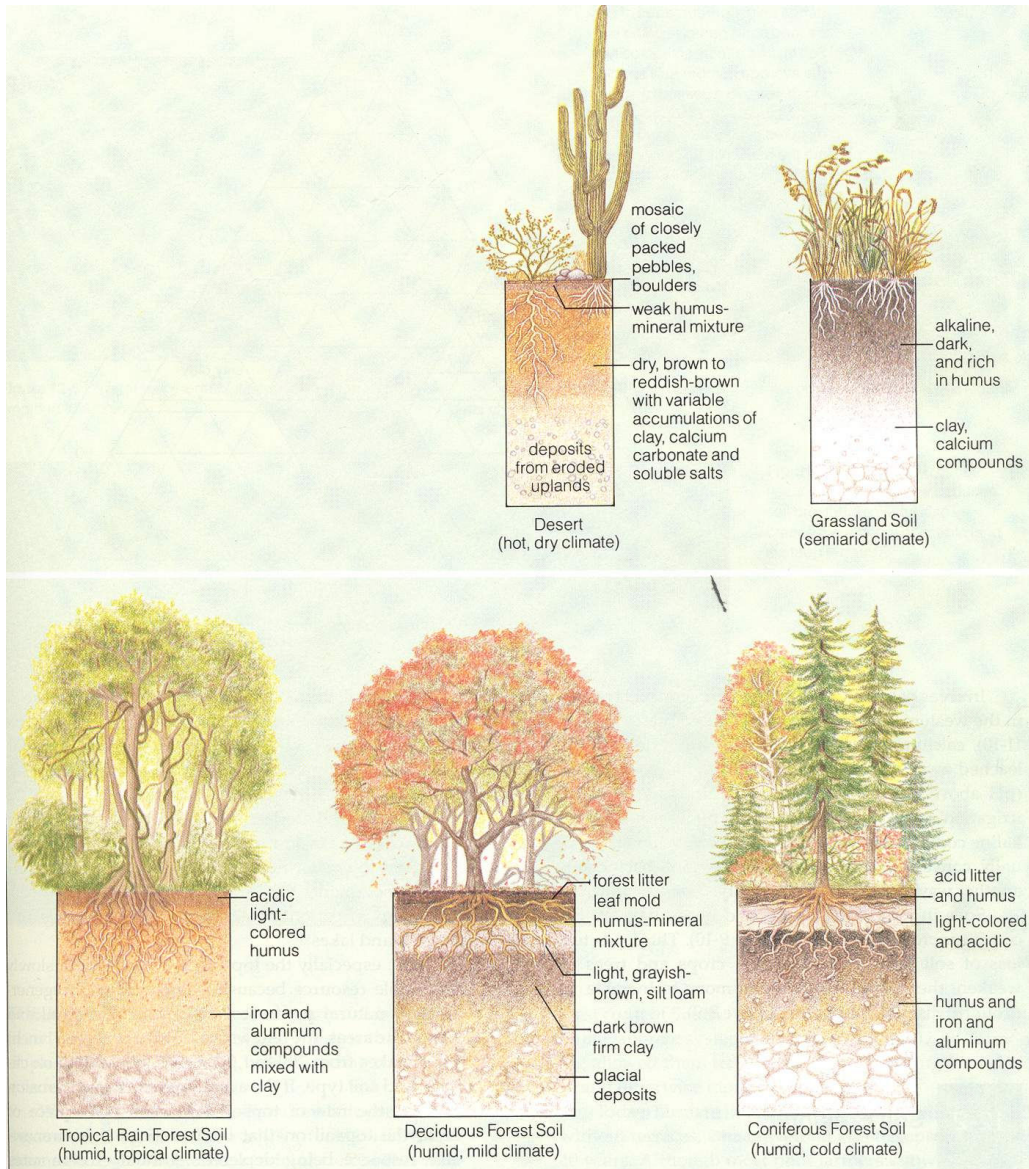
토양의 유래에 따른 영양원의 차이는 생물상의 분포특징을 결정하는 중요한 요인이 되지만, 토양입자들의 크기와 분포에 따른 토양의 구조적 차이도 생물상의 분포를 좌우하는 결정적 요소이다.

토양입자는 날날이 떨어져 있는 것이 아니라 여러 가지 모양으로 결합된 상태로 되어 있으며, 이러한 결합된 토양입자의 배열상태를 토양구조라고 부른다. 토양을 구성하는 토양입자의 크기는 토양공극(pore space)의 크기를 결정하게 된다. 크기가 다른 입자들 간의 조성분포(토양의 성질; soil texture)와 응집정도(토양의 구조; soil structure)에 따라 토양공극의 크기나 분포는 다양하며, 이러한 토양의 조성과 구조적 차이는 토양생물의 생장과 생존에 필요한 토양수의 분포정도, 즉 흡습도를 결정하게 된다.

토양공극이 함유하는 수분은 토양 내 공기의 조성과 토양수에 용해되는 기체의 조성에도 영향을 미침으로써 생물학적 활성을 결정하는 기본요소가 된다. 토양세균과 원생동물은 토양수가 풍부한 곳에서, 곰팡이와 지렁이 그리고 상대적으로 체적이 큰 토양동물은 공기로 채워진 큰 공극상에서 번성하는 경향이 있다. 또한, 단순히 토양공극의 크기에 따라 물리적으로 토양생물상의 구성원을 제한할 수도 있다. 예를 들며, 미세한 공극사이에 서식하는 토양 미생물은 그 공극보다 큰 원생동물의 물리적 침투가 불가능하기 때문에 그들의 공격으로부터 안전하다.

이와 같이 토양의 조성과 구조적 차이에 의해 형성된 토양공극은 수용성의 영양원을 공급할 뿐만 아니라 토양의 통기와 유용한 수준의 토양수를 보유하여 토양의 PH와 삼투압을 조절함으로써 다양한 토양생물들에게 고유한 생태학적 지위를 부여하게 된다.

그러나 토양생물들의 활동에 토양구조가 일방적으로 영향을 미치는 것만은 아니다. 토양 생물상 역시 토양구조 형성



【그림 2. 기후, 토양 유형과 식생의 상호관계】

에 직접적인 영향을 미치게 된다. 식물뿌리의 신장은 토양입자를 분리시켜서 토양 통기성을 확보하며, 아울러 점액성의 다당류를 분비함으로써 토양입자와 결합하여 그물망을 형성하게 된다. 섬유상 곰팡이를 비롯한 토양 미생물들도 직접적인 그물망 효과를 갖고 있어서 안정적인 토양 응집체를 형성하는 데 도움이 된다. 따라서 식물과 토양 미생물의 다당류 생산은 토양 광물질 입자들의 응집에 열쇠가 되는 중요한 기작이며, 토양 유기물이 물리적 힘에 의해 유실되는 것을 막아 주는 중요한 역할을 담당한다.

3) 토양생물의 생태적 기능

(1) 토양미생물의 역할

토양은 결국 그 속에 지상부의 대기, 식수자원, 활동 공간, 그리고 식량자원이 충분히 내재되어 있는 또 하나의 생활

권이다. 토양에 서식하는 생물군은 참으로 다양하다. 예컨대 세균, 곰팡이 미시적 조류(藻類), 원생동물, 바이러스와 같은 미생물들이 수적으로 가장 우세하고 식물이나 특정한 동물군도 무시할 수 없다. 이러한 토양생물이 토양생태계에서 하는 일은 크게 생산과 분해작용으로 요약할 수 있다.

토양생태계의 생산은 지상부의 녹색식물에 의하여 이루어지고, 생산된 유기물이 최초로 동물, 미생물에 의하여 해체되면서 먹고 먹히는 먹이사슬로 이어진다. 그것은 동시에 물질분해에 따른 에너지의 순환과 토양의 유기물 축적이 이루어지는 과정으로 볼 수 있다.

토양생태계의 기능생물군의 분포와 역할이 중요한데 그들은 생산의 역할을 담당하는 식물 이외에는 크게 미생물과 소동물로 구분된다. 이 양자는 크기에 차이가 있을 뿐 기능은 생태계 내의 분해자로 똑같다. 수적으로 가장 우세한 미생물들은 1m 이하 깊이의 토양에서도 분포할 수 있다. 생활형에 따라 공기(산소)가 없는 곳에서도 서식하는 종류도 있으며 분해작용 이외의 기능도 수행하고 있다.

읽어봅시다

병원균 죽이는 토양의 비밀

토양 내의 미생물 군집간의 항상성 유지작용은 참으로 중요하다. 어떤 특정 미생물만이 번성함이 없이 서로 알맞은 숫자만큼의 개체수를 유지시키는 이 상호견제 작용은 생물활성물질을 이용하는 것으로 밝혀졌다. 이에 관한 재미난 일화를 소개한다.

1952년도 노벨의학상 수상자이며 항생제의 일종인 스트렙토마이신의 발견자인 왁스만은 미생물학적으로 가장 오염되고 더러운 환경을 상상하여 보았다. 논리적 차원에서 공동묘지의 토양이 바로 그러한 환경일 것으로 생각했다. 매일같이 병명을 달리하는 시신이 묻히고 썩는, 시신과 함께 각종 병원균이 우글거리지 않는가! 그는 묘지의 흙에 유입된 병원균의 오염도가 어느 정도인가를 알아보기 위하여 묘지의 토양과 처녀지의 그것을 채집하여 흙속의 미생물 분포를 측정하여 비교하였다.

그 결과 놀랍게도 처녀지와 공동묘지의 흙에는 대체로 유사한 숫자의 비병원성 토양미생물만이 존재한다는 사실이 밝혀졌다.

분명히 시신과 더불어 토양으로 유입되는 각종 병원균이 우글거려야 할 것임에도 불구하고 묘지의 토양에서는 병원균이 거의 발견되지 않았던 것이다. 그는 토착성 미생물군들이 특정한 생리적 활성물질을 분비하여 외부로부터 유입되는 병원균들을 죽여버리는 것으로 결론을 내렸다.

그것이 토착성 미생물의 한 종류인 방선균류(*Streptomyces*)가 분비하는 스트렙토마이신이었던 것이다.

출처: 최영길(한양대 교수), 1991.

토양미생물의 으뜸가는 기능은 무엇보다 분해작용이다. 동물의 시체, 식물의 잔재를 분해하여 재생산을 위한 원료로 공급하는 것이다. 어떤 의미에서는 청소 기능이라고 해도 무방하다. 수명이 다한 생물들의 시체가 썩지 않는 지구환경을 상상해 보면 이들 미생물의 분해작용이 얼마나 중요한가를 느낄 수 있다.

이외에도 토양미생물들이 하는 일은 참으로 다양하다. 예컨대 여러 가지 무기원소를 산화·환원작용을 통하여 식물들이 쉽게 이용할 수 있는 형태로 변모시키는 생물지화학적작용(biogeochemical cycle), 대기 중에 무진장 존재하는 질소를 고정하여 토양에 공급하는 질소고정작용, 식물의 생장에 도움을 주는 식물 성장 호르몬을 분비하는 일, 세포 밖으로 효소를 분비하여 토양의 비옥도를 높이는 작용, 그리고 생리적 활성물질(항생제 등)을 분비하여 토양생태계 항상성(homeostasis)을 유지시키는 일이다.

(2) 토양 소동물의 생태적 기능

토양 미생물에 비하여 다소 크기가 큰 분해자인 토양 소동물의 생태적 기능도 흥미롭다.

☞ 읽어봅시다!

개간의 역군 - 지렁이

영국의 어느 잔디 테니스 코트에 비가 내린 다음 날 흰색 경계선이 지워졌다. 지워진 경계를 구획짓고자 석회로 백색 선을 그렸다. 그러나 이튿날 아침 이 백색 선은 또 대부분 사라져 버리고 선이 그려져 있던 자리의 토양이 부풀어올라 있었다. 찬찬히 조사해 보았더니 그곳 테니스 코트의 토양은 원래 산성을 띠고 있어 지렁이가 살기에 적당하지 못한 환경이었다.

그러나 석회로 선을 그은 그 자리의 토양은 산성이 중화되어 지렁이에겐 살기 좋은 환경으로 바뀌었기 때문에 주변에 있던 지렁이가 모두 백색 선 밑으로 모여들었다. 그러자 이 석회 선 아래에 모여든 지렁이를 잡아먹기 위해 두더지가 땅굴을 파고 들어갔기 때문에 석회로 그린 선을 따라 토양이 부풀어 올랐던 것이다.

이처럼 지렁이는 온대의 낙엽수림이나 초원 등 살아 있는 토양에는 어디든지 생존하며, 자신이 살고 있는 토양을 갈아엎어 비옥한 토양으로 만든다. 그보다 지상의 경작토는 한 번 이상 지렁이의 몸을 통과해서 새로 생겨났다고 해도 과언이 아니다.

지렁이는 주로 썩어가는 식물체를 먹는데 하루에 자신의 체중만큼 먹어치우는 대식가이다. 특히 좋아하는 먹이는 우마(牛馬)의 분뇨이며, 때로는 육류나 지방까지 먹기도 하며, 죽은 동료의 시체마저도 먹어 치운다.

지렁이는 자신의 체중보다 50배나 무거운 흙덩이나 돌을 밀치고, 일부는 먹어가며 전진하여 굴을 만든다. 이 때 삼킨 토양은 지렁이의 소화관에서 더 잘게 부서지고 소화액이 섞여 일부는 소화되나 대부분은 밖에 똥으로 내다버려지거나 토양 틈 사이로 배설된다. 이런 배설물에는 식물 영양분이 풍부하게 들어 있기 때문에 이것이 쌓이면 기름진 표토가 된다.

출처 : 최 정(경북대 교수), 1999.

토양생태계는 콘크리트나 암석과 같은 불모의 환경이 아니라 무수한 생명체의 주거지인 동시에 그 내부에서 먹고 먹히는 먹이연쇄 과정을 통하여 거시적 분해와 합성(생산)이 이루어지는 생명계임이 확실해졌다. 토양생태계도 여타의 생태계처럼 엄연한 보호대상의 하나임은 말할 필요조차 없다. 토양을 단순히 인간의 폐기물처리의 수단과 장소로 생각해서 토양생태계의 죽음을 초래하는 우를 범해서는 안될 것이다.

4) 토양의 유실과 보존

토양은 장구한 역사의 산물이지만, 특히 육상생태계의 생산력을 좌우하는 표토층의 형성에는 매우 오랜 시간을 필요로 한다. 1cm의 표토를 형성하기 위해서는 기후와 토양의 유형에 따라 약 50년에서 400 년이라는 긴 세월이 소요된다. 그러나 토양은 한 장소에 무한정 머무르지는 않는다. 우리들의 생존을 위해 소중한 자원인 토양은 그 형성과정의 긴 역사성에 비해 쉽게 유실될 수도 있는 유한한 자원인 것이다. 토양의 자연적·인위적 유실원인과 그 대책에 대해 알아보자.

(1) 토양의 침식과 대책

자연 상태의 지표면에서는 토양 생성작용이 동시에 일어나고 있는데, 생성속도보다 침식속도가 빠른 경우를 토양침식이라고 정의한다. 토양의 자연 침식은 물과 바람이 주요원인이며, 이들의 작용정도는 기후대와 지역적 특성에 따라 차이가 크지만, 일반적으로 건조한 지역에서는 바람의 영향이, 다습한 지역에서는 물의 작용이 더 큰 영향을 미친다.

그러나 이러한 자연침식보다는 인간 활동에 의한 인위적 침식의 정도가 훨씬 심각하다. 식물의 뿌리는 일반적으로 자연 침식으로부터 토양을 보호하는 역할을 하고 있지만, 농경지와 목축지 개간을 위한 지표면 피복식생의 제거, 화전개간에 의한 식생의 파괴, 도로의 건설 등 식물을 제거하는 인간의 활동으로 토양침식이 가속화되고 있다.

① 자연침식

바람에 의한 토양침식은 일반적으로 식생의 피복이 빈약한 건조 지방이나 습윤 지역의 건기에 이루어진다. 바람이 강할수록 토양침식은 활발히 이루어지며, 바람에 의해서 운반되는 모래나 흙은 장거리 이동을 한다. 사막의 모래폭풍은 모래나 흙을 수천 km 떨어진 다른 대륙으로 운반시킬 수 있으며, 중국에서도 황하유역의 흙들이 건기 동안 편서풍을 타고 우리 나라나 일본으로 이동한다. 황사현상은 우리 나라 입장에서 보면 대기오염의 문제이지만 중국의 입장에서 보면 심각한 토양침식의 피해인 것이다. 이러한 풍식피해는 토양이 식생으로 잘 피복되어 있거나 토양의 함수량이 많은 경우에는 그 정도가 낮아진다.

물에 의한 토양침식이 이루어지기 위해서는 토양분산과 충분한 유수량 및 어느 정도의 유속이 필요하다. 분산된 토양 입자들은 각종 식물의 생육에 필요한 가용성 염류나 유기물을 함유하고 있기 때문에 유수에 의해 토양이 침식될 때에는 이들 영양분도 함께 유실됨으로써 토양의 비옥도와 보수력을 감소시킨다.

물에 의한 토양침식은 지형, 기후, 토양의 성질, 식생의 피복상태 등에 따라 그 정도가 달라지지만 일반적으로 경사가

급한 지역에서는 유속이 크기 때문에 토양침식이 활발하게 이루어진다. 그러나 경사가 완만한 지역에서도 사면이 넓고 긴 지역에서는 유수의 집중으로 토양침식이 심하게 이루어질 수 있다.

강우량이 많고 유속이 빠르면 토양을 분산시키는 작용과 운반작용이 커져서 토양침식과 유실량은 많아지게 된다. 우리나라는 동서로 경사가 심하고 7-8월이 강우가 집중되므로 이 기간 중에 자연적 토양침식이 심하게 일어나고 있다.

② 인위적 침식

자연기작에 의한 토양의 침식은 현재 전 세계 토양 유실량의 일부에 지나지 않는다. 농목지 개간 및 화전 개간에 따른 삼림의 파괴, 지속적인 단일 경작, 대규모의 기계화된 기업적인 농업 등 인간 활동으로 인하여 더 많은 토양이 침식되었으며, 그 결과 광대한 토지가 황폐화되었다.

역사적으로, 인류는 식량에 대한 수요와 공급을 앞지르게 되면서 새로운 농경지를 확보하기 위해 부단히 노력을 해왔다. 그 결과 관개기술을 이용하여 강우량이 적거나 불규칙한 곳에서도 경작을 할 수 있게 되었고, 험준한 경사지에도 계단식 밭을 개간할 수 있었다. 아울러 생산성 향상을 위해 휴경농업과 이동경작, 그리고 윤작 등의 농법을 개발하였다. 이러한 노력으로 인류의 식량 공급능력은 비약적으로 증대되었다.

그러나 이러한 식량 공급량의 증가속도는 인구의 폭발적 증가와 생활의 풍요에 따른 식량수요를 충족시킬 수가 없었다. 그 결과 토양 비옥도의 회복을 위한 적절한 휴경과 이동경작의 사이클을 지킬 수 없게 되었고, 계단식 밭의 조성 없이 급경사면에 직접 경작을 함으로써 토양의 유실을 자초하였다. 뿐만 아니라 값싼 질소비료의 사용을 통하여 일시적으로 곡물 생산량을 늘일 수 있었기 때문에 윤작을 포기하고 특정작물만을 연작(단일경작)함으로써 결국 토양의 비옥도는 상실되었다.

삼림의 벌채도 토양침식의 직접적인 원인이 되었고, 소똥이나 경작물의 부산물을 연료용, 목재대용으로 사용함으로써 비옥한 토양의 유지를 위해 필요한 영양분 공급경로를 차단하는 결과를 낳아 토양은 황폐화되었다.

아울러 도시인구의 증가에 따라 한정된 수자원의 도시수요가 늘어남으로써 상대적으로 농촌지역의 관개용수는 부족하게 되어 경작지의 토양침식을 가속시켰다.

결과적으로 농경지에서의 토양침식 속도는 토양생성 속도의 약 20~100배에 이르게 되었고, 1990년대에 접어들어서는 매년 약 240억 톤이나 되는 표토층이 유실되고 있으며, 이것은 900만 톤의 식량이 감소하는 효과를 나타낸다. 반면에 인구는 매년 9,000만 명 이상 증가하고 있기 때문에 토양의 침식을 효과적으로 제어하지 못한다면 인류의 식량문제 해결은 요원한 일이 될 것이다.

③ 토양침식에 대한 대책

인간활동에 의한 토양침식의 원인은 과도한 방목, 무계획적인 산림개발과 도시개발, 도로망 확충 등 다양하지만 가장 주된 요인은 농업에 있다. 이미 적절한 농경활동을 할 수 없었던 식량수급의 문제점에 대해서는 지적인 바가 있지만, 식량증산을 위하여 단기적으로 처방되었던 방법들은 장기적으로 영원한 토양의 상실을 초래하게 하였다.

농업에 있어서 토양침식과 영양분 유실을 최소화할 수 있는 획기적인 새로운 농법의 개발은 기대하기 어렵다. 척박한 토양에서도 많은 수확을 얻을 수 있는 유전공학적 종자 개량기술도 한계가 있으며, 이러한 기술개발도 궁극적으로 토

양유실을 방지할 수는 없다. 따라서 영양분의 유실과 토양침식을 방지할 수 있는 전통적인 농법의 적절한 선택과 이에 따라 수반될 수밖에 없는 재배면적의 감소를 상쇄할 수 있도록 높은 종자개량의 기술적 조화가 관건이 된다.

미국의 아미시 마을에서 행해지고 있는 농법은 우리들에게 시사하는 바가 크다. 아미시 농법이란 근대적인 동력기계와 농법을 일체 거부하고, 작업은 손으로 직접 하거나 고풍스러운 농기구에 의해 행해진다. 생활방식도 전통적인 이 마을에서는 토양의 유실도 없고, 토지가 황폐화되지도 않는다.



【그림 4. 미국 펜실베이니아 아미시 마을의 고풍스런 농법】

우리 국토의 70%는 산악지대로서 비옥한 농경지의 면적은 제한되어 있어서 경사지 경 작에 우리 식량의 상당부분을 의존하고 있는데, 동고서저의 지형과 강우의 계절적 집중성으로 인해 토양침식의 정도가 매우 심하다. 완만한 경사지상에서의 토양침식은 등고선 농경법에 의하여 30~50% 까지 감소시킬 수 있다.

등고선 농경이란 대지의 경사면을 따라 수평면으로 작물을 일렬로 재배하는 것을 말하는데, 이 때 등고선을 따라 일정한 간격으로 초생대를 만들거나 일정한 규모의 이랑을 만들어서 그 사이에 농작물을 재배하면 토양의 지탱력을 높여 주고, 빗물이 천천히 흐르도록 도와주는 작은 댐과 같이 작용한다.

보다 경사가 심한 곳에서는 계단식으로 단을 만들으로써 빗물의 양과 속도를 감소시켜 토양의 침식을 감소시킨다. 강수량이 많은 지역에서는 각각의 단구마다 배수구를 설치하여 적절한 배수가 이루어지도록 한다.

토양 비옥도의 자연회복을 위해서는 적절한 휴경과 윤작, 그리고 이동경작의 사이클을 유지하여야 하지만, 제한된 농경지에서의 폭발적인 식량수요의 압박으로 이러한 원칙도 무시하게 된다. 그 대신 상업적 무기비료의 투입을 통해 유실된 영양물질을 회복시킨다. 상업적 무기비료는 운송과 저장이 용이하고, 그 효과가 탁월하여 1950년대 이후 40여년간 그 사용량이 10배 정도 증가하였다.

만약, 지금 즉시 그 공급을 중단한다면 전 세계 곡물 생산량의 40%까지 감소할 정도로 그 의존도가 심화되었다. 그러나 이러한 무기비료의 장기적 사용은 토양의 부식토 형성을 저해하여 토양의 다공성이 감소됨으로써 토양의 흡습도와 유기물 함량의 감소 및 통기를 방해하게 되고, 토양이 딱딱해지므로 작물의 생장에 부적합한 환경을 초래하는 결과를 낳는다. 뿐만 아니라 말이나 소와 같은 동물의 노동력이 트랙터와 같은 동력화된 농기계로 대체되었기 때문에 동물의 배변을 통한 자연적인 유기비료의 공급도 차단되어 토양의 황폐화와 침식이 가속되었다.

비옥도의 회복과 토양의 다공성을 회복시키기 위해서는 동물과 식물유래의 유기비료인 퇴비와 컴포스트(compost)의 시비로 대체되어야 할 것이며, 아울러 윤작을 통해 영양물질의 유출을 막아야 한다. 옥수수, 담배, 면화와 같은 작물은 대량의 영양물질을 토양으로부터 제거하며, 계속해서 연작을 하게 되면 표토의 기능이 소실되므로 이러한 작물을 수확한 다음해에는 토양에 질소를 가해 주는 콩과식물이나, 귀리, 보리, 호밀, 사탕수수와 같은 작물로 대체하여 경작하여야 한다. 이러한 대체작물은 토양의 피복효과가 크고, 영양물질이 회복될 수 있도록 할 뿐만 아니라 해마다 다양한 작물의 경작으로 곤충과 잡초에 의한 병해를 감소시켜 주는 효과도 있다.

경작지는 바람과 물에 지표면이 쉽게 노출되기 때문에 휴경기에는 벚짚, 풀, 거적, 나뭇잎 등으로 표토를 피복하는 것이 토양 침식력을 약화시킬 수 있다.

(2) 토양보존의 의미

앞서의 고찰을 통하여 토양보존은 토양생태계의 기능보존이라는 의미와 일맥상통한다. 토양생태계의 기능은 토양의 구조적 특성과 토양생물의 생존, 번영의 조화에서 기대될 수 있는 개체수준 이상의 생명현상인데 이 양자간의 상호보완적인 단위에 위핵요인으로 작용하는 인위적 조치 및 환경오염 물질로부터의 격리 또는 보호조치를 의미한다. 토양의 구조적 측면에서 토양입자는 크면 클수록 공극의 형성에는 크게 기여하지만 표면적/체적비는 낮아서 수분보유기능과 영양물질의 보유에는 불리하다. 반면 토양입자는 작으면 작을수록 공극의 형성율이 낮으므로 수분과 공기의 함량이 낮아지지만 표면적/체적비는 높으므로 상대적으로 다량의 영양물질을 보유할 수 있는 이점이 있다. 그런 까닭에 크고 작은 토양입자의 이상적인 집합이 토양생물군의 번성과 기능 확대에 유리한 조건을 제공할 수 있는데 부주의한 국토개발, 수자원개발, 폐기물 매립행위 및 환경오염물질 등은 이러한 토양입자의 이상적 집합과 구조에 결정적 변화를 초래할 수 있다.

또한 위와 같이 토양을 대상으로 한 인위적 조치와 환경오염물질은 토양 내의 기능생물군의 분포변화와 치사작용을 나타내어 토양생태계의 주검을 초래할 수 있다. 각종 폐기물 시체가 썩지 않고 쌓이기만 하는 불모의 땅은 토양생태계의 기능이 정지된 주검을 의미한다.

한편 토양생태계의 생물학적 작용은 토양생태군의 수(數)에 의해서 크게 영향을 받지만 기능의 다양성과 생태계의 안정성 측면에서 생물종(種)의 수가 더욱 중요하다. 토양의 무기적 환경이 어떤 특정한 생물의 번성에 유리한 조건일 때 토양생태계의 생물적 구성은 단조로워지는데 이 경우 여러 단계의 물질전환과 에너지의 흐름은 정지될 수 밖에 없다. 그러므로 생태계의 복잡한 동적 흐름에 관계된 생물종은 다양하게 존재해야 하며 모든 토양생물은 토양생태계의 기능을 분업적이면서도 상호 연계된 작용을 수행할 수 있을 만큼의 다양한 생물군이 존재해야 하는 것이다. 출현생물의 종

류가 많을수록 토양생태계는 안정성이 높으며, 환경요인의 압력(홍수, 화재, 한발 및 오염물질등)과 피해로부터의 회복 기간이 빠른 것으로 알려져 있다. 이것이 이른바 종 다양성에 의한 토양생태계의 항상성(homeostasis)이다. 그러므로 토양보존은 온갖 위해요인으로부터 이상적인 토양구조의 악화를 막아주는 동시에 토양생물의 존속과 번영 그리고 다양성을 보장해 주는 모든 인위적인 조치를 의미한다고 하겠다.

2. 토양 동물의 종류와 특성

1) 토양 동물의 정의

땅 속에 사는 동물 즉, 토양동물 이라고 하면 먼저 지렁이나 두더지가 생각난다. 매미, 풍뎡이, 길앞잡이, 땅강아지 등도 땅 속에서 나오며 개미나 쥐는 땅 속에 집을 짓고 산다. 노래기, 지네, 쥐며느리, 거미, 돌준, 딱정벌레, 먼지벌레, 개미지옥(명주잠자리의 유충), 각다귀 등도 땅 속에서 볼 수 있다. 산기슭이나 초지뿐만 아니라 호소나 계곡의 물가 근처 흙 속에서 도롱뇽, 개구리, 민물 게가 나오기도 한다. 물을 뺀 뒤의 논외 땅 속에 우렁이나 미꾸라지가 숨어 있다. 또한 육안으로는 보이지 않는 아메바, 섬모충을 비롯한 원생동물, 와충류, 선충류는 어느 곳의 땅 속에서도 많이 발견된다.

토양 동물을 지렁이, 땅강아지, 톱토기, 두더지 등처럼 '생활사의 전부를 땅 속에서 지내는 동물'이라고 협의로 정하는 경우와 땅속에서 발견되는 모든 동물 즉 '일시적으로 또는 발육과정 중의 한 단계 혹은 몇 단계를 토양의 표면에 접촉 하든지 토양 속에서 생활 하는 것'이라고 광의로 정의하는 경우가 있다. 그의 생활사 중에 한 단계만이라도 토양 중에서 지내는 동물은, 즉 월동을 위해서 알, 유충의 단계만을 땅 속에서 지내더라도 토양에 여러 가지 영향을 주고 있기 때문에 토양 동물에 포함 시키는 쪽이 토양 동물을 이해하기 쉽고, 오늘날은 토양 동물을 이 넓은 의미로 규정하고 있다. 토양 동물을 분류학적으로 보면 원생동물로부터 두더지나, 쥐 등의 포유류까지 포함되어 있다.

따라서 그 크기도 수 μm 정도의 원생동물로부터 월동 중인 구렁이류 같이 수 m가 넘는 것도 있으며 무게에 있어서는 훨씬 더 큰 다양성을 나타낸다.

2) 토양 동물의 특성

(1) 토양 동물의 적응 특성

토양 동물의 서식환경으로서의 토양 특성은 반고체성 매질, 빛이 없음, 습도가 높음, 그리고 온도의 변화가 적음을 들 수 있다. 따라서 토양 동물은 이러한 서식환경에 적응하기 위한 형태적 특성을 가지고 있다. 예를 들면 토양의 반고체적 성질, 즉 이동의 곤란성에 대하여 토양 동물은 강력한 굴혈지(掘穴肢)를 가지거나(저항 적응), 혹은 다리가 퇴화하는 쪽으로 적응(순응 적응)한다. 일반적으로 토양이라고 하는 서식환경에 살기 위해 적응하는 토양 동물의 형태적 특

징은 다음과 같다.

① 토양의 반고체성이라는 매질 특성에 대한 적응

- 몸이 작다.
- 체형이 가늘고 길다.
- 체형이 편평하다.
- 강력한 굴혈지를 가지고 있다.
- 다리가 짧거나 퇴화되어 없다.

② 어둠에 대한 적응

- 몸 색깔이 단순하고 화려하지 않다.
- 눈이 퇴화되어 없다.
- 암수의 형태적 차이가 적다.

③ 항온과 다습한 환경(서식환경의 안정성)에 대한 적응

- 산란수가 적다.
- 번식기가 명확하지 않다.
- 이동력이 약하고, 날개가 퇴화되어 있다.

(2) 토양 동물의 구분

토양 동물이라고 한마디로 부르지만 그들은 다종다양한 동물군으로 이루어져 있어서 크기로 보면 작은 것은 μm 단위에 지나지 않는 원생동물로부터 1m가 넘는 파충류에 이르기까지 다양하고, 생활형으로 보더라도 사는 장소라든지 식성이 여러 가지로 다른 동물들이 포함되어 있어서 토양 동물 전체를 동시에 고려하기는 불가능하다.

따라서 이들을 분류학상의 체계를 떠나 형태 및 생태적인 특징을 중심으로 구분하는 것은 토양동물을 이해하는데 중요하다. 일반적으로 몸의 크기, 생활양식, 토양체제 기간, 서식 장소, 수분 요구도, 식성 그리고 생태적 지위(영양단계)에 따라 구분하는데 이를 간략히 소개하면 다음과 같다.

① 몸의 크기에 따른 구분

구분	체장	동물의 예	채집방법
미소동물	0.2 mm 이하	아메바, 연두벌레, 짙신벌레, 소형 외충류	배양법
소형 습성동물	0.2-2 mm	섬모충, 선충, 애지렁이, 곰벌레	Baermann
소형 절지동물		얇은뱀이, 소형장님거미, 응애, 소형거미류 톡토기, 총채벌레, 소형 딱정벌레	Tullgren
대형동물	2 mm 초과	육패류, 지렁이, 대형장님거미, 중형거미, 도롱이벌레, 쥐며느리, 노래기, 지네류, 옆새우, 바퀴벌레, 흰개미, 집게벌레, 노린재, 매미유충, 나비목 유충, 중대형 딱정벌레, 개미, 쯤붙이	육안채집

② 토양 체제기간에 따른 구분

1) 진정(眞正) 토양동물

- i) 영주(永住) 토양동물 : 아메바, 선충, 지렁이, 톡토기, 응애류, 땅지네류, 노래기류, 개미, 두더지, 낮밭이목, 땅강아지 등 생활사의 전 기간(알-유충-성체)을 토양 중에서 생활하는 동물.
- ii) 유기(幼期) 토양동물 : 매미, 각다귀, 개미지옥(명주잠자리 유충), 길앞잡이, 꽃등애, 털파리류 등 생활사 중에 어린시기만 토양 중에서 생활하고 성체가 되면 지상으로 나오는 동물.

2) 일시적 토양동물

- i) 토양휴지(休止)동물 : 알이나 번데기처럼 휴지기만을 토양 중에서 지내는 여치류, 대벌레, 박각시나방, 희불나방 등.
- ii) 토양도피(逃避)동물 : 겨울의 추위와 여름의 더위 또는 건조기에 주로 성체(때로는 유체)로서 토양 속으로 도피하는 뱀, 도마뱀, 개구리, 노린재 등.

③ 사는 장소에 의한 구분

- i) 지중동물(地中)동물 : 지렁이, 선충, 개미, 두더지, 톡토기, 응애류, 풍뎅이류의 유충 등 토양 속에 사는 동물.
- ii) 낙엽층 동물 : 쥐며느리, 노래기, 옆새우, 바퀴류, 거미, 땅지네류, 대부분의 톡토기와 응애류와 같이 낙엽 등의 유기물 퇴적층(O층)에 사는 동물.
- iii) 사목(枯死木)동물 : 대형식물 고사체의 수피 밑이나 중심부에 사는 것(흰개미, 거저리, 딱정벌레, 노래기류, 바퀴류 등).
- iv) 시(屍)동물 : 짐승, 파충류, 조류 등의 대형 동물 사체에 붙어 그들을 분해 시킨다든지 거기에 모여드는 벌레를 포식하는 것(반날개, 풍뎅이붙이, 송장벌레, 수시렁이, 쉬파리의 유충 등).
- v) 분(糞)동물 : 쇠똥구리, 똥풍뎅이류, 금과리, 쉬파리의 유충, 큰검정과리 등과 같이 대형동물의 배설물 중에 사는

동물.

vi) 돌밑동물 : 노래기, 집게벌레, 지네류, 먼지벌레 등 돌 밑에 사는 것으로서, 그 곳에서 섭식활동을 하는 것도 있으나 야행성으로 낮에는 장시간 잠복해 있는 동물.

vii) 버섯동물 : 버섯파리의 유충, 거저리, 반날개류, 풍뎡이붙이, 버섯벌레 등 버섯의 자실체 중에 살면서 그것을 먹는 것과 버섯에 모여드는 벌레를 포식하기 위해 사는 동물.

viii) 이끼동물 : 들쭈, 곰벌레, 와충류, 응애, 툭토기의 일부 등 지표, 바위표면, 고목, 썩은 나무 등에 생기는 이끼 속에서 사는 동물.

④ 이 외에도 植食性, 肉食性, 腐食性, 세균 혹은 菌食性, 雜食性 등 먹이 선호에 따른 구분 이나, 영양단계에 따라 구분하기도 한다.

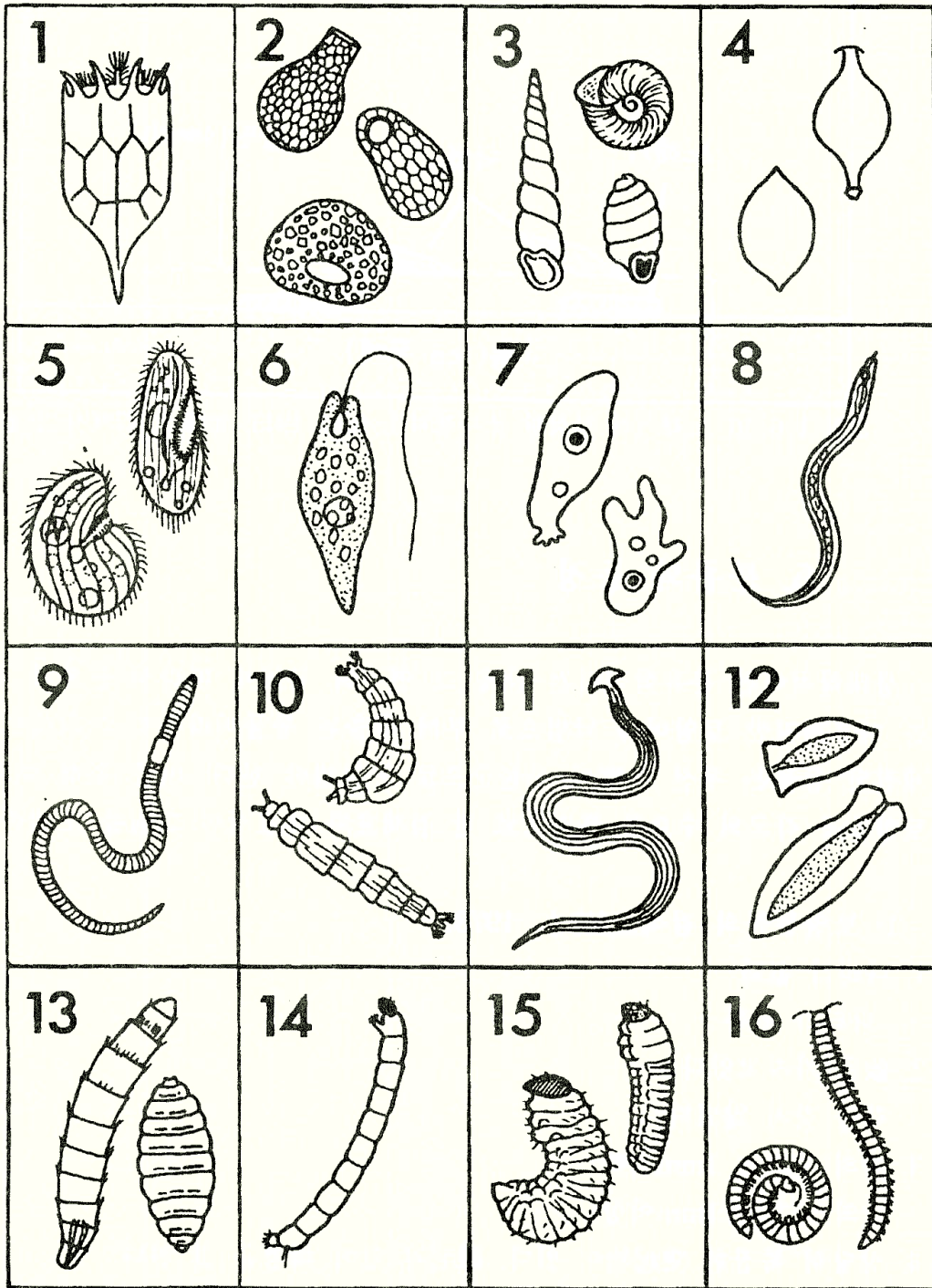
3) 토양 동물의 분류

생태학적이건 분류학적이건 간에 그 연구의 목적에 따라서 분류의 정밀도는 다르겠지만 토양이나 낙엽으로부터 추출된 동물이라든지 야외에서 직접 채집된 동물은 우선 大綱의 동물군으로 구분해야 한다. 이를 위해 여기서는 토양동물 각군의 주요한 특징으로 한 검색표와 대표적인 그림을 소개한다.

(1) 토양동물의 검색표(青木, 1973)

- 1. 다리가 없다..... 2
 - 다리가 있다 4
- 2. 껍을 가지고 있다 3
 - 각을 갖지 않았다. 7
- 3. 각의 크기는 1mm 이하 4
 - 각의 크기는 1mm 이상 6
- 4. 상당히 복잡한 突起物이 있다. 纖毛가 있어 헤엄을 잘 친다. 輪蟲綱(그림 1)
 - 圓形, 타원형 또는 卵形으로서 눈에 뜨일만한 突起物은 없다..... 5
- 5. 껍의 한 곳에 큰 구멍이 있다 헛다리를 내어 천천히 움직이거나, 움직이지 않는다.....
 - 有殼아메바(그림 2)
 - 껍에는 구멍이 없고 운동하지 않는다 卵 또는 cyst
- 6. 껍은 나선狀(소라狀) 腹足綱(그림 3)
 - 껍은 平滑, 레몬형으로 褐色..... 지렁이의 卵(그림 4)
- 7. 몸은 지렁이형 8

- 몸은 거머리형	10
- 몸은 구더기형 또는 편편한 소판형	12
- 몸은 스테퍼형 또는 잠두형(300 μ 이하)	纖毛蟲亞門(그림5)
- 몸은 紡錘型(100 μ 이하)	鞭毛蟲亞門(그림6)
- 몸은 不定形(여러 방향으로 伸縮)(100 μ 이하)	아메바目(그림7)
8. 體節이 없다.(體長 0.5~5mm)	線蟲綱(그림8)
- 체절이 있다	9
9. 白色(5~15mm)	貧毛蟲(애지렁이類)
- 桃色~褐色(2~30cm)	貧毛蟲(지렁이類)(그림9)
10. 體節이 없다	11
- 體節이 있다	輪蟲綱(그림10)
11. 體長 3cm 이상	過蟲綱(그림11)
- 體長 0.2~1.5cm	過蟲綱(그림12)
12. 頭部는 명료하지 않다	과리目幼蟲(그림13)
- 頭部는 명료하게 구분할 수 있다	13
13. 머리에 이어진 胸部 제 1절 下面에 1개의 突起가 있다	
.....	과리目幼蟲(그림14)
- 胸部 下面에 돌기가 없다	딱정벌레目幼蟲(그림15)
14. 다리는 한체절에서 2쌍씩	倍脚綱(그림 16,17)
- 다리는 한체절에서 1쌍이하	15
15. 다리는 3쌍	16
- 다리는 4쌍	30
- 다리는 5쌍, 몸은 등쪽으로 굽음	甲殼綱(그림18)
- 다리는 7쌍	37
- 다리는 9쌍, 觸角은 分枝되었다(0.5~2mm)	少殼綱(그림19)
- 다리는 12쌍, 백색, 소형의 지네형(체장 수mm)	結合綱(그림20)
- 다리는 15쌍(체장 2~3cm)	唇殼綱(지네강 돌지네목)(그림21)
- 다리는 21쌍 또는 23쌍	唇殼綱(지네강 왕지네목)(그림22)
- 다리는 31쌍이상	唇殼綱(지네강 왕지네목)(그림23)
16. 觸각이 없다.(눈도 없다, 머리는 등그스럼한 2等邊三角形)	
.....	낫발이目(그림24)
- 觸각이 있다	17
17. 날개가 없다.	18

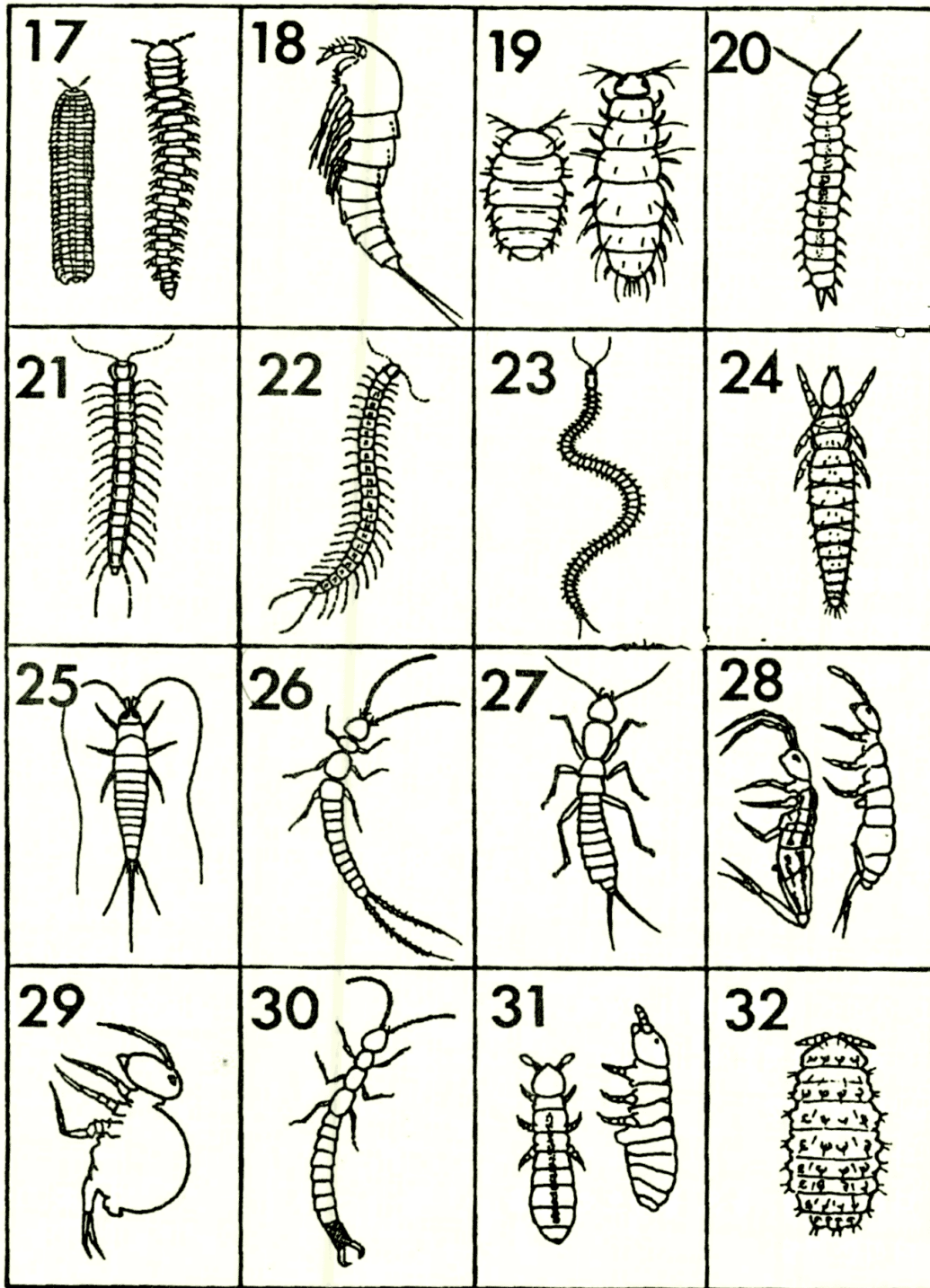


【그림 5-1. 檢索 補助그림(1)】 1.윤충강 2.유각아메바 3.복족강 4.지렁이 卵囊

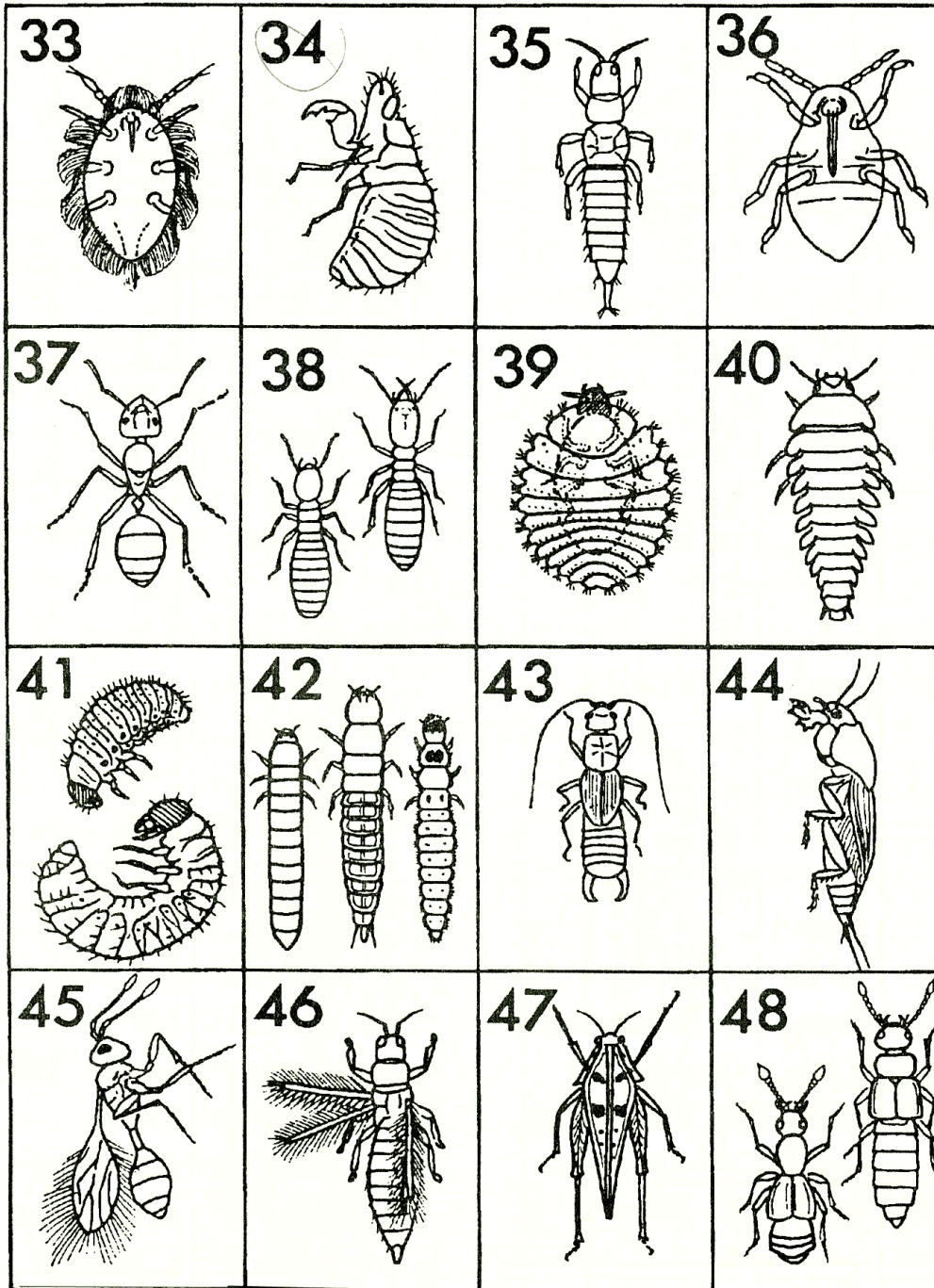
5.섬모충아문 6.편모충아문 7.아메바목 8.선충강 9.지렁이류 10.윤충강

11.와충강(*Bipalium*) 12.와충강 13-14.파리목유충 15.딱정벌레목유충 16.노래기강

- 날개가 있다.(작게 퇴화된 경우도 있다)	24
18. 꼬리 끝에 3本の 긴 絲狀突起가 있다.....	좁 目(그림25)
- 꼬리 끝에 2本の 긴 絲狀突起, 白色細長.(體長 3mm내외)
.....	좁붙이目(그림26)
- 꼬리 끝에 2本の 긴 突起, 몸은 淡褐色~褐色.(體長 1~2cm)
.....	갈로아벌레目(그림27)
- 꼬리 끝에 分枝된 突起가 몸의 앞쪽을 향해 구부러진 것이 많다.(體長 4mm이하).....
.....	톡토기目(그림28.29)
- 꼬리 끝에 1쌍의 가위(가위는 갈색)	좁붙이目(집게좁붙이)(그림 30)
- 꼬리 끝에 긴 突起도 가위도 없다.	24 19. 겹눈이 없다. 몸은 구더기
모양, 촉각은짧다. 체장이 1-3mm, 큰 것도 5mm이하.....
.....	톡토기목(그림31,32)
- 겹눈이 있다.	20
20. 입은 흡수형(針狀)	21
- 입은 씹는형	22
21. 몸은 圓盤形으로 편형, 백색	노란재목(까치벌레류)(그림33)
- 몸은 백색 , 굽은 원통형, 미부가 만곡, 앞다리는 掘穴用으로 발달
.....	노란재목(매미유충)(그림34)
- 몸은 세장, 갈색~흙색, 頭部는 세로로 장방형, 비단에 관상돌기가 있다
.....	총채벌레목(그림35)
- 몸은 卵형으로 불록함	진딧물류(그림36)
22. 몸은 가슴과 배사이가 잘록하고가는 자루로 연결되었다.
.....	벌목(그림37) - 가슴과 배가 직접연결

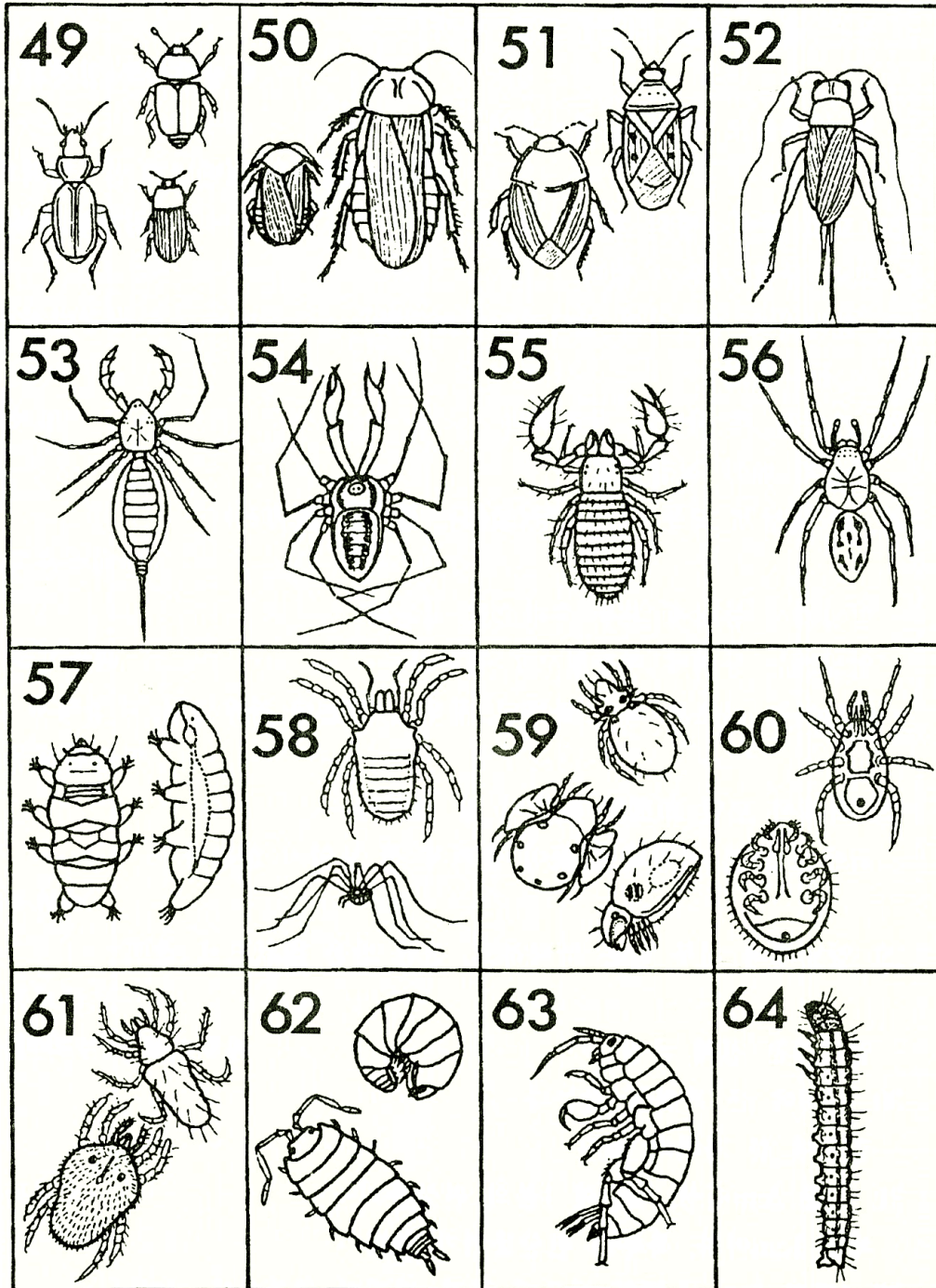


【그림 5-2. 檢索 補助그림(2)】 17.노래기강 18.하르팍티쿠스목(甲殼綱) 19.소각강
 20.결합강 21.순각강(돌지네목) 22.순각강(왕지네목) 23.순각강(땅지네목)
 24.낮발이목 25.좁목 26.좁불이목 27.갈로이벌레목 28-29.톡토키목
 30.좁불이목(집게좁불이) 31-32.톡토키목



【그림 5-3 檢索 補助그림(3)】 33.노린재목(깍지벌레유충) 34.노린재목(매미유충)

- 35.충채벌레목 36.노린재목(진딧물류) 37.벌목(개미과) 38.흰개미목
39-42.딱정벌레유충 43.집게벌레목 44.메뚜기목(땅강아지과) 45.벌목
46.충채벌레목 47.메뚜기목 48.딱정벌레목(반날개과)



【그림 5-4. 檢索 補助그림(4)】 49. 딱정벌레목 50. 바퀴목 51. 노린재목 52. 메뚜기목
 53. 전갈붙이목 54, 58 장님거미목 55. 앞은뱀이목 56. 거미목 57. 곰벌레류
 59-61. 응애목 62. 등각목 63. 단기목(옆새우) 64. 나비목유충

23. 몸은 개미를 닮고 백색 흰개미목(그림38)
- 몸은 약간 橢圓形 - 小判形((體長 2mm이하) 딱정벌레목 유충(그림39)
 - 몸은 편평한 삼엽충형, 청색 광택을 띤 흑색 딱정벌레목 유충(그림40)
 - 몸은 굵고 짧은 구더기 모양, 백색
..... 딱정벌레목(잎벌레)(그림41)
 - 몸이 가늘고 길다. 갈색~흑색
..... 딱정벌레목유충(그림40)(반날개, 먼지벌레)(그림42)
24. 꼬리 끝에 1쌍의 가위가 있다. 집게벌레목(그림43)
- 꼬리 끝에 가위가 없다 25
25. 앞다리가 두더지의 앞다리처럼 掘穴肢 메뚜기목(땅강아지)(그림44)
- 앞다리 정상 26
26. 가슴과 배 사이가 잘록하다 벌목(그림45)
- 가슴과 배가 직접연결 27
27. 앞·뒷 날개 모두 깃털모양(頭部는 縱長の 長方形)
..... 총채벌레목(그림46)
- 앞날개는 등위에 좌우 수평으로 접는다. 28
 - 앞날개는 등위에 지붕형으로 접는다. 메뚜기목(그림47)
 - 앞날개는 시초로 되어 불투명, 등의에 접는데 좌우밀접, 중첩되지 않는다.
..... 딱정벌레목(그림48)
28. 위에서 보면 頭部와 複眼이 잘 보인다. 29
- 위에서 보면 머리와 複眼이 숨겨져 잘 보이지 않는다.
..... 바퀴목(그림50)
29. 앞날개의 기부 반은 딱딱하고, 선단 반은 膜狀으로 透明 노린채목(그림51)
- 앞날개는 전체 균질 메뚜기(귀뚜라미)(그림52)
30. 앞쪽에 큰 가위를 갖는다. 31
- 앞쪽에 큰 가위가 없다. 33
31. 체장 2cm이상, 배끝에 1본의 편상돌기 의갈목(그림53)
- 체장 1cm이하, 복부에 편상돌기가 없다. 32
32. 1쌍의 눈이 全體部 가운데 근접, 다리가 체장보다 길다 장님거미목(그림54)
- 1~2쌍의 눈이 전체부 양쪽에 있거나 없다. 다리는 체장보다 짧다.....
..... 앓은뱅이목(그림55)
33. 가슴과 배 사이가 잘록하다. 눈은(많은 것은8개)두부에 횡2열로 배열

- 거미목
- 가슴과 배 사이 잘록한 부분이 없다 34
- 34. 앞다리에 마디가 없다. 발톱 4개 이상, 옆에서 보면 곰과 같은 모양이다.(0.2~0.5cm)
..... 緩步動物門(그림57)
- 다리에 마디가 있고 발톱 1~3개 35
- 35. 복부 하면에 체절구조(1.5~6mm) 장님거미목(그림58)
- 복부에 체절구조가 없다.(0.2~3mm) 36
- 36. 몸은 단단하고 갈색~흑갈색, 다리가 짧고 肛門이 크다
..... 응애목(날개응애류)(그림59)
- 몸은 약간 단단하고 백색~갈색, 다리가 길고 肛門은 크다.....
..... 응 애 목 (中 氣 門 類) (그 립 6 0)
- 몸이 연하고, 백색, 적색, 황색, 녹색 등, 몸에 털이 많다.
..... 응애목(前氣門類)(그림61)
- 37. 몸은 背腹 扁平, 腹面이 평평한데 背面이 隆. 뛰지 못함..... 等脚目(그림62)
- 몸은 좌우 편평, 새우형, 몸은 배쪽으로 굽어져 있고 재빨리 뛸 수 있다
..... 端 脚 目 (그 립 6 3)
- 몸은 圓筒形, 가슴에 3쌍, 배에 4쌍인 다리사이가 상당히 간격이 있다.
..... 나비목유충(그림64)

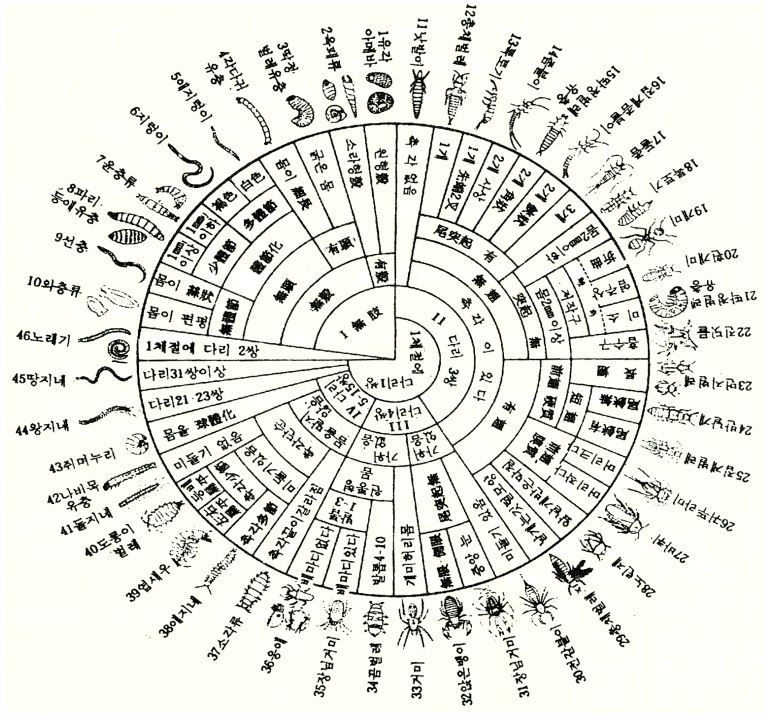
(2) 토양동물의 원반검색표(青木, 1985)

아외에서 토양동물을 채집하였을 때에 먼저 대강의 분류군으로 구분하여 증명까지를 밝혀야 하는데, 이 때 동물체의 어느 부분의 특징을 보아야 하는가를 요약하여 검색표로 만든 것이다.

먼저 눈에 잘 띄는 부분이 다리이다. 다리가 있는가 없는가, 있으면 몇 쌍인가로 구분해 보면 크게 4개군으로 나누어 진다.

- 1. 다리가 있다. 2
- 다리가 없다. I 群
- 2. 1체절에 1쌍씩의 다리를 가진다. 3
- 1체절에 2쌍씩의 다리를 가진다. 노래기강
- 3. 다리가 3쌍이다. II 群(곤충강)
- 다리가 4쌍이다. III 群(거미강, 곰벌레강)
- 다리가 5~15쌍이다. IV 群(多肢類)
- 다리가 21, 23쌍이다. 지네강

- 다리가 31쌍 이상이다. 지네강(땅지네목)



【그림 6. 토양동물의 원반검색표(青木, 1985 개사)】

4) 토양동물 현장학습 - 생태계의 자연도(自然度) 판정법

평소 우리가 바라보는 자연은 지상의 자연(지면위의 자연)이다. 그러나 우리들이 밟고 다니는 지면의 밑 즉 토양 중에는 여러 가지 생물이 살고 있는 생태계가 있다. 산에 들어가 낙엽을 헤치고 흙을 파보면 지렁이, 집게벌레, 노래기, 거미, 개미 등이 바로 눈에 띈다. 좀 더 주의를 기울여 보면 특토기, 응애, 앓은뱅이, 반날개, 애지렁이 등 미소한 동물들이 상상외로 많이 살고 있는 것을 알 수 있다. 이들은 지상에서 볼 수 있는 동, 식물처럼 자연환경이 달라짐에 따라 같이 반응하며, 장소에 따라 다른 종 조성을 보인다. 또한 인간에 의한 자연파괴의 영향에도 민감하게 반응하여 그 곳의 자연이 양호한 상태를 유지하고 있는지, 황폐화되어 가는지를 정확히 보여준다.

토양동물은 환경의 변화에 대해 단기간에 민감하게 반응하여 그 조성이 바뀌는 점에서는 동물적 특징을 나타내지만, 이동성이 적어 거의 정주성이 높은 점에서는 식물적 특징으로 양쪽의 장점을 동시에 가지고 있다. 다만 조사현장에서 다소의 도구와 끈기, 분류학적 지식이 필요한 것이 어려움이다.

(1) 준비물

소형 꽃삽, 깔, 전정가위, 핀셋, 흡충관(필름통과 빨대로 간단히 만들 수 있다), 자, 비닐주머니, 흰색 비닐보자기, 나무젓가락과 줄끈(2m 이상), 체(체눈 0.5-1 Cm의 소쿠리), 70% 알콜관병, 확대경, 노트, 연필, 라벨 등.

(2) 조사방법

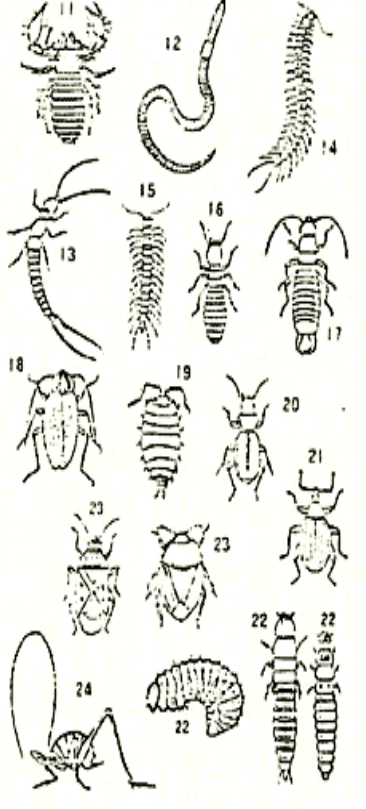
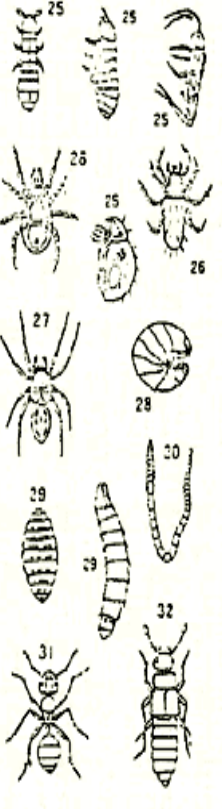
- ① 활엽수림과 침엽수림의 비교, 초원과 숲의 비교, 농약을 살포하는 밭과 유기농 밭의 비교 등 사전에 주제로 정한 지점을 선택하여 50cm X 50cm의 정방형 조사구를 설정한다.
- ② 나무젓가락과 줄끈을 이용하여 구획을 설정한 후 토양을 깊이 10cm까지 채취하여 비닐봉지에 넣는다. 이때 낙엽과 부엽 그리고 토양을 별도의 봉지에 넣어 취급하는 것이 편리하다.
- ③ 평탄한 곳에 흰 비닐포를 깔고 그 위에 토양 시료를 조금씩 쳐서 내린다. 이때 비닐포 위에 쏟아진 가는 토양 사 이로 움직이는 동물을 찾아 확대경 등으로 관찰하면서 분류하고 노트에 기록한다. 체 위에 남은 낙엽, 가지, 뿌리 등도 별도의 포위에 쏟아 놓고 남아 있는 대형동물까지도 조사한다.

(3) 자연도 판정법

靑木(1985)은 토양에서 발견되는 동물 32종을 A, B, C 3 그룹으로 나누었다. A 그룹은 비교적 자연상태가 양호한 곳에서 주로 발견된다. 따라서 이 그룹에 속하는 동물은 환경 저항성이 낮아서 자연파괴에 민감하게 반응하여 소멸되기 쉽다. B 그룹에 속하는 것들은 중간이고, C 그룹에 속하는 동물들은 환경이 오염된 곳 즉 환경에 대한 저항성이 강하여 어느 곳에서도 잘 견디며 사는 것들이다.

이들에 대하여 A 그룹의 것에는 출현 종당 5점씩, B 그룹은 3점, C 그룹은 1점을 각각 주어 전체 32종이 모두 출현하면 100점이 된다. 따라서 자연도가 높은 산림지역에서는 100점에 가까운 점수가 나오고, 극도로 자연이 훼손된 곳에서는 0점에 가까운 점수가 나온다.

조사지역에서 분류된 동물들을 각 그룹별로 출현종수 X 각 그룹 점수의 합계를 계산하여 자연도를 판정하는 방법이다.

區分	A 그룹	B 그룹	C 그룹
動物			
計算	出現動物 種數 x 5점	出現動物 種數 x 3점	出現動物 種數 x 1점
判定	<p>各 그룹의 計算 點數 合計 = 100점</p> <p>*: 계산 합산 총점이 100점에 가까울수록 자연상태가 양호한 편이고, 0점에 가까워 질수록 자연상태가 열악한 것으로 판정한다.</p>		

【그림 7. 토양 지표동물을 이용한 자연도 판정법】

10. 수서생물

1. 수생태계 개관

태초에 지구상에서 처음으로 생물이 출현한 곳은 일반적으로 물 속이라는 것이 정설이다. 그 이후 육상으로 올라온 생물에서 체내의 생명현상 매질은 물로서 변함이 없지만 체외의 매질은 공기로 바뀌게 되었다.

일반적으로 육상생태계의 다양한 생물은 여러 가지 환경에서 공동체를 이루는 것과 같이 물 속의 다양한 생물도 그들 나름대로의 수중생태계를 형성하고 있다. 즉 숲생태계 등을 포함한 육상과 수중의 두 생태계는 직간접으로 관계를 맺으면서 공존하므로 지구 전체의 생물권은 한 가족을 이루고 있다. 특히 대기환경이 육상생물의 모든 활동을 지배하듯이 수중환경은 수생물의 조절자 구실을 한다. 그러므로 수생물을 이해하는 데는 수중환경에 대한 지식이 필요하며, 수중환경은 육상환경 만큼이나 환경요인이 다양하고 또한 각 요인 사이의 상호관계도 복잡하다.

앞으로 인류는 물 속의 신비에 대한 지적 욕구뿐만 아니라 식량, 지구 환경보존 등 인류의 미래를 위하여 더 많은 관심을 가져야 할 것이다.

1. 하천의 정의

하천(河川; river and stream)은 일반적으로 큰 강을 의미하는 ‘河’와 강보다는 작은 물이 흘러가는 내인 ‘川’의 합성어로서, 연중 대부분의 기간에 지표수가 흐르는 크고 작은 물길과 물을 통칭한다. 한편 영어권에서는 유사한 용어로서 ‘stream’과 ‘river’를 주로 사용하는데 Webster's NewWorld Dictionary(1982)에 따르면 다음과 같이 ‘stream’은 일반적인 하천을 의미하기도 하고, 협의로 그 중 작은 하천을 의미하기도 한다. 이에 비해 ‘river’는 하천 중 큰 것을 의미하여, 우리의 江이라는 용어와 대응된다. 또한 하천은 크기에 따라 폭이 3m 이내는 도랑(creek)이나 개천(brook)이라고 부르기도 하고, 3m 이상은 강(river)이라고 한다. 그리고 유속이 빠르고 얇은 여울(riffle)과 깊은 소(pool)로 구분되나, 생물의 서식지 조건으로 나누면 여울과 소는 보통 인접해 있다.

일반적으로 다른 수중생물과 비교하여 하천에 사는 생물은 물이 흐르는 특수한 환경에서 생활하며, 물은 흘러 내려가지만 생물은 대체로 그 자리에 머문다.

1-1 여울

여울은 진정한 의미의 하천서식지로서 물은 바위나 자갈 위로 소용돌이치며 빠르게 흐르기 때문에 용존산소량이 많다. 이러한 특징을 지니고 있어 여울생태계를 또 다른 생태학적인 표현으로 계곡생태계라고 불리기도 한다. 이러한 계곡생태계의 물 속에 서식하는 식물은 플랑크톤으로 대부분 사상체의 부착성 조류(Algae)로 m매트를 형성하며 일부 규조류 역시 종류의 조류(녹조류, 남조류 등)나 바위 등과 같은 고착성 표면에 붙어산다. 그러나 그 외 물이끼를 제외하면 실제 서식 종수는 그리 많지 않다. 또한 이 곳에 사는 수서 동물의 적응형태를 살펴보면 1) 표면에 고착하여 생활하는 형태 2) 빠른 운동으로 이동하며 생활하는 형태 그리고 3) 물의 흐름을 피하여 돌의 아래 부분이나 물가의 언저

리로 피하는 것 등과 같은 세 가지로 구분되는데, 대부분은 이 세 가지를 적절히 병용한다. 일반적으로 하루살이 유충이나 다른 수서곤충의 유충은 물에 떠내려가지 않기 위하여 부착성 다리를 갖고 있으며, 날도래 무리는 견고한 집을 짓는다. 그 외 운동성이 약한 동물은 바위나 돌조각, 나무조각의 밑이나 심지어 수변식물이 밀집한 곳으로 피하며 보다 고등한 동물인 거북이나 물새 등은 급류가 흐를 때는 물 밖으로 나온다. 기타 가재나 옆새우 등과 같은 무척추동물도 수영을 할 수는 있지만 물의 흐름을 이겨낼 수 있을 정도의 능력을 가진 것은 유일하게 어류뿐이며, 이들만이 흐름에 대한 주성, 즉 유주성(rheotaxis)을 가지고 있다.

1-2 소(웅덩이)

하천 중 유속이 느린 곳으로 물은 상부에서 유입되어 상층으로 이동한 후 하부에서 유출됨으로써 진정한 의미의 흐름은 거의 없다. 유속이 느리기 때문에 바닥에 모래 등이 퇴적되어 환경과 서식생물이 호소와 유사하며 계곡생태계에 있어선 물의 낙차가 급격히 있는 폭포 등과 같은 곳의 아래에 간혹 발달한다. 그러나 보다 큰 하천의 경우는 이러한 소의 형태가 습지의 일종으로 발달하여 하천 본류의 뒤쪽 방향으로 발달하는 등의 모습을 보이기도 한다. 수변식물로는 오직 저수지에만 있는 양갓냉이를 비롯하여 공통으로 분포하는 부들, 갈대, 소귀나물, 고마리 등이 있다. 동물은 하루살이 유충, 십각류의 유충, 민물지렁이, 게 등이 있으며 어류가 대표적 유영동물인데 호소의 종과 유사하나 하천에만 있는 것도 있다. 부유생물은 규조, 윤충, 물벼룩, 요각류 등이 있지만 대체로 빈약하다.

1-3 생물의 하류이동 (회피행동)

생물의 하류이동은 원인이 확실히 밝혀지진 않았지만 하천에서 기본적으로 중요한 현상으로 낮보다 밤, 가을이나 겨울보다 봄과 여름에 많다. 하루살이는 어릴 때 하류로 갔다가 성충이 되어 상류로 오는 회유의 일환으로 보여지며 이것의 진화적 잇점은 과밀화를 방지할 수 있고, 홍수 때 줄어든 개체군을 빨리 회복시킬 수 있다는 것이다.

1-4 에너지 흐름

일반적으로 숲생태계 내에 위치한 계류에서, 유기물의 99%는 외부에서 유입된 것이고 1% 이하만이 하천 내에서 생산된 것이다. 따라서 이러한 하천에 서식하는 동물은 대부분 낙엽, 종자 등의 형태로 유입되는 외부 에너지에 의존한다. 즉 세균, 균류 및 동물은 큰 유기물을 먹는다. 이러한 생물들이 이용하고 남은 유기물은 많은 개체수로 존재하는 깔다구와 같은 피리류 그리고 날도래, 강도래 등이 먹으며, 나머지는 부니 식자가 처리하는데, 이들은 낙엽에서 얻는 양만큼의 에너지를 세균에서도 취한다. 이 외의 뱀잠자리나 강도래의 일부, 청정한 계류의 대표종인 독중개 등과 같은 어종은 부니식자와 동시에 초식 등을 겸하는 잡식성 동물이다.

하천이 넓어져 강이 되면 외부로부터 유입되는 유기물이 감소하고 대신 사상체의 조류나 정수식물이 고정하는 에너지가 증가한다. 따라서 삼림내의 작은 하천은 각 하천마다 유입된 유기물의 양과 질이 다르므로 환경과 생물이 이질적이지만, 비슷한 기후대에 있는 강들은 자가영양이므로 서로 유사하다. 그러나 강이 더욱 커지면 다시 타가영양으로 되는데 이것은 자체내의 생산량이나 강 주변의 식생으로부터 유입되는 에너지 때문이 아니고, 상류나 늪지로부터 유입되는 유기물에 기인한다.

1-5 지리적 천이

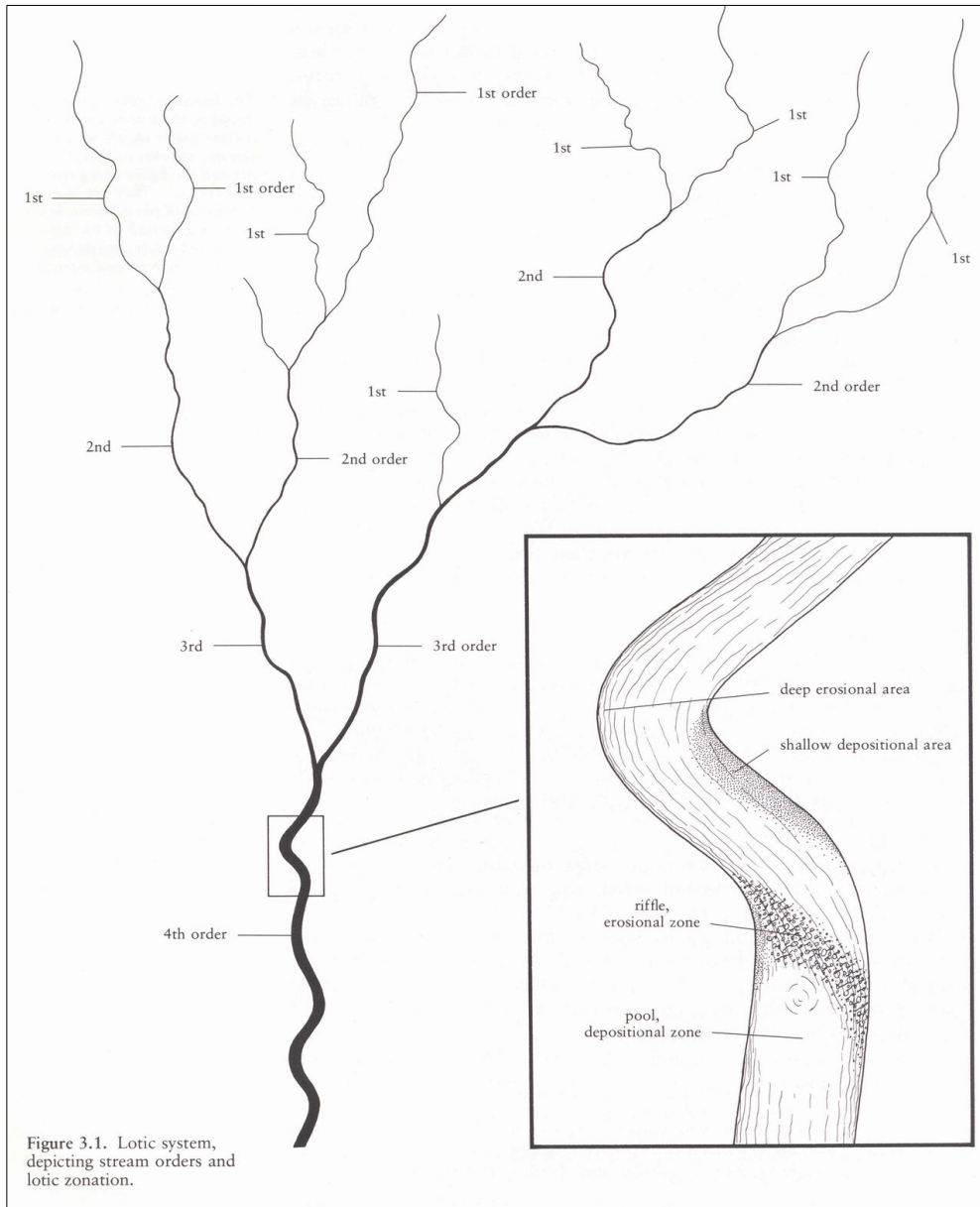
육지가 생길 때는 하천은 거의 없었고 배수 역시 불량하였으나 시간이 지남에 따라 하천이 생겨 계곡과 골을 만들었다. 일단 수계가 시작되면 상류수는 흘러 강, 호소, 바다에 이른다. 신생하천은 좁고 V자 모양이며 지류가 없고 유속이 빠르나, 나중에는 이와는 반대가 되어 사행천으로 바뀐다. 하천은 발원지로부터 하구까지 생물상이 단계적으로 변하는데 이 때에 종의 수평구조가 나타난다. 또한 시간경과에 따라 서식지나 생물상이 상류방향으로 변하는데 이것을 지리적 천이(physiographic succession)라 한다. 무척추동물은 간헐천이나 하천이 생길 때는 거의 없지만 골이 깊어지고 물이 정체하면 출현한다. 간헐천의 깊은 곳은 일시적 저수지가 되며 가재, 갑각류, 수서 달팽이가 항상 서식하는데 건기에는 구멍으로 들어간다. 댐을 축조하면 저수지는 수면이 일정해지고 영구적 저수지가 되기 때문에 저수지 생물이 서식하게 되고 표수생물도 생기게 된다. 시간이 지나면 급류군집 (swift stream community)이 형성되고 마지막에는 완류군집 (sluggish stream community)으로 변한다. Hynes (1970)는 지리적 천이에서 수평구조의 기본개념은 타당하지만 실제 하천생태계를 연구하는 데는 예외가 많다고 주장하였다. 예를 들어 미국 일리노이주에 있는 Jordan Creek은 하류로 갈수록 완류에서 급류로 바뀌고, 상류는 옥수수농장을 지나는 곳으로 저속이며 저토는 미사이지만, 하류는 삼림지대의 범람원을 통과하기 때문에 빠르고 하상은 자갈과 암반이다. 이런 경우는 어류의 분포상이 반대이다. 또한 봄에 설원으로부터 녹은 물이 흐를 경우에도 일반적인 하천과 다르다. 하천을 댐으로 막아 흘러나가는 쪽의 수위가 낮으면 유속이 빨라져 새로운 침식작용이 일어난다. 그 결과 하천 서식지는 범람이나 퇴적으로 인하여 항상 교란을 받게 된다.

1-6 하순(stream order)

일반적으로 하천 수계는 수류의 방향과 더불어 물 속 생물의 에너지 흐름이 상류에서 중하류역으로 연속적으로 흘러 내려간다는 개념을 가지고 있다(그림 1).

처음 산 정상부에서 발원한 작은 한줄기 물줄기가 단독으로 흐르는 것을 1차 하천이라 부르며, 이러한 1차와 다른 1차가 모여서 이루어진 조금 더 큰 계류를 2차 하천이라 말한다(그러나 2차하천과 1차하천이 만난다면 그것은 3차가 아닌 2차로 보다 큰 하천의 개념이 작은 하천의 성향을 흡수하기 때문). 다시 2차와 2차가 만나는 하천은 3차 하천이라고 부르며 이러한 연속성은 계속되어 7차, 8차 그 이상 지속되어 합류되어 간다.

우리 나라의 경우 큰 강(한강, 낙동강, 영산강, 금강 등)들은 적어도 10차이상의 대형 하천이며 곳에 따라선 20차 이상의 하천이 나타나기도 한다.



【그림 1. 하천의 구조 및 유형】

(1st: 1차 하천, 2nd: 2차 하천, 3rd: 3차 하천)

2. 하천생태계 생물의 생태적 특성

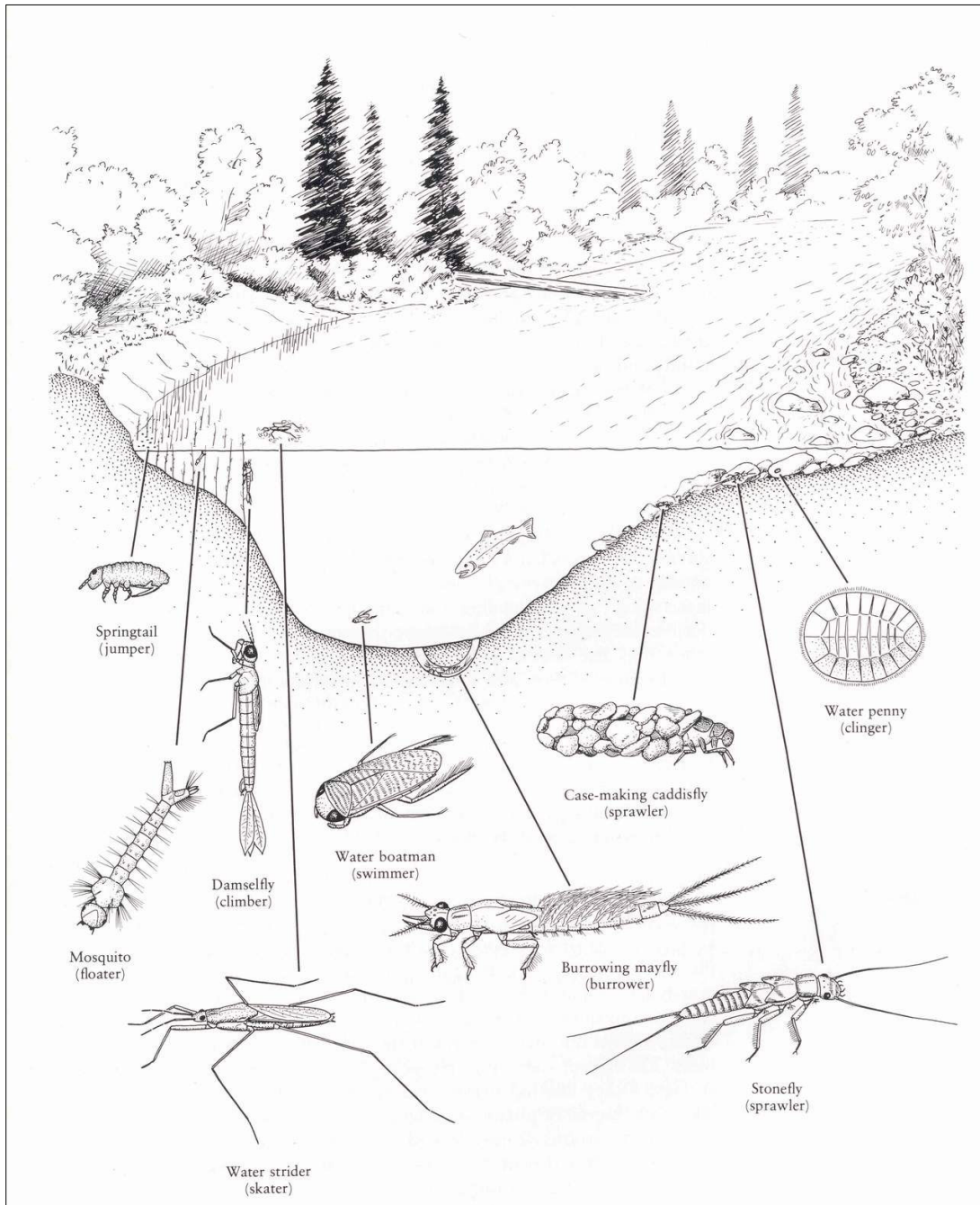
1. 수서곤충

수서곤충(aquatic insects)은 생활사의 전부 또는 그 일부를 물 속에서 생활하는 곤충류를 총칭하는 것으로, 바다에서 생활하는 몇 종을 제외하고는 모두 하천이나 호소(호수나 연못)등 내륙의 수역에서 생활한다(그림 2). 이들 수서곤충은 원래 다른 육상곤충과 같이 육상생활을 하던 곤충 종류가 2차적으로 다시 수중생활을 하게 된 것으로 생활방법이

변화된 환경에 알맞게 적응된 것들이 대부분이다.

일반적으로 수서곤충은 깊은 호소에서 생활하는 종류는 많지 않으며, 물가의 얇은 곳이나 계류와 같은 곳에 많은 종류와 개체수가 살고 있고, 특히 물가에 수초가 무성한 곳에 많은 종류의 수서곤충이 서식한다. 또한 수서곤충은 물의 흐름에 대하여 여러 가지 적응을 하고 있으며, 우선 정수에서 생활하는 종류들보다 흐르는 물에서 생활하는 종류 즉 계류성 곤충에서 몸의 형태나 생활하는 방법 등이 다양하게 적응되어 있다.

또한 호흡하는 방법에 있어서 공기 중의 산소를 그대로 이용하는 종류는 노린재류와 딱정벌레류가 있다. 이들은 육상에서 하던 호흡법을 그대로 지니고 있으며 수중에서 공기호흡을 할 수 있게 적응되어 있다. 때때로 물 표면으로 떠올라 기문을 통하여 직접 공기를 물 안으로 끌어들이기도 하는 종이 있다(물장군, 물방개 류). 이에 반하여 물 속에 녹아 있는 산소 즉 용존산소를 이용하는 종류들은 폐쇄기관계를 갖고 있으며, 기관아가미를 통하여 호흡하는 대부분의 수서곤충들이다. 그러나 이러한 기관아가미는 곤충류에 따라 매우 달라 배마디 마디 부채모양이나 빗자루모양 같은 것을 갖는 하루살이류도 있다. 그리고 가슴과 배마디 사이에 털모양의 기관아가미를 갖고 있는 강도래류 그리고 직장(항문쪽)의 안쪽 벽에 기관이 분포되어 이를 통하여 호흡하는 잠자리류가 있는 등 매우 다양한 호흡방법을 나름대로 갖고 있다.



【그림 2. 물 속 생물들의 다양한 서식 형태】

I. 하루살이 목(Ephemeroptera)

외국에서는 흔히 하루 정도만 사는 습성 때문에 Dayfly 혹은 5월부터(우화시기) 많이 보인다고 해서 5월의 파리 즉 Mayfly라고 부른다. 많은 종들이 숲생태계를 모태로 한 청수성 계류 수역에서 발견되기에 오염지표종으로 이용되고 있으며, 물 속에서의 유충시기에는 많은 종류의 어류에게 그리고 성충이 되어서는 새 등과 같은 보다 상위 포식자에게 좋은 먹이로 작용하기도 하는 매우 중요한 분류군이다.

전 세계적으로 약 2,000여종의 살아있는 종이 확인되고 있다.

전체적 형태: 몸이 길고 원통형이거나 납작하다. 복안은 크고 잘 발달하였으며, 더듬이는 가늘고 길다. 다리는 잘 발달되었으며, 발톱은 하나. 날개딱지는 앞날개의 것만 뚜렷하다. 배에는 몇 쌍의 아가미가 있고 그 모양은 다양(낙엽모양, 부채모양, 붓모양 등)하다. 또한 몸 끝에는 2-3개의 긴 꼬리가 있다.

성충 - ㉠ 연약한 몸과 가늘고 긴 꼬리 및 다수의 맥을 가진 투명한 날개가 특징

유충 - ㉠ 수중 환경에 적응된 다양한 형태 지니고 있음.

㉡ 일반적으로 4 내지 7쌍의 기관아가미(tracheal gills)를 제 1에서 7 배마디에 갖고 있다.

생활사 - ㉠ 매우 짧은 아성충기와 성충기를 가지는 반면, 생애의 거의 대부분이 유충기로서 수중에서 생활하는 관계로 담수생태계의 1차 소비자로서, 또한 생물학적 지표종으로 주요한 생태학적 위치를 차지한다.

II. 잠자리 목(Odonata)

영어권에선 Dragonflies 혹은 Damselfly라고 부른다. 하루살이 목과 함께 원시적 곤충으로 취급되는데 이는 날개를 배 위에 접쳐 놓을 수 없는 특징과 날개맥이 매우 많고 복잡. 현생하는 종류는 전세계에 약 5,000 여종으로 성충, 유충 시기 모두 강한 포식성을 가지고 있다. 비교적 큰 몸집과 느린 운동성을 지니고 있어 유충이 빠른 계곡생태계에선 일부종만 관찰이 되나 수초등과 같은 수변식물이 잘 발달한 거대하천의 주변부에서는 많은 종류의 서식 및 분포가 이루어지고 있다.

성충 - ㉠ 강한 턱을 가지며 모두 포식성 (Odonata는 toothed jaws를 의미).

㉡ 겹눈은 크게 돌출, 더듬이는 섬유상으로 매우 짧고 가운데 가슴 및 뒷가슴은 서로 붙어 있으며 실잠자리 아목(均翅亞目)에서는 앞과 뒷날개의 모양이 같고 잠자리 아목(不均翅亞目)에서는 뒷날개의 기부 밑이 신장, 팽대하여 그 모양이 다름.

㉢ 날개 끝은 둥글고 날개맥은 복잡하며 많은 횡맥(橫脈, cross vein)에 의해 2,000에서 3,000 개의 간실(間室, cell)을 갖는 것도 있음.

유충 - ㉠ 아랫입술(labium)이 잘 발달해 있으며 잠자리 아목과 옛실잠자리 아목의 몸체는 견고하고 편평

㉡ 등가시(dorsal spine)와 옆가시(lateral spine)가 잘 발달

㉢ 꼬리의 부속기는 피라미드형으로 견고

㉣ 실잠자리 아목의 몸체는 가늘고 길며 피부에는 3개의 가늘고 신장된 꼬리아가미(caudal gill)를 갖는다.

III. 강도래 목(Plecoptera)

흔히 돌파리(Stone fly)라고 부른다. 이는 성충이 되어서도 날개가 있음에도 불구하고 잘 날지 못하여 자신이 살던 물 속 근처의 가까운 큰 바위 등에서 종종 발견되어 그러한 이름이 붙여진 것으로 보인다. 현생종으로 약 2,000여종 분포하고 있으며, 낮은 수온 그리고 늘 풍부한 산소가 물 속에 녹아들어 있는 청수역 수환경을 선호하기에 대표적인

오염지표종으로서 활용된다.

성충 - ㉠ 착지자세에서는 날개를 평면으로 접으면서 배(abdomen)를 덮으며, 시맥상(wing venation)은 매우 원시적인 배열을 가지므로 많은횡맥(crossveins)과 보맥(auxiliary veins)을 갖고 있다.

㉡ 2개의 발톱(tarsal claw)과 1쌍의 꼬리(cercus)를 갖고 있다.

유충 - ㉠ 거의 대부분 수중에서 생활하는 진수서 곤충

㉡ 남반구(Southern hemisphere)에 분포하는 일부 종들은 육상의 습지에서도 서식하고, 서식지는 수온이 낮고 비교적 맑고 깨끗한 수질을 갖는 유수(流水, running water)지역을 선호하고 있다.

대부분의 유충은 수서생태계의 제1차 소비자로서, 먹이를 취하는 형태는

- a) detritivores-수중에 퇴적하는 잔사물을 섭취하는 것
- b) scrapers-바위나 퇴적물에 붙어 있는 algae나 moss를 긁어 먹는 것
- c) grazers-나뭇잎 또 나무껍질을 갉아 먹는 것
- d) predators-다른 무척추 동물을 포획하는 것 등 각기 다른 분류군에 따라 먹이를 취하는 상태도 다르게 된다. 이들의 생활사는 보통1년에 1세대를 거치지만 몸이 큰 종류는 보통 2-3년에 1세대를 거치게 된다.

IV. 노린재 목 (Hemiptera)

유일하게 진수서성과 반수서성인 종류를 포함하고 있다. 서식지는 매우 다양하여 해안가나 염분이 있는 습지, 하천이나 큰 강의 물가, 호수나 연못 등의 정수역, 고산의 호수나 온천 등에서 광범위한 서식을 함. 대개 육식성 포식자이며 냄새선(scent glands)을 갖고 있다. 보통 육상에 서식하는 노린재류는 대부분 명확한 육각형의 몸체형을 하고 있으나 물속에 서식하는 노린재류는 수류의 흐름에 적응한 형태인 길쭉한 육각형의 모습을 지니고 있기도 하다.

더듬이(antennae)는 보통 4마디로 구성되지만 드물게 3마디나 5마디도 있음. 진수서성인 종류에서는 주로 머리 아래에 감춰져 있다. 주둥이(rostrum)는 물벌레과(Corixidae)를 제외 하고는 보통 3-4마디로 구성되어 있으며 그 길이는 종에 따라 다양하다.

가슴에는 3마디로 구성된 다리와 날개가 있으며, 뒷가슴배판에는 보통 1개나 그 이상의 냄새선이 열려있다(때때로 배의 옆면에 scent channel이 있기도). 발목마디는 1, 2, 3마디로 다양하고, 뒷날개는 막질(membranous)이지만 앞날개는 기저부가 두꺼운 혁질이며 뒷부분만이 막질이다.

V. 뱀잠자리 목 (Megaloptera)

완전변태를 하며 유충은 포식성이고 수서생활을 하지만 알(egg)과 번데기(pupa)및 성충(adult)은 육상생활을 한다. 뱀잠자리 목 성충의 몸의 크기는 다양하며 날개는 특히 크고 넓어 날개를 펼칠 때의 길이는 150mm에 달하는 종류도 있다. 머리는 넓고 편평하며 구기(mouth part)는 저작형(씹어먹는 형태)이고 큰 턱은 강하고 작은 턱수염(maxillary palp)은 5마디, 아랫입술수염(labial palp)은 3마디이다. 겹눈은 크고 홑눈은 3개 또는 결핍되어 있다. 본 종은 많은 종류의 수서곤충에 비하여 유충일 경우에도 몸체가 매우 크고 포악하며 그 모양 또한 지네와 흡사하여 일부 외국(일본)

에서는 특산품(건강식)으로 판매되기도 한다.

앞가슴 등판은 장방형이며 크고 다리는 3쌍이며 비슷한 모양이고 발목마디는 5마디이다. 그리고 날개는 2쌍이며 가두리무늬(pterostigma)를 가지며 다수의 시맥이 분지되어 있고 회색에서 검은색에 이르기까지 다양한 색채를 보인다. 날개는 위로 접을 수 없으며 배의 등쪽에 지붕처럼 겹쳐놓는데 앞날개 및 뒷날개는 그 모양이 거의 비슷하지만 뒷날개에는 주름진 부분이 작게 있다. 배는 10마디이며 기문(spiracle)은 가슴에 2쌍, 배에 8쌍이 있다. 미모(cercus)는 없으며 교미기(genitaria)는 외부에 돌출해 있지 않다.

유충 - ㉠ 유충은 소형에서 대형에 이르기까지 그 크기가 다양하며 표피는 경질이다.

- ㉡ 머리는 가슴과 거의 비슷한 폭이며, 겹눈은 작고 머리의 양쪽 옆 가장자리에 위치하고 있다.
- ㉢ 더듬이는 짧고 가늘며 4마디로 다리는 발달되어 있고 1쌍의 발톱을 갖고 있다.
- ㉣ 기문은 흉부에 2쌍이 나 있거나 때로는 결핍되어 있다.
- ㉤ 배는 10마디이며 7내지 8쌍의 옆아가미(lateral gill)가 있다고 역시 수서생활을 한다.
- ㉥ 성충은 하천이나 물가 근처에서 짧은 거리를 비행하며 생활하며 유충은 수중생태계의 먹이사슬관계에서 2차 소비자의 역할을 함.

VI. 날도래 목 (Trichoptera)

영어명으로 Caddis fly 즉 리본모양의 날개를 가진 곤충이라는 이름을 지니고 있으며, 물속 생물 중 자신의 힘으로 집을 만들어 직접 가지고 다니는 것으로 유명하다. 또한 그 모양과 형태가 매우 다양하고 아름다워 그러한 집의 특징만으로 중요한 분류의 Key가 되기도 한다.

곤충강 (Insecta) 유시 아강(Pterygota)에 속하는 외시류의 한 독립된 분류군으로 보통 1년에 1세대를 거치며 5번 정도의 탈피를 거쳐 유충은 번데기 상태로 들어간다. 번데기는 큰 턱이 매우 잘 발달하여 있고 우화시 집을 뚫고 나오는데 사용한다.

성충 - ㉠ 더듬이(antennae)는 긴 실 모양.

- ㉡ 큰 턱(mandible)이 퇴화되었다.
- ㉢ 작은 턱수염(maxillary palp)과 아랫입술수염(labial palp)이 잘 발달되어 있다.
- ㉣ 2쌍의 날개는 털로 덮혀 있으며, 앉아 있을 때는 지붕모양으로 접음.

유충 - ㉠ 머리(head), 앞가슴등판(pronotum), 다리(leg) 등이 경화되어 있다.

- ㉡ 큰 턱이 잘 발달되어 있다.
- ㉢ 배마디는 막질이며, 기관아가미가 나 있기도 하다.
- ㉣ 제10배마디에는 꼬리다리(anal leg)가 나 있다.

<날노래목 유충의 생활형(Life form)-5군>

- ① Tube-case makers (튜브 형태의 집을 짓는 것)
- ② Net-spinners or Retreat-makers (그물을 치는 것)
- ③ Free-living forms (집을 짓지 않고 자유생활을 하는 것)
- ④ Saddle-case makers (사다리 또는 사각기둥 형태의 집을 짓는 것)
- ⑤ Purse-case makers (지갑 형태의 집을 짓는 것)

VII 나비 목 (Lepidoptera)

가장 많이 인간에게 친근하게 알려진 곤충으로 영어명으로는 Butterflies 혹은 Moths(사실 이것은 나방)이라 부른다. 유충시기를 수중에서 보내는 것은 명나방 과(Pyralidae), Nepticulidae 과, Cosmopterygidae 과, Tortricidae 과, Oleothreutidae 과, 밤나방 과(Noctuidae), 불나방 과(Arctiidae), Cossidae 과, 박각시 과(Noctuidae) 등이며 이 중 알과 유충, 번데기의 모든 시기를 물 속에서 보내는 것으로는 명나방 과가 있으며 그 중 어떤 것은 성충 역시 물 속에서 보내기도 한다.

대체로 나비 목의 유충은 유기물이 풍부한 곳을 선호하는 경향을 지니고 있다.

<수서생활을 하는 유충의 외부적 특징>

- ① 머리에 뚜렷한 원형의 홑눈을 갖는다.
- ② 배마디는 10마디로 구성, 제3에서 제6배마디의 배쪽에 헛발(proleg)이 있으며 제10배마디에는 꼬리다리(cadal leg)가 1쌍 있다.
- ③ 기문(spiracle)은 앞가슴과 제1배마디에서 제8배마디까지 나 있다.
- ④ 다리는 각 가슴마디에 1쌍씩 있으며 5마디로 구성된다.

VIII 딱정벌레 목 (Coleoptera)

곤충류의 약 70%를 차지하는 가장 큰 분류군으로 곤충 강, 유시 아강의 외시류에 속하는 독립된 분류군이다. 성충 시기를 수중에서 보내는 종류들은 발목마디에 유영모를 가지는데 이것은 수중생활에 적응된 형태이다(그 외 많은 종류들이 기관아가미를 가지고 호흡을 함).

성충 - ㉠ 몸체는 크게 경화되어 있고, 막질부는 거의 없으며 겹눈이 있고 홑눈은 거의 항상 결핍해 있다.

- ㉡ 더듬이는 몇 가지 종류를 제외하곤 거의 11마디이거나 또는 그 이하의 마디로 이루어졌다.
- ㉢ 구기는 항상 저작형으로 수평면에서 움직일 수 있는 큰턱 1쌍과 작은턱 1쌍 (4마디로 이루어진 수염이 있다)으로 구성되어 있다.
- ㉣ 앞날개는 딱지날개(elytron)라 부르는데 심하게 경화되어 있고, 뒷날개는 막질이며 날 때는 앞날개보다 넓게 퍼짐.

유충 - ㉠ 머리는 경화되어 있고 더듬이는 대개 2에서 4마디를 가짐

㉡ 머리는 탈피선을 가지고 있고 홑눈을 대개 갖고 있으며 대개 6쌍 이하.

㉢ 구기는 저작형. 성충과 같이 큰 턱, 작은 턱, 아랫입술을 갖고 있음.





㉣ 다리는 5개에서 6마디. 발톱은 1쌍. 기문은 9쌍(가슴1쌍, 배8쌍)

IX. 파리목 (Diptera)

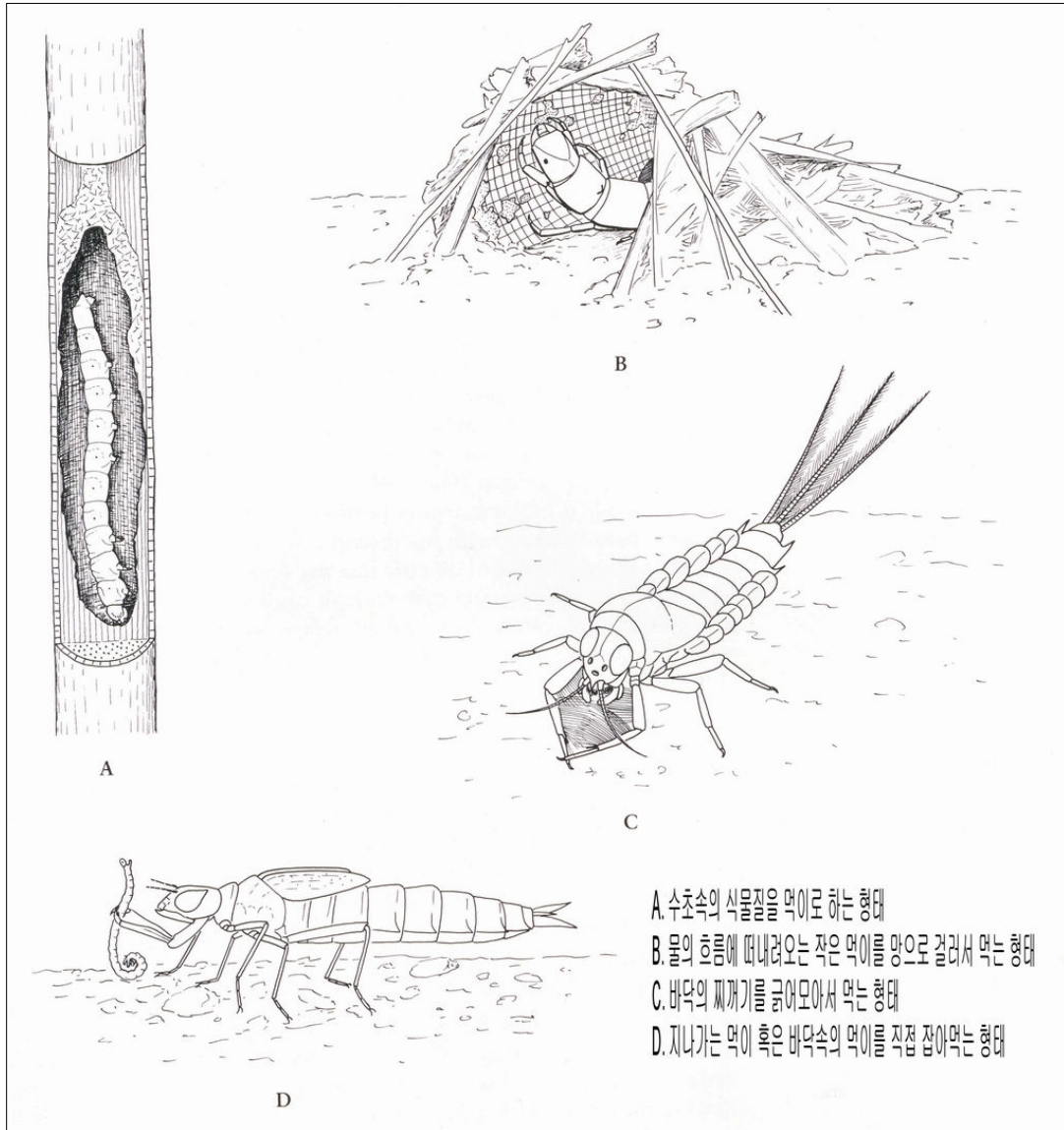
체제가 가장 잘 발달한 곤충으로 곤충 강, 유시 아강에 속한다. 지구상에 약 50,000 여 종이 기록되어 있는 가장 큰 목(order)으로 과(family)수 만도 100개 이상으로 알려져 있다.

입모양은 찌르는 형, 핥는 형, 빠는 형 등으로 변형되어 있으며, 겹눈은 어떤 종류의 숫컷에서는 완전히 맞붙고, 암컷은 떨어져 있으며 쉽게 암수의 구별이 가능하기도 하다. 또한 홑눈은 보통 3개이나 3개 이하인 것, 없는 것 등과 같이 매우 다양한 형태로 존재한다.

성충의 일부만이 진수서이며, 유충은 대부분 넓은 의미로서 수서라고 할 수 있다. 왜냐하면 이들은 습기가 높거나 젖은 환경인 넓은 의미의 물과 관련된 환경이 주 서식장소이기 때문이다.

저서성대형무척추동물	생태특성
<p>Chironomidae sp.(갈다구과 sp.)</p> 	<p>절지동물문 파리목 갈다구과의 종으로써 약 5-10mm내외이다. 담수생태계에서 매우 다양한 서식처를 가지고 있으며 어류 등과 같은 고차 소비자들의 주요한 먹이원이기도 하다. 주로 유기물이 풍부하고 하상이 뽀얀 곳을 선호하나 본 조사에서는 유속이 보통 이상이며 다양한 하상구조를 지닌 곳을 선호하는 청수성 종이 다수 서식하는 것으로 확인되었다.</p>
<p><i>Hydropsyche</i> sp. (줄날도래)</p> 	<p>절지동물문 날도래목 줄날도래과에 속하는 종으로서 약 10-20mm 내외로 산간계류에서부터 중대형 하천 하류에 이르기까지 분포가 광범위하다. 주로 그물을 만들어 부착된 조류와 작은 유기 잔사물을 섭식하고 살며 유기 오염 지표종으로서 널리 이용된다.</p>
<p><i>Oyamia coreana</i> (진강도래)</p> 	<p>절지동물문 강도래목 강도래과의 체장 약 10-30mm 내외로 청정한 산간계류의 수온이 낮고 용존산소가 풍부하여 유속이 비교적 빠른 곳을 선호한다. 주요한 포식자로서 계류 생태학상 중요한 위치를 차지하고 있으며 청수역 지표종으로서의 대표성을 띠고 있다.</p>
<p><i>Stenopsyche griseipennis</i> (수염치레각날도래)</p> 	<p>절지동물문 날도래목 각날도래과에 속하는 종으로서 약 20-50mm의 체장을 지닌 대형 날도래류이다. 주로 2차 이상의 비교적 청정하고 수량이 많으며 유속 또한 보통이상인 수역을 선호하며, 주먹크기 이상의 돌에 작은 모래와 돌을 이용하여 수류방향으로 그물을 만든 후 유하된 작은 유기 잔사물과 부착조류 등을 섭식한다.</p>

【표 1 대표적 저서성 대형무척추동물 생태특성】



【그림 3. 수서 곤충의 먹이 섭취 유형】

2. 어류

일반적으로 물고기는 물 속에서 아가미로 호흡하고 지느러미로 운동하면서 사는 척추동물이다. 이는 공기호흡을 하는 양서류, 파충류, 조류 및 포유류의 모양이나 생활방법과 매우 다르게 구별된다. 물고기가 지구상에 처음 나타나게 된 것은 4억 5천 만년전인 고생대 물 속에서 턱이 없는 갑주어로부터 오랜 세월 지내오면서 연골어류와 경골어류로 나누어져 바다와 육지의 민물의 다양한 환경에 적응 분화하여 현재 알려진 종류만 해도 약 2만 4천 여종이나 된다. 이들 중 육지의 민물에 사는 민물고기(담수산 물고기)는 송사리와 같이 몸길이가 3cm 정도의 작은 것으로부터 초어처럼 1m가 넘는 큰 종류도 있고, 수명도 은어나 빙어처럼 1년생으로부터 잉어처럼 수 십년 사는 종류도 있다. 물고기의 모양도 아주 흔한 방추형을 비롯하여 가늘고 긴 뱀장어형 등 여러 가지 형이 있으며 색깔 또한 종류(물론 시기와 장소

에 따라 또다르게 나타나기도 한다)마다 조금씩 달라 구별 할 수 있다. 그리고 그들이 사는 환경도 강 상류, 중류, 하류, 댐과 저수지, 여울과 웅덩이에 따라 서로 다른 종류가 살고 있다. 사람들이 민물고기에 관심을 갖는 것은 물고기가 사는 물 속 환경이 사람들이 사는 생활과 직접 혹은 간접으로 관련되고 식품에 직접 이용되어 경제적으로 중요한 자원일 뿐만 아니라, 낚시나 관상어 사육처럼 사람들의 심미적 오락적 측면에서도 이용되고, 의학과 생물학의 연구를 위한 실험동물로도 널리 사용하기 때문이다.

물고기를 포함한 자연 속의 모든 동식물은 수억 년 혹은 수천만 년의 긴 세월을 지내오는 동안 기후적, 지리적 환경에 적응한 유전자들의 집합으로 지역마다 고유한 생물종이 만들어져 일정한 지역에만 출현하기도 하고 지질학적인 사건에 의하여 다른 지역으로 이동하여 분포된다. 이러한 생물종이 모여 어떤 생물군집이나 생태계를 만들어 현재와 같은 다양한 자연환경이 형성되었으나 최근 환경오염과 개발 등으로 다양성이 점점 감소되고 있어 생태적 위기를 초래하고 있다.

버들치 (*Moroco oxycephalus*)

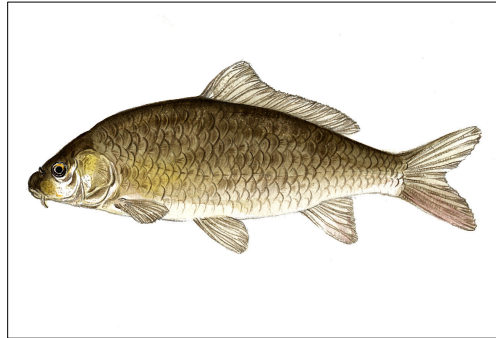
몸의 길이가 80-150mm에 이르는 개체는 흔하지만 160mm가 넘는 개체는 드물다, 몸은 길고 옆으로 납작하지만 피라미에 비하면 원통형에 가깝다. 비늘은 버들개에 비해서 큰 편인데 옆줄의 비늘 수가 64-80개이다. 입수염은 없고 아래턱은 위턱보다 조금 짧다. 아가미갈퀴는 6-9개이며 굽고 짧다. 옆줄은 완전하고 앞 부분은 배 쪽으로 조금 굽어 있다. 등지느러미는 배지느러미보다 뒤에서 시작되고 꼬리지느러미는 알개 갈라진다. 몸의 바탕은 누런 갈색이지만 등은 색이 짙고 배 쪽은 연하다. 몸의 양 옆의 등 쪽에는 짙은 갈색의 작은 반점들이 많이 흩어져 있다. 가슴지느러미살, 등지느러미살, 꼬리지느러미살은 짙은 빛을 띠지만 배지느러미와 뒷지느러미살은 연한 흰색을 띤다. 산 속 계류의 맑고 찬 1급수에서 우세종으로 자리잡고 있는 경우가 많다. 물의 각 층을 활발히 헤엄친다. 식성은 잡식성이어서 물속에 사는 곤충, 갑각류, 실지렁이 등을 잡아먹을 뿐 아니라 식물의 눈이나 줄기, 씨를 비롯하여 그 밖에도 동이나 바위에 붙은 미생물도 먹는다. 시중에서 판매되는 배합사료도 잘먹는다. 알을 낳는 시기는 5-6월이고 알을 낳는 곳은 물이 느리게 흐르는 여울이지만 발생과정은 아직 밝혀지지 않았다. 만 1년이면 50-60mm까지 자라고, 2년이면 80-100mm, 3년이 지나면 120-140mm까지 자란다. 주로 서해와 남해로 흐르는 하천의 상류지역에 산다. 북한을 비롯한 중국, 러시아의 몇몇 지역에도 분포한다.

어떤 지방에서는 더러 식용으로도 이용하지만 맛이 없다고 해서 환영을 받지 못한다. 어항에서도 잘 살고, 잘 먹고, 잘 크는 까닭에 요즘에는 민물고기 애호가, 특히 초보자들의 환영을 받고 있다. 서유구의 “난호어목지”와 “전어지”에는 버들치(柳魚)로 서개하면서 다음과 같이 적었다. “강벼들 밑에서 노는 것을 좋아하는 까닭에 버들치라는 이름을 붙였다. 몸이 둥글고 비늘이 잘며 입 끝이 뾰족하고 아래턱이 위턱보다 짧으며 배가 불룩하고 등은 연한 검정색이며 배가 하얗다. 지렁이를 미끼로 써서 낚는다.”

이 물고기는 다양한 사투리로 불리고 있다. 강벼들 밑에서 산다고 해서 버들이라고 붙은 이름이 많고, 중처럼 운순하고 정직하며 어리숙하다고 해서 중이라는 말도 많이 붙었다. 물이 맑은 산골에서 조용히 헤엄치면서 무엇을 주어도 잘 먹고 무엇을 미끼로 쓰든지 잘 낚이는 까닭에 붕이란 말이 붙게 된 것이다.

잉어 (*Cyprinus carpio*)

흔히 볼 수 있는 것들은 몸의 길이가 500mm 안팎의 개체들이지만 때로는 1m가 넘는 것도 있다. 몸은 길며 원통형에 가깝고 붕어보다는 덜하지만 옆으로 납작하다. 몸통은 길이에 비해서 폭[체고(體高)]이 좁다. 비늘은 붕어의 비늘처럼 크고 기와 모양으로 배열되어 있다. 붕어와 달라서 입수염이 두 쌍 있다. 뒤쪽의 것이 굵고 길어서 눈의 지름과 거의 같거나 그 보다 좀 더 길다. 눈은 비교적 작다. 입이 크지 않아서 위턱의 뒤끝이 콧구멍 밑에 닿을 뿐, 눈에까지는 미치지 못한다. 아래턱이 위턱보다 조금 짧으며 아가미갈퀴는 굵고 짧다. 옆줄은 완전하고 배쪽으로 조금 휘다. 등지느러미살은 18-20개이고 뒷지느러미살은 5-6개이다. 등은 녹색이고 배는 은백색이다. 까만색에서 흰색에 이르기까지 색깔의 변화가 매우 심하다. 등지느러미와 꼬리지느러미는 짙은 색이지만 다른 지느러미들은 옅은 흰색이다.



아서 위턱의 뒤끝이 콧구멍 밑에 닿을 뿐, 눈에까지는 미치지 못한다. 아래턱이 위턱보다 조금 짧으며 아가미갈퀴는 굵고 짧다. 옆줄은 완전하고 배쪽으로 조금 휘다. 등지느러미살은 18-20개이고 뒷지느러미살은 5-6개이다. 등은 녹색이고 배는 은백색이다. 까만색에서 흰색에 이르기까지 색깔의 변화가 매우 심하다. 등지느러미와 꼬리지느러미는 짙은 색이지만 다른 지느러미들은 옅은 흰색이다.

큰 강이나 호수, 저수지나 늪같이 물이 많은 곳에서 산다. 겨울에는 깊은 곳에서 지내고 수온이 13℃ 밑으로 떨어지면 먹이를 잘 먹지 않고 10℃ 아래로 떨어지면 움직임을 둔해진다. 잡식성이어서 조개, 나사조개, 게, 새우, 물 속에 사는 곤충, 어린 물고기, 물고기의 알, 돌이나 바위에 붙은 미생물, 물풀들을 닥치는 대로 먹는다. 알을 낳는 시기는 5, 6월이고, 가장 알맞는 수온은 18-22℃이다. 주로 낮(오전)에 알을 낳으며, 낳은 알은 물풀의 줄기나 잎에 붙인다. 수정된 알은 수온 12℃에서 12일, 30℃에서는 이틀이면 부화하고 깨어난 새끼의 몸길이는 5.0-5.8mm이다. 부화된 지 3일이면 7.5mm가 되고 4-6일이 지나면 난황을 완전히 흡수하여 7.0-7.5mm가 된다. 11mm 안팎에서는 등지느러미살의 앞부분이 갖추어지고 꼬리지느러미가 둘로 갈라지며 17-18mm까지 자라면 각 지느러미마다 살이 제 숫자를 갖추고 비늘도 만들어지기 시작한다. 20mm 안팎에서는 비늘이 나타나고 입수염도 한 쌍이 나타나며-25cm를 넘으면 입수염이 두 쌍이 다 갖추어져 친어와 거의 닮은꼴이 된다. 만 1년이면 몸의 길이가 100-150mm, 2년이면 180-250mm, 3년이면 300mm 안팎에 이른다. 거의 전국적으로 분포하지만 대부분이 사람이 옮겨 놓은 것이다. 아시아와 유럽대륙에 널리 분포한다.

옛날부터 식용이나 약용 그리고 관상용으로서 사람들의 많은 사랑을 받아 왔으며, 특히 동양 사람들은 잉어가 물고기의 표준 형질을 갖추었다고 여겨 왔다. 중국의 황하 종류에는 용문협(龍門峽)이라고 부르는 3단으로 된 좁은 골짜기가 있다. 자랄 만큼 자라 표준 형질을 갖춘 잉어가 이 곳까지 올라와서 용문협을 돌파하면 용이 되어 하늘로 올라간다는 전설이 있다. 잉어가 용이 된다는 전설은 동양 각국에 널리 퍼져 있는데 우리나라에서도 등용문(登龍門)이란 말에서 그 유래를 찾아볼 수 있다. 이 말은 잉어가 용문을 돌파한 것처럼, 사람이 벼슬길에 들어섰다가 출세의 길을 텃다거나 어려운 시험에 합격했을 때 등을 나타낸다. 허준의 “동의보감”에는 잉어를 평안도의 사투리인 니어로 소개하면서 잉어의 약효에 대하여 다음과 같이 기록하고 있다. “쓸개는 앞을 보지 못하는 사람(창맹)을 다스리고 눈을 밝게 하며 눈에 열이 있어서 붉게 충혈된 사람, 귀가 잘 들리지 않은 사람을 치료한다. 쓸개즙을 눈에 떨어뜨리면 눈이 붉게

붓거나 아프거나 잘 보이지 않는 현상 등을 고칠 수 있다. 살은 황단에 특효가 있다. 목마름병과 부기를 고치며 각기와 기운이 없는 것도 낫게 한다. 그뿐 아니라 냉기와 뱃속의 방울을 없애고 태아의 태동과 임신부의 부기를 다스려 안정시킨다. 골은 귀가 심하게 울릴때, 죽을 끓여서 먹으면 된다. 이(턱뼈)는 임질을 낮게 한다. 태워서 만든 재를 술에 타서 마시면 된다. 눈을 태워서 그 재를 부스럼에 붙인다. 뼈는 여자의 뭍고 흰 대하증이나 음부의 부스럼에 좋다. 창자는 어린이와 피부에 뱃속에 생긴 종기에 특효가 있다. 비늘 껍질은 산후의 하혈(下血)과 두드러기에 좋는데 태운 재를 술에 타서 마시면 된다. 피는 어린이의 붉은 종기나 부스럼에 바르면 곧바로 차도가 있다. 위의 기록은 모두 중국 서적을 그대로 옮긴 것이어서 실험을 걸쳐 입증된 약효라고 믿을 근거는 없다. 황필수의 “방약합편”에는 다음과 같이 잉어에 대한 약성을 요약해서 “약성가(藥性歌)”로 소개하고 있다. “잉어는 맛이 달고 부기를 없애며 기를 내리게 하고 태아를 안정시키는 약효가 가장 귀중하다.” 서유구의 “난호어목지”나 “전어지”에는 잉어를 리어(鯉魚)라고 하는 유래에 대하여 잉어는 “+자 무늬(文理)를 가지고 있는 까닭에 리(理)의 음을 따서 리(鯉)라고 한 것”이라는 해설을 하였다. 그는 또 중국 서적에 나오는 66린설에 대하여 비판하고 있다. “등 쪽의 비늘 한 줄이 몸이 작은 것이나 큰 것이나 다 같이 66이라고 하지만 실제로 잘 살펴보면 그렇지 않다. 위치에 따라서 비늘 한 줄의 수가 같지 않다.” 지금의 분류학자들은 옆줄의 비늘수를 기준으로 하여 한쪽 면만 세웠을 때 33-37개로 고정된 수가 아니라는 것을 알고 있다. 그는 또한 잉어의 색에 대해서도 관심을 나타냈다. “잉어는 다섯 가지 색을 가지고 있다. 붉은색, 푸른색, 검은색, 흰색, 노란색이 그것이다. 그 가운데에서도 빨간색이 본바탕이다. 고인 물에서 사는 잉어는 검정색을 많이 띠고 흐르는 물에서 사는 잉어는 노란색을 많이 띤다”고 하였다. 지금 우리가 말하는 금잉어, 백잉어, 비단잉어 등은 그 때에 이미 우리나라 중국에는 잘 알려져 있었던 것이다. 그는 또 잉어의 성장에 관해서도 다음과 같이 적고 있다.

“잉어는 부화한지 2년이 지나면 한 자(30cm)까지 자라고, 그 뒤에는 해마다 1-2치(3-6cm)씩 크다. 몸길이가 한 장(300cm)이 넘는 잉어는 백 년 이상 묵은 놈이다. 먹지 않는 것이 좋을 것이다.” 몸의 길이가 3m나 되는 잉어가 실제로 있었는지에 대해서는 잘 믿기지 않는다. 이수광의 “지봉유설”에도 다음과 같은 기록이 있다. “옛날 전라감사 하 아무개 씨가 남원에 갔을 때, 꿈에 한 늙은이가 어린이가 되어 목숨만 살려달라고 애원을 한다. 잠으 깨어서 물어보았더니 주방의 요리사가 큰 잉어 한 마리를 잡아다가는 막 칼을 대려고 하고 있었다. 감사는 곧바로 깊은 물에 놓아주게 했다. 그 산골에는 지금도 용소(龍沼)가 있는데 이 못은 그러한 전설에서 유래한 것이다. 또 다른 설화에는 한 감사가 축문을 써서 제사를 올리다가 용이 온몸을 드러내는 바람에 놀라서 죽었다고 한다. 그 제문이 돌에 새겨져 있다고 한다.” ‘잉어가 용이 된다’는 이야기에서 유래한 이와 비슷한 전설들은 우리 나라 곳곳에서 전해지고 있다. 또한 “지봉유설”에는 다음과 같은 기록이 있다. “당나라 법에는 잉어를 잡아먹는 것을 금하고 있었다. 만일 이 법을 어기면 곤장 60대를 맞았다. 당나라 왕의 성이 리(李)이고 鯉와 李는 음이 같아서 이런 법이 생긴 것이다.” 우리 한국에서도 조선시대에는 잉어를 왕에게 진상하는 일이 없었다고 한다. 그 사고 방식에는 당나라 사람들과 맥이 통하고 있다고 보아야 할 것이다. 조선 왕조의 성씨가 곧 李씨였기 때문이다. “세종실록지리지”, “신증동국여지승람”, “고사신서”와 같은 책에는 잉어의 산지를 비교적 상세히 기록하고 있다. 잉어 양식의 역사도 꽤 오래된 것으로 보인다. 박세당이 펴낸 “장경”에는 이미 잉어 양식에 관한 기사가 실려 있다.

붕어 (*Carassius auratus*)

몸의 길이가 50-200mm에 이르는 개체는 흔하지만 400mm 안팎에 이르는 붕어는 매우 드물다. 잉어와 비교하면 공통점은 비늘이 기와처럼 배열되고 등지느러미가 길며 꼬리지느러미가 둘로 갈라지고 옆줄이 완전하다는 것이고 차이점은 붕어는 그 몸의 길이에 비해서 폭이 비교적 넓고 입수염은 없다는 것이다. 몸은 옆으로 납작하고 입은 작아서 위턱의 뒤끝이 눈에 미치지 못한다. 아가미갈퀴는 길서 뽀뽀하게 나왔다. 등지느러미살은 16,17개이고 뒷지느러미살은 5,6개이다.

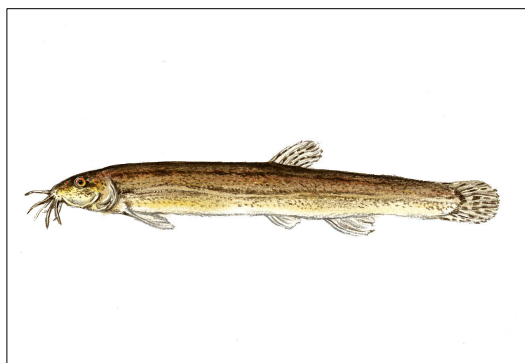
몸은 은백색이지만 사는 곳에 따라 변화가 심하다. 일반적으로 흐르는 물에서 사는 것들은 푸른 갈색이고 고여 있는 물에 사는 것들은 노란 갈색이다. 또한 등지느러미와 꼬리지느러미는 푸른 갈색이고 다른 지느러미들은 옅은 흰색이다. 호수나 늪, 저수지, 농수로, 하천 등 주로 고여 있는 물에 많다. 잡식성이어서 갑각류, 패류, 실지렁이, 물속에 사는 곤충, 식물의 잎, 줄기 등 거의 모든 유기물을 먹는다. 환경 변화에 대하여 견디는 힘이 매우 강해서 3급수에서도 잘 산다. 알을 낳는 시기는 4-7월이지만 주로 5월에 낳는다. 알을 낳기에 알맞은 수온은 18℃ 안팎이고 낳은 알은 물풀의 잎이나 줄기에 붙인다. 수정된 알은 25℃ 안팎에서는 3일, 15℃에서는 10일쯤 지나면 부화해서 몸의 길이가 5mm 안팎인 새끼가 된다. 알에서 부화한지 5-6일이 지나면 난황을 흡수한다. 6일이 지나면 9.5mm까지 자라지만 지느러미는 아직 다 갖추어지지 않는다. 30일이 지나야 25mm까지 자라 친어와 거의 같은 형질을 갖추게 된다. 진해 국립 양어장의 실험한 바에 따르면 부화한지 보름이 지나면 몸의 길이가 8-13mm, 20일이면 13-18mm, 1개월이면 20-30mm, 3개월이면 80-100mm, 6개월이면 100-140mm, 1년이면 140-160mm, 2년이면 160-180mm, 3년이면 200-230mm까지 자란다고 한다. 자연수계에서는 곳에 따라 변화가 클 것으로 생각된다.

붕어는 전국 어디에서나 볼 수 있고 섬 지방에서도 분포한다. 북한, 중국, 일본, 러시아, 유럽에까지 분포하는 것으로 알려졌다. 많은 고서에 붕어는 식용뿐 아니라 약으로도 좋다고 적혀 있다. 물론 오늘날에도 식용으로 널리 쓰인다. 사천 요리처럼 좋은 요리법이 개발되면 앞으로도 식용으로 사랑을 받게 될 것이다. 요즘에는 가정에서 관상용으로 많이 기르게 되었다. 허준은 “동의보감”에서 붕어의 약효를 다음과 같이 적었다. “위를 다스리고 오장을 이롭게 하며 속을 조절하고 기운이 떨어지는 것을 막으며 설사를 멈추게 한다. 순채와 함께 국을 끓여 먹으면, 위가 약하여 먹은 것이 내려가지 않은 것을 다스린다. 또 회를 만들어서 먹으면 오래 묵은 붉거나 흰 이질을 고친다. 모든 물고기가 화(火)에 속하지만 붕어만은 토(土)에 속하여 그것이 소화관 속으로 들어가면 위를 편안하게 하고 창자를 이롭게 한다. 어린이들의 머리와 입에 난 부스럼, 중설(重舌), 눈병에는 붕어의 머리뼈를 태워서 그 재를 바른다. 또한 어린이들의 뇌에 생긴 부스럼에는 쓸개즙을 콧속에 떨어뜨리면 좋다. 붕어의 알은 뱃속을 안정시키고 간의 기력을 더하여 준다.” 윗 기록은 모두 1600년대 초까지 중국에서 들어온 의약서의 내용을 그대로 옮긴 것이어서 그 내용들이 얼마나 사실과 부합되는지는 알 길이 없다. 허준은 “여러 물고기 가운데에 붕어가 가장 먹을 만한 물고기”라고 한 “의학입문”이란 책의 내용을 그대로 옮기고 있지만 이 사실조차 체험을 통해서 인정하고 있는 것인지 의심스럽다. 서유구의 “임원십육지” 중 “인제지”에서는 붕어의 약효에 대하여 다음 몇가지를 추가하고 있다. “창자의 치질을 고치는 부기증의 물을 빠지게 하며 단석(丹石)이나 열을 비롯하여 여러가지 부스럼을 낮게 한다. 회는 단독(丹毒) 풍으로 일어나는 현기증, 다리의 풍, 흥분을 가라앉게 한다. 머리뼈를 태운 것은 어린이들의 기침, 설사, 탈항(脫肛) 등도 고친다. 쓸개는 빠나 대나무

가시가 목에 걸려서 나오지 않은 것을 나오게 할 수 있다. 서유구도 허준 시대 이후에 들어온 중국의 “본초강목”을 비롯한 중국의 의학서의 내용을 거의 비판 없이 받아들였다. 그의 “난호어목지”와 “전어지”에는 “흐르는 물에서 사는 붕어는 비늘이 하얗고 황금색이며 맛이 좋지만 고여 있는 물에서 사는 붕어는 등의 비늘이 검고 맛이 떨어진다”고 적혀 있다. 서유구는 이와 같이 사는 곳에서 따라서 붕어의 색과 맛이 다르다는데 대해서 비상한 관심을 보이고 있다. 이규경의 “은주연문장전산고”에는 “체천 의림지의 붕어가 가장 맛이 좋다”고 적혀 있다. 정인지의 “세종실록지리지”, 이행 등의 “동국여지승람”, 서명응의 “고사신서” 같은 책에는 붕어의 산지가 꽤 자세히 적혀 있다.

미꾸리 (*Misgurnus anguillicaudatus*)

몸의 길이가 100-170mm에 이르는 개체는 흔하지만 200mm가 넘는 것은 매우 드물다. 몸은 가늘고 길며 원통형이지만 뒤쪽이 옆으로 좀 납작하고 꼬리 부분으로 갈수록 더욱 납작해진다. 머리는 원추형이고 주둥이가 길며 입은 주둥이의 밑에 있고 말굽 모양이다. 아랫입술이 윗입술보다 짧다. 입수염은 다섯 쌍인데 세 쌍은 윗입술에, 두 쌍은 아랫입술에 달려 있다. 입구석에 달린 입수염이 가장 길지만 미꾸라

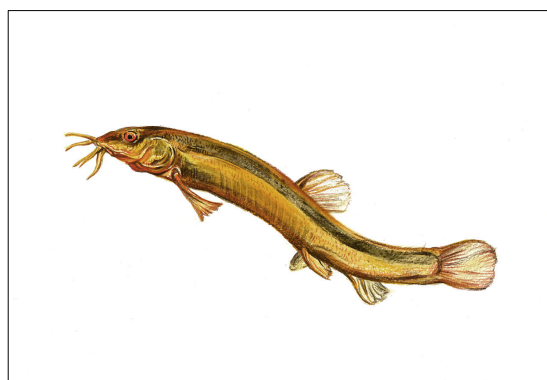


지의 그것보다 짧아서 눈 지름의 2.5배를 넘지 못한다. 눈은 작고 등쪽으로 붙는다. 아가미갈퀴는 납작하고 짧다. 옆줄은 완전하지만 뒤쪽으로 갈수록 잘 보이지 않는다. 가슴지느러미는 암수가 서로 다르다. 수컷의 경우는 뾰족하고 길어서 머리의 길이와 같거나 그보다 길지만 암컷의 그것은 끝이 둥글며 머리 길이의 반보다 조금 길다. 등지느러미살은 6, 7개이고 뒷지느러미살은 5-6개이며 꼬리지느러미의 끝은 둥글다. 몸 색깔은 사는 곳에 따라서 변이가 크지만 등 쪽은 주로 까만 색이고 배의 아래쪽은 흰색이거나 연한 황색이다. 몸 양 옆에 까만 반점이 많이 흩어져 있고 등지느러미와 꼬리지느러미에는 검은색 작은 반점이 흩어져 있지만 다른 지느러미들은 회백색이다. 물이 고여 있는 늪이나 연못, 저수지, 논, 농수로 등의 바닥에 진흙이나 해캄이 깔려 있는 곳에 산다. 생명력이 강해서 3급수에도 잘 살며, 가뭄이 심하거나 물의 온도가 너무 낮거나 높을 때에도 진흙 속에서 견디며 살아 남는다. 가끔 물 밖으로 입을 내밀어 공기를 들며 마셔 장호흡을 하기도 한다. 비가 내릴 때는 활발히 헤엄치는 까닭에 기상어라고도 부른다. 식성은 잡식성이지만 어렸을 때는 주로 동물성플랑크톤이나 모기의 유충, 실지렁이들을 잡아먹는다. 몸의 길이가 70mm를 넘게 되면 바닥에 붙은 조류나 유기물의 조각들을 진흙과 함께 먹으며 식물의 눈이나 씨, 열매, 해캄 등을 먹기도 한다. 알을 낳는 시기는 4-7월이고 가장 알맞는 때는 5-6월이다. 저녁부터 밤사이에 알을 낳아 진흙이나 모래 속에 묻는다. 수정된 알은 수온 20℃에서 6일이면 부화하는데 갓 부화된 새끼의 몸길이는 4mm 안팎이다. 수온 30℃에서는 20-54시간이면 부화한다. 알에서 갓 3-4일이 지나면 난황을 거의 흡수하고, 이 때부터 입수염도 자라기 시작한다. 몸의 길이가 11.1mm를 넘게 되면 각 지느러미가 형성되고 입수염도 거의 갖추어 진다. 열흘이 지나서 몸의 길이가 15mm를 넘게 되면 친어와 거의 같은 형질을 갖추게 된다. 알에서 부화한지 6개월이면 30-50mm, 1년이면 70mm, 2년이면 120mm, 3년이면 160mm 안팎까지 자란다. 우리 나라 거의 모든 곳에 분포하며 북한, 중국, 일본, 러시아에도 분포하는 것으로 알려졌다. 옛날부터 식용이나 약용으로 널리 쓰여 왔다. 미꾸리가 추어탕감으로 쓰이는 것은 우리 모두가 잘 알고 있는 사실이

다. 요즘에는 미꾸리와 미꾸라지가 어린 학생들의 좋은 탐구재료가 되고 있다. 두 종의 장 호흡 현상이 어린 학생들의 호기심을 자극하고 있는 것이다. “동의보감”에는 미꾸리에 관하여 다음과 같이 적혀 있다. “성(性)은 온이고 맛은 달며 독이 없다 속을 보하고 설사를 멎게 한다.” 황필수의 “방약합편”에도 다음과 같은 뜻의 ‘약성가’가 실려 있다. “미꾸리는 맛이 달고 성은 평(平)이며, 기(氣)를 더하게 한다. 술을 깨게하고 목마름병(당뇨병)을 다스리며 위를 따스하게 하기도 한다.” 서유구의 “난호어목지”와 “전어지”에는 ‘밧구리[泥鰌]’로 소개되어 있다.기사의 일부를 소개하면 다음과 같다. “미꾸리는 드렁허리와 비슷하지만 몸의 길이가 짧고 머리가 뽀족하며 노란색과 검은색이 섞여 있다. 끈끈한 액체를 몸에 발라 미끄러운 까닭에 물속이나 진흙속에는 붙잡기가 힘들다. 다른 물고기와 암수관계를 맺는다. 그 살은 기름지고 맛이 있다. 맑은 물속에 넣어 진흙이나 모물을 모두 토하게 한 뒤에 폭 고아서 국을 끓이면 맛이 훌륭하다.” 드렁허리와 비교한 것이 어색하고 다른 물고기들과 짝짓기를 한다고 한 것은 잘못이다.

미꾸라지 (*Misgurnus mizolepis*)





일반적으로 미꾸리보다 커서 150mm 안팎의 것들이 많고 때로는 200mm가 넘는 것도 발견된다. 몸은 미꾸리처럼 가늘고 길지만 미꾸리에 비하면 훨씬 옆으로 납작하다. 비늘은 미꾸리에 비하면 크고 머리에는 비늘이 없다. 머리는 비교적 짧고 주둥이의 길이는 눈 뒤쪽의 머리 길이에 비하면 짧다. 입은 반원형이며 아래턱이 위턱보다 짧다. 입수염은 다섯쌍, 입구석에 달린 한쌍이 가장



길어서 머리 길이의 반보다 길고 눈 지름의 4배나 된다. 눈은 작고 머리의 위에 붙어 있으며, 피막으로 붙여 있다. 눈 밑에는 가시가 없고 아가미갈퀴는 납작하며 넓고 짧다. 옆줄은 불완전하여 가슴지느러미의 기부 위에 조금 있을 뿐이다. 수컷의 가슴지느러미는 가늘고 길지만 암컷의 그것은 둥글고 짧다. 등지느러미살은 6-7개이고 뒷지느러미살은 4-5개이다. 배지느러미는 등지느러미보다 뒤에서 시작된다. 꼬리지느러미는 끝이 둥글다. 꼬리지루는 미꾸리에 비하면 등쪽과 배쪽으로 확대되어 있어서 폭이 넓다. 등쪽의 절반은 검정색이고 배쪽 하반기는 회백색이다. 몸의 양 옆에는 불규칙한 까만 갈색 반점이 많이 있다. 등지느러미와 꼬리지느러미에는 까만색의 작은 반점이 흩어져 있다. 다른 지느러미들은 회백색이다. 꼬리지느러미의 기부에 있는 까만 반점은 일반적으로 길쭉하다.

미꾸라지는 생명력이 매우 강해서 3급수에서도 잘 산다. 진흙이나 모래, 해캄이 깔린 곳, 물이 느리게 흐르거나 고여 있는 곳에 많다. 연못, 늪, 하천의 하류 농수로나 논 등에서 많이 살고 있다. 보통 때는 주로 바닥층에서 활동하지만 자주 진흙속에 들어가서 산다. 활동에 알맞는 수온은 20-30℃이다. 수온이 너무 높거나 낮을 때, 가뭄이 심할 때는 진흙 속에서 휴면을 한다. 이때에 입을 수면 밖으로 내밀고 모자란 산소를 장호흡으로 보충한다. 식성은 잡식성이다. 어렸을 때는 주로 동물성 플랑크톤이나 모기의 유충 등을 먹지만 차츰 커 가면서 식성이 식물성으로 바뀐다. 주로 밤에 먹이를 먹지만 알을 낳을 무렵에는 낮에 먹는다. 알을 낳는 시기는 4-6월이고 가장 알맞는 때에는 5월이다. 비가 내리거나 눈에 물이 차기 시작하면 알을 낳기 위한 짝짓기가 활발해 진다. 암컷 한마리에 여러 마리의 수컷이 따라붙지만 그 가운데 한마리만 암컷의 몸을 감고 알을 짜낸다. 알은 물풀의 줄기나 잎에 붙이지만 잘 떨어진다. 수렁된 알은

20-30℃에서 정상적으로 부화한다. 수온이 20℃이때는 이틀쯤지나면 부화한다. 몸의 길이가 40mm를 넘게 되면 친어와 거의 같은 형질을 갖추게 되어 미꾸리와 구별할 수 있게 된다. 이 종의 성장 과정에 관해서는 제대로 알려진 것이 없지만 미꾸리에 비해서 빠른 것으로 추측된다. 주로 서해와 남해로 흐르는 하천의 하류 지역에 분포한다. 북한과 중국에도 분포한다.

어 종	생 태 특 성
<p data-bbox="308 577 560 607"><i>Zacco platypus</i> (피라미)</p> 	<p data-bbox="603 600 1262 768">전장 약 10-20cm정도로 몸은 납작하고 길며, 머리는 비교적 큰 편이고 눈은 갈겨니보다 작다. 하천 중류 및 중하류의 물의 흐름이 비교적 완만한 곳에 서식하며 갈겨니와 경쟁관계에 있어 갈겨니 보다 하류역에 분포한다.</p> <p data-bbox="603 786 1262 860">주로 수서곤충류를 먹고 살며 우리나라에서는 전 하천 및 강에 고루 분포하고 있다</p>
<p data-bbox="253 904 576 934"><i>Rhinogobius brunneus</i> (버들치)</p> 	<p data-bbox="603 949 1262 1162">전장 약 3-6cm이며 몸은 전형적인 유선형으로 5차 이하의 중소 하천 상류역부터 중류역에 서식 분포한다. 잉어목으로 잡식성이며 비교적 오염에 대한 내성이 커서 그 분포역이 넓다. 그러나 일반적으로 연중 수온이 낮고 낙엽과 같은 유기잔사물이 많은 곳에서 부착조류 등을 먹고 사는 청수역 오염지표종이기도 하다.</p>
<p data-bbox="300 1227 568 1256"><i>Zacco temmincki</i> (갈겨니)</p> 	<p data-bbox="603 1274 1262 1397">전장 약 10-20cm정도로 몸은 납작하고 길며, 머리는 비교적 큰 편이고 눈도 피라미보다 크다. 하천 상류 및 중상류의 물의 흐름이 비교적 완만한 곳에 서식하며 상류 계곡까지도 올라간다.</p> <p data-bbox="603 1415 1262 1489">주로 수서곤충류를 먹고 살며 우리나라에서는 영동북부를 제외한 전 하천에 고루 분포하고 있다.</p>
<p data-bbox="308 1570 560 1599"><i>Carassius auratus</i> (붕어)</p> 	<p data-bbox="603 1592 1262 1805">전장 약 10-30cm이며 몸은 장타원형으로 옆으로 납작하다. 입은 작고 입가에 수영이 없으며 몸은 은백색이지만 사는 장소에 따라 체색변화가 심하다. 환경에 대한 적응성이 커서 하천 중류 이하의 유속이 느리고 수초가 많은 곳에 서식하며 잡식성으로 소형갑각류, 수서곤충, 부착조류 등을 먹는다.</p>

【표 2. 대표적 어류의 생태특성】

3. 국내 대표 청정 하천 특성

한반도는 동쪽이 높고 서쪽이 낮은 지체구조를 가지고 있으며 태백산맥이 한반도의 척추산맥으로서 동해안에 가까이 남북으로 달리고 있으므로 두만강을 제외한 대부분의 하천이 서해나 동해로 유입하는 특징을 갖고 있다. 또한 깊고 긴 계곡이 조밀하게 발달하여 유역면적에 비하여 하천의 길이가 길고 하천의 밀도도 대단히 높으며 전형적인 사행성의 모습을 보여주고 있는 경우가 많다

1. 방태천

방태천은 강원도 인제군 기린면에 위치하여 북서사면인 점봉산(1424.2m)과 북사면인 단목령(855.5m)에서 발원하여 유로가 일직선상으로 남진한 후 진동리 쇠나드리에서 남서진하여 방동리를 통과하고 인제군 현리 내린천과 합류하게 되는 유로길이 약 34.5Km의 계류형 하천이다. 또한 방태천이 위치하고 있는 주변 삼림은 전체적으로 자연림으로 이루어져 남한에서는 유일한 원시림을 형성하고 있고 또한 열목어(*Brachymystax lenok*)가 대량 서식하는 서식지으로도 유명한 계류이다.

하천구조

방태천 유역은 국내 유일의 원시림으로 둘러싸여 매우 잘 보존된 몇 안 되는 우리나라의 자연생태계를 한눈에 볼 수 있는 지역이다. 각 조사지점의 물리적 조건인 하상구조를 알아본 결과, 최상류역은 바위:돌:자갈:모래가 5:4:1:0의 비율로 대부분 거대한 암반과 호박돌로 이루어져 있다. 그러나 중류역에서는 비율이 급격히 변하여 자갈의 비율이 높아지는 것을 알 수 있었고, 하류역에서는 거의 모래와 자갈이 하상을 덮고 있다.

상류

방태천의 상류역은 매우 잘 보존된 숲생태계를 가지고 있는 곳으로 우리나라 자연 생태계를 한 눈에 볼 수 있는 곳이다.

수서곤충은 알통알락하루살이류와 같이 빠른 물살에도 견디도록 적응된 종과 더불어, 물 속의 유기잔사물을 망을 쳐서 걸러먹는 줄날도래류 그리고 진강도래류와 같은 깨끗하고 물속에 산소가 많으며 물이 차가운 곳을 좋아하는 많은 종의 수서곤충이 분포하고 있다.

또한 어류는 독중개, 버들치, 금강모치, 열목어, 미유기 등과 같이 주로 차가운 물을 좋아하는 냉수성 어종이 분포하고 있다.

중류

중류 또한 산림이 잘 보존된 곳으로 물의 속도는 빠른 편이지만 상류보다 물이 흐르는 폭이 넓어지고 물의 양이 많아지면서 조금씩 느려진다.

상류역과 그리 크게 다르지 않는 수서곤충상을 보여주나 다만 유속과 하상구조 등과 같은 일부 수환경의 차이에 따른 여러 종들의 개체수가 차이가 날 뿐이다.

어류는 붕어, 묵납자루, 누치, 참마자, 어름치, 돌고기, 가는돌고기, 쉬리, 물개, 모래무지, 돌마자, 배가사리, 꾸구리, 돌상어 피라미, 갈겨니, 끄리, 미꾸리, 미꾸라지, 새코미꾸리, 참종개, 동자개, 눈동자개, 대농쟁이, 메기, 통가리, 꺾지, 쏘가리, 동사리 밀어 등 많은 종들이 분포하고 있다.

하류

방태천은 하류역은 민가와 도로와 가까이 있어 일부 지역에서는 생활하수가 하천으로 유입되기도 하지만 그래도 수질은 일반 하천에 비해 매우 깨끗한 편이다. 물의 속도는 상류나 중류보다 느리며 여울과 웅덩이(소)가 교차해서 흐르며 강폭은 10 - 20m, 물의 깊이는 약 50 - 250cm로 깊어진다.

2. 남대천

양양 남대천은 태백산맥의 대청봉, 점봉산, 응복산, 황백산을 연결하는 설악산맥 남단의 각 골짜기에서 발원한다. 본류는 강릉시 연곡면 두루봉에서 발원하여 현북면 법수치리, 원일전리, 장리, 도리, 남양리, 수리, 용천리, 서문리로 북진한다. 이곳에서 오색천과 후천이 합류된 지류와 합류하여 양양읍 조산리에서 동해로 유입된다. 후천은 서면 갈천리 계곡에서 발원하여 황이리, 서립리, 영덕리, 공수전리를 거쳐 송천리에서 오색천과 합류한다. 오색천은 한계령 동편 계곡에서 발원하여 오색약수터, 오가리를 거쳐 송천리에서 후천과 합류된다. 일반적으로 동해로 유입되는 하천들은 지형의 특성 때문에 하천의 길이가 대부분 20km 미만으로 짧고 유역이 좁으며 경사가 급해서 하구역이 제대로 구성되지 못하고 중상류역의 계류형인 채로 바다로 유입하고 있는 특징을 보이고 있다. 그러나 양양남대천의 경우는 이곳의 지형이 남서방향에서 북동방향으로 계곡이 깊어서 많은 지류와 함께 우리나라 동해로 유입되는 하천 중에서는 드물게 길이가 약 60km 이고, 유역이 넓으며 하천 주변입상이 잘 발달되어 있어서 유량이 풍부한 하천이다. 또한 양양남대천은 그 유역의 대부분이 깊은 계곡에 위치해 있으므로 현재까지도 남한에서는 드물게 자연 그대로의 모습을 지니고 있는 하천이다. 그러나 본 하천에는 대형보가 많이 설치되어 있어 소생(상류로 거슬러 올라오는)하는 연어, 은어, 칠성장어 등의 어류의 서식에 있어 큰 제약이 되고 있다.

상류

양양남대천의 상류는 하천 주변의 숲이 매우 잘 발달되어 하천을 덮고 있다. 일반적으로 우리나라 상류의 특징은 하상의 경사가 급하고 물의 유속이 빠르며, 낙차가 크고, 큰돌이나 바위가 많다. 또한 여름에 수온은 낮으며, 물은 매우 맑다. 역시 이 하천 또한 하천폭이 약 2~10m 정도이고 하상구조는 주로 암반, 큰돌, 작은돌 및 모래가 3:3:3:1의 비로 구성되어 있으며, 수심은 20cm부터 80cm이고 유속은 매우 빨라 전형적인 산간 계류의 상류모습을 잘 보여주고 있다.

대표적 수서곤충 출현종들을 살펴보면 하루살이목의 큰흰꼬리하루살이, 꼬리하루살이, 빨갈락하루살이류, 강도래목의 진강도래류 등이 고루 분포하고 있다. 본 종들은 대부분 청정수계에서 출현되는 종들로 낮은 수온과 빠른 유속의 서식 환경을 선호하는 특성을 갖는 것으로 알려져 있어 본 수계 역시 아직은 오염이 덜 되었음을 의미하고 있다.

본 하천에서는 상류에 출현하는 어종은 버들치, 금강모치, 산천어, 무지개송어, 미유기, 독중개, 종개 등이다.

중류

양양남대천의 중류에는 일부 도로, 농경지 및 민가가 인접하여 있으나 대부분 주변에 숲이 존재한다. 하천의 폭은 약 10~20m 정도이고 하상구조는 주로 암반, 큰돌, 작은돌 및 모래가 1:3:4:1의 비로 구성되어 있으며, 수심은 20cm부터 150cm까지이며 유속은 빨랐으나 상류보다는 느린 편이었다.

중류역에서는 노린재목의 소금쟁이류, 날도래목의 수염치레각날도래, 물날도래류, 광택날도래류 등의 수서곤충이 확인된다.

출현 어종은 붕어, 피라미, 미꾸리, 북방중개, 쌀미꾸리, 잔가시고기, 한독중개, 꺾지, 밀어 등이다.

하류

양양남대천의 하류는 길이가 매우 짧다. 하천의 주변에는 일부 수변 식물들이 서식하고 다른 하천들과는 달리 하상 구조를 정비하지 않아 자연 모습을 그대로 지니고 있다. 하천의 폭은 250~300m정도이며, 하상구조는 주로 큰돌, 작은돌 및 모래가 1:3:6 비로 구성되어 있으며, 수심은 100cm부터 250cm까지이며 유속은 느린 편이다.

수서곤충으로는 일부 무늬하루살이류와 줄날도래 그리고 물잠자리류와 파리류의 각다귀류가 분포하고 있다.

본 하류역에서 출현하는 어종은 망둑어과 어류 및 잉어, 복숭, 감성돔, 송어, 기송어, 큰가시고기, 학공치, 연어, 송어, 은어, 뱀어, 뱀장어, 칠성장어, 황어 등이다.

4. 기타 담수생태계 특성

1) 습지 생태계란?

습지란 간단히 물기가 많은 땅을 칭한다. 얼마나 물기가 있어야 할까? 오랜 세월 동안 일정한 수심을 유지하기도 하고 비가 올 때만 축축이 일시적으로 습지가 되거나 우기동안만 계절적으로 습지가 만들어지는 경우가 있다. 따라서 습지란 강물, 호수물, 바닷물, 하구의 약간 잔물 등 매우 다양한 “물”을 포함한 땅과 가까이 접하는 곳이 습지 생태계이다. 세계적으로 보면 그 나라가 위치한 곳의 지형 기후 등에 의해 매우 다양한 모습의 습지를 갖게 된다. 우리나라와 같은 곳은 광활한 해안 갯벌 습지와 한때 매우 많았던 낙동강 변의 강이 만들어 놓은 습지들이 있다. 비록 인공적이기는 하지만 우리주변에 많은 논들도 습지생태계임이 분명하다.

지구상에 살고 있는 인종의 종류보다 훨씬 다양한 것이 습지이고 그 지역의 기후나 풍토가 그 지역의 인종의 성격을 결정하듯 습지의 “성격” 또한 매우 다양하다. 유럽과 미국에서는 70년대 말과 80년대 초에 습지의 유형을 50가지 이상으로 구분하고 있으며 크기에 있어서도 불과 수십 평방 m에서 수백 km에 이르기까지 다양하다. 특히 건조한 기후

대에 위치한 지역에서 습지의 중요성은 그 지역 전체의 생물다양성을 유지하는데 큰 기여를 한다.

2) 우리나라에는 어떤 습지가 있을까?

강의 흐름이 변하거나 강과 유입 하천이 만나는 지점에 위치한 하천 배후습지(예 : 낙동강 변의 배후습지)들과 동해안의 해안변에 모래가 만을 가로막아 만들어낸 호수인 석호(예 : 청초호, 영랑호, 향호 등)가 7~8개 있다. 비록 그 수가 많지는 않으나 높은 산에 습지가 형성되어 습원을 형성하기도 하고(예 : 용늪, 무제치늪), 제주도의 오름처럼 분화구에 물이 고여 습지를 형성하기도 한다. 강의 하구에는 하구습지가 있으며(예 : 만경강, 순천만, 낙동강 등) 서해안에는 세계적으로 잘 발달된 해안 갯벌습지가 있다.

인공적으로 만들어진 습지생태계는 논과 저수지를 들 수 있다. 우리나라에는 18,000 여 개에 이르는 농업용 저수지가 있으며 거의 대부분은 수심이 얇고 저수지의 가장자리에는 수초대가 잘 발달되어 있다. 우리주변의 논도 5월~8월 까지 인위적으로 물을 공급하여 만든 습지 생태계이다. 또한, 1960년대 초반 이후 농지확장을 위해 방조제를 설치하여 매립되고 방치된 해안습지들도 남해안과 서해안에 있다.

우리 나라의 습지보전법(1999) 제2조에서는 습지를 담수기수 또는 염수가 영구적 또는 일시적으로 그 표면을 덮고 있는 지역으로서 내륙습지 및 해안습지를 말한다. 내륙습지라 함은 육지 또는 섬 안에 있는 호(湖) 또는 소(沼)와 하구(河口) 등의 지역을 말한다. 중요한 습지를 보호하기 위한 국제협약인 람사협약(Ramsar Convention)에서는 습지에 대한 정의를 매우 광범위하게 내리고 있다. 습지란 일시적이든, 자연적이든, 인공적이든, 물이 정체하거나 흐르는 담수, 기수, 염수가 있는 소택지, 토탄이탄 혹은 수면지역이며 해수면으로부터 6m 이내의 해양부도 포함하고 있다. 우리나라의 경우 외국에 비해 습지유형이 단순한 편이고 습지보전법에서는 국내의 습지를 내륙습지와 해안습지로 크게 구분하고 있다.

3. 국제적으로 중요한 습지란?

만약 어떤 철새가 우리나라에서 겨울을 지내거나 다른 나라로 이동하다가 잠시 들렀다고 가정했을 때 그 새에 있어서 해당되는 습지생태계의 안정성과 건강성 유지는 생존을 위한 필수조건이다. 어류의 경우에도 마찬가지로 다른 나라와 연결된 수로에서 산란을 위해 이동하였다가 그 습지가 파괴되어 있을 경우 종의 번식자체가 위협받고 멸종하게 된다. 이런 국제적으로 중요한 습지를 보호하기 위해 많은 나라들이 국제협약을 만들고 공동노력을 기울이고 있는 것이다.

국제적으로 중요한 습지에 대한 기준과 인식은 1971년 이란의 람사에서 철새의 서식처로서 중요성을 인식하면서 국제협약(람사협약)이 시작되었다. 그러나 지난 30년간 매 2~3년 간격으로 열리는 당사국회의를 통하여 크게 변화하고 있다. 약 20년간 철새의 서식지 혹은 이동통로(중간기착지)로서 습지가 매우 중요하게 평가되었으나 1996년 후주의 브리즈번에서 열린 제 6차 당사국 회의를 기점으로 물새의 서식처로서의 중요성은 물론 어류, 식물 등을 포함한 생물 다양성의 보고로서의 인식변화가 있었다. 이러한 변화는 자연환경과 조건이 다른 협약당사국 내에서의 습지 인식에도 큰 변화를 주어 그 나라의 대표적인 습지유형, 생태적 가치 및 특성에 많은 가치를 부여하게 되었다. 전 세계적으로 90년대 후반부터 발표되고 있는 국가보고서들에서는 해당국가 내에서의 특정 습지의 중요성을 철새는 물론 거의 전

분류군에 걸친 생물다양성 보전과 유지관리 방안에 그 초점을 맞추고 있다. 국내에는 현재 2곳(대암산 용늪, 창녕 우포늪)이 람사등록 습지로 되어 있으나 람사기준을 충족하는 습지는 매우 많다.

4. 왜 습지의 소실을 걱정하는가?

우리 나라에서 습지생태계에 대한 인식은 급격히 변화하고 있으며 정부, 학자, 민간단체 등이 앞 다투어 보전에 대한 목소리를 높이고 있어 매우 고무적이다.

우리 나라를 살펴보기 전에 선진국의 예를 들어보면 1960년까지만 해도 습지는 오랫동안 "버려진 땅"으로 여겨졌고 습지의 대부분은 경작을 위해 물을 빼버리고 농경지로 전환되었다. 또, 모기와 같은 해충의 발생을 우려하여 위생적인 측면도 습지매립의 주요한 원인이었다. 이른바 오늘날 환경 선진국으로 불리는 미국, 유럽 등에서도 이와 같은 전철을 밟고 오늘에 이르렀다. 미국의 경우 끝없이 펼쳐진 중서부와 인구가 밀집된 동부에서의 습지소실의 주된 요인의 70-80% 이상이 농경지 확장에서 기인하였다. 플로리다주의 키시미강은 원래 하천습지가 잘 발달된 구불구불한 사행하천이었다. 농경지확장 및 수로정비를 위해 강의 160 km에 이르는 구간을 100 여 km로 직강화한 후 수질악화와 생물다양성 감소 등으로 많은 피해를 입자, 강을 다시 원래 모습으로 복원하는 작업을 진행하고 있다.

우리 나라는 어땠을까? 예를 들어 낙동강의 경우 1900년도 초 이후 강변에 홍수를 막기 위한 제방이 설치되고 제방밖에는 홍수로부터 안전한 농경지가 늘어나게 되었다. 경북 안동, 예천과 같은 중상류에도 농경지가 일제시대 때 많이 확보된 흔적을 쉽게 발견할 수 있고 낙동강 하구 가까이에도 농경지 보호를 위해 높은 제방 있는 것을 쉽게 볼 수 있다. 사람들이 거의 정착해 살지 않았을 3000-4000년 전의 낙동강을 생각해보면 제방은 없고 강, 습지, 산이 모두 구분할 수 없을 정도로 3-5km의 홍수지대에 많은 우각호를 남겼을 것이다. 어떤 우각호는 메워져 육상식물이 침입하고 어떤 우각호를 만들어진지 얼마 되지 않아 웅덩이로 남아있었을 것이다.

우리나라의 가장 대표적인 내륙습지의 하나인 경남의 우포도 낙동강 강변의 배후 습지로 낙동강과 2-3km 거리에 있으면서 일년에 두, 세 번 강이 범람하면 수위가 3m 정도 상승하고 홍수 전에 만들어 놓은 많은 생물을 강으로 되돌려 주기도 하는 등 강과 교류가 있다.

우포습지의 경우 "어쩔 수 없어" 살아남은 습지이다. 메우기에는 너무 많은 노력이 필요했고 낙동강의 주기적인 여름범람은 경작을 위협하기 때문에 그런 위협을 안고 경작이 불가능해서 방치되었기 때문이다. 만약 범람의 위협이 적었고 우포늪 자체의 집수역에서 모여드는 하천을 통한 유입량이 적었다면 이미 몇 십 년 전에 사라졌을 생태계이다.

낙동강의 하구에는 과거 광활한 하구습지가 있었다. 1987년에 하구둑이 완공되고 그 후 공업단지, 주거단지, 도로 개설 등으로 약 15 km(450만평)의 습지가 소실되었다. 한때 동양최대의 철새도래지가 겨우 명맥을 유지하는 철새도래지로 전락했다. 다행히 을숙도를 중심으로 생태계복원이 활발히 전개되고 있어 다양한 하구 생물 및 낙동강 하구를 찾는 귀한 철새들이 앞으로 늘어날 것으로 생각된다.

습지의 파괴와 소실이 갖는 의미는 단순히 도래하는 철새수의 감소만이 아니다. 유기물의 생산과 분해과정에서 많은 생물들이 복잡하게 먹이망으로 얽혀있어 해당지역과 인접생태계의 생물다양성 감소로 이어져 생물자원의 소실을 의미한다. 현재 선진국의 대부분은 생물자원의 관리를 국익관리의 우선순위로 설정하고 있어 종의보전, 유전자원의 관리의 차원에서 습지생태계의 파괴나 소실을 우려하고 있다.

다이너마이트로 산호초를 부수어 가며 일회성으로 어류를 포획하는 동남아시아의 몇몇 나라를 보면 현명한 이용(Wise use)을 통한 지속가능성(Sustainability)이 얼마나 중요한 명제임을 알 수 있다. 산호초가 수십cm 자라는데 수백년이 걸리고 잘 발달된 산호초는 생물다양성이 매우 높아 적정량의 어획이 이루어질 경우 보전과 이용의 조화를 이룰 수 있다.

우리나라의 큰 강주변에 있던 많은 습지들은 농경지 확장으로 사라졌고 극히 일부는 공장이 들어서면서 소실되었다. 우리는 왜 습지의 소실을 걱정할까?

첫째, 생물다양성이 높기 때문이다.

습지 내에 일반적으로 서식하는 생물은 물-경계면-땅이라는 다양한 서식처가 있어 수생-반수생-육상생물들의 터전이 되고 있어 다양하다. 또 높은 산에 있는 습지(고산 습지, 산지습지)는 유기물이 오랫동안 퇴적되어 물의 pH가 낮아 독특한 생물들만 적응하여 서식하기도 한다. 우리나라의 첫 번째 람사르습지인 강원도 인제군 대암산 용늪의 경우도 해발 1280m의 고산 습지로 독특한 습지생물들이 서식하고 있다.

둘째, 잘 발달된 습지는 홍수조절에 큰 기여를 할 수 있다.

우포와 같은 습지가 낙동강 중하류에 수십 개 더 있다면 낙동강 하류의 홍수조절에 큰 기여를 할 수 있을 것이다. 홍수 때, 스폰지처럼 물을 머금었다가 천천히 강으로 흘러낼 수 있기 때문이다. 하천 배후 습지가 잘 보전되어 있는 미국 보스턴시의 찰스강 상류습지가 하류의 홍수방지에 크게 기여하고 있음은 잘 알려져 있는 사실이다.

셋째, 습지는 지하수의 수위 유지와 수질정화 기능을 갖고 있다.

습지가 일정한 수위를 유지함으로써 안정된 지하수의 유지가 가능하다. 또한 습지에 서식하는 많은 생물들은 수질정화에 큰 기여를 한다. 습지는 물과 땅이 접하는 면이 매우 완만하고 물 속에 잠겨 살거나, 잎만 수면에 떠 있는 식물과 반쯤 잠겨있는 수생식물 등이 동시에 서식할 수 있는 환경을 제공한다. 이런 식물의 표면에는 많은 미생물들이 부착하여 더불어 살고 있어 복잡한 먹이사슬을 이루기도 하고 유기물 등을 흡수함으로써 수질이 개선된다. 이런 습지생태계의 원리를 이용한 수질 정화기법(인공습지조성)들이 국내외에서 활발히 시도되고 있다.

이외에도 습지는 심미적인 가치와 레크레이션 기능도 제공하고 있다. 동시에 경제성이 있는 어패류가 서식하는 경우가 많아 지역주민의 경제활동에도 크게 기여하고 있다. 높은 산에 있는 습지(예 : 용늪, 무제치늪)의 퇴적물 속에는 수천년 동안 바람에 날려와 차곡차곡 쌓인 꽃가루들이 있어 과거에 어떤 식물들이 번성하였는지 알려주는 등 자연 변천사가 고스란히 보관된 자연의 역사 기록장소이기도 하다.

5. 우리나라의 습지의 미래는?

우리나라에서는 90년대 중반 이후 습지에 대한 일반인과 환경단체들의 관심이 크게 증가하였다. 최근 3-4년 간은 많

은 습지들이 새로 발견되었고 습지보전법 제정, 전국내륙습지조사 등 정부의 적극적인 의지를 읽을 수 있었다. 그러나 지금현재에도 많은 중소규모습지들은 그 중요성에도 불구하고 도로확장, 하천변 정리 등을 이유로 소실의 위협에 놓여있는 실정이다.

국내의 습지소실 정도는 과거자료의 부재로 파악하기는 어려우나 대부분의 습지가 이미 사라졌거나 변형되었다. 이미 서해안 갯벌의 경우 70년대 이후 대규모 간척사업으로 주요 갯벌의 약 1/4정도가 소실되었으며 낙동강 배후습지의 경우 1900년대 이후 그 수에 있어서 90 %이상이 감소되었다. 남아있는 습지들이 건강성을 유지하기 위해서는 전국적인 습지의 소재나 개략적인 특성 및 해당 습지생태계를 위협하는 요인이 시급히 파악되어야 하며 관리방안도 아울러 수립되어야 한다.

남아있는 습지를 보전하기 위해서는 정부의 노력과 더불어 지방정부의 역할이 매우 중요해지고 있다. 일부 시, 도는 독자적인 자연생태자원 조사를 수행하고 있어 습지의 목록, 현황 등이 조사사업에 포함되어야하며 해당지역의 생태네트웍을 구성하는데 습지생태계를 우선적으로 고려하여야한다.

최근 4-5년 간에 보여준 습지에 대한 국민적 관심으로 볼 때 남아있는 습지들이 생태계로서의 기능을 유지될 가능성은 매우 높다고 생각된다. 단, 습지를 포함한 생물다양성에 대한 인식의 변화와 전문 인력양성이 수반되지 않을 경우 많은 습지들이 그 생태적 특성이 파악되기도 전에 소실될 수 있다. 습지생태계에 대한 애정과 관심만으로 습지생태계를 보존한다는 것은 많은 한계를 안고 있다. 습지는 집수역의 토지이용과 변화에 민감하게 반응하므로 습지를 보유하고 있는 지자체는 유역의 위협요소를 파악하고 습지보존에 주민들이 직접 참여 할 기회를 제공하여야 한다. 또한 습지관련 정부 부처간에 유기적인 관계가 설정되어 관리에 효율성을 높여야한다.

5. 물 속 생물 관찰하기

1) 관찰 전 준비물

물 속의 재미있는 많은 생물들을 관찰하기 위해선 다음과 같이 몇 가지 중요한 준비물이 필요하다.

1) 배낭과 조끼

; 배낭은 여러 가지 물건을 담을 수 있으며 물에 잘 젖지 않는 재질로 자신의 몸에 적당한 크기의 것을 준비한다.
조끼는 주머니가 많이 달린 기능이 있는 것을 고려한다.

2) 티셔츠, 모자

; 야외에서는 햇빛에 자주 노출되어 피부가 그을리므로 긴 팔의 통기성 좋고 땀 흡수력이 좋은 티셔츠를 준비한다.
그리고 챙이 넓고 원형으로 있는 모자를 준비하면 얼굴과 목의 화상을 방지할 수 있다.

추가로 썬크림을 준비한다면 금상첨화...

3) 장화

; 허리까지 오는 장화를 준비하면 바지 등을 덜 젖게 한다.

여름엔 샌들과 같은 신발도 준비하는 것이 좋다

- 그러나 물 속에 들어가서도 벗겨지지 않는 조임끈이 있는 샌들을 준비

4) 노트와 연필

; 물에 젖지 않는 기름종이(유산지)나 트레이싱 페이퍼(제도용)를

준비한다면 매우 좋다. 특히 필기구는 볼펜같은 것 보다 흑연을 사용하는

연필 등을 사용해야 물에 젖어도 지워지지 않고 잘 쓰여진다

5) 카메라

; 생물을 찍기 위한 근접촬영렌즈(Macro)와 주변 환경을 찍을 수 있는 일반렌즈,

망원렌즈(혹은 줌렌즈) 모두를 준비하는 것이 좋다.

최근 많이 나오는 디지털 카메라류는 렌즈 교환 없이 근접촬영과 원경촬영이

모두 가능하며, 또한 자신이 찍은 사진을 즉시 확인해 볼 수 있고

필름과 인화비가 들지 않는다는 장점이 있다

6) 족대, 뜰채, 핀셋, 해부집시, 온도계

; 특히 해부집시는 하얀색으로 되어 있는 것이 채집된 작은 물 속 생물을

관찰하기 좋다

7) 돋보기

; 루페라고 하는 작은 휴대용 돋보기가 간편하고 내구성 또한 좋다.

8) 도감

; 관찰된 생물들의 이름과 자세한 생태를 알기 위하여 어류도감, 수서곤충도감,

식물도감, 양서 파충류 도감, 패류 도감 등을 준비한다.

9) 수조

; 채집된 물 속 생물을 가까이서 관찰 혹은 카메라로 촬영하기 위해 필요하다.

10) 구급약

; 우연히 일어날 수 있는 각종 사고에 대비하기 위하여...

소독약(알콜 혹은 과산화수소), 상처치료 연고, 밴드, 붕대,

해열제, 소화제, 지사제 등

11) 비상식량

; 물통(깨끗한 식수를 미리 준비한다),

사탕, 초콜렛, 비스킷과 같은 가볍고 열량이 많은 음식

12) 텐트나 천막

13) 보고서

; 물 속 생물을 관찰한 장소, 시간, 관찰된 생물의 이름, 주변의 오염원 등을 기록한다.

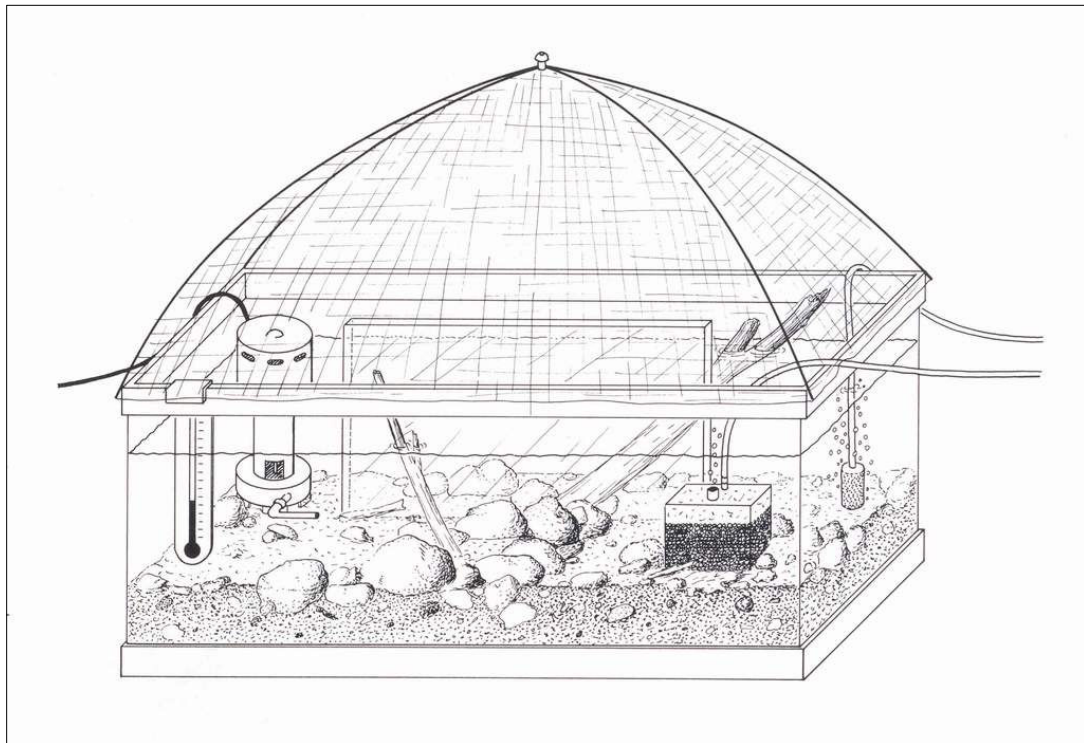
이제 준비가 다 되었으며 물 속 체험을 위한 준비는 끝...

산과 들의 물로 관찰여행을 떠나보자.

2) 관찰 후 정리

이제 집에 돌아와선 관찰하고 온 물 속 생물들에 대해 자세한 공부를 해야 한다.

- 1) 도감을 준비하고 관찰했던 생물들을 하나씩 찾아본다.
- 2) 확인된 생물들을 각 분류군 별로 찾아 보고서에 적어본다.
(만약 사진을 찍었다면 인화 혹은 컴퓨터에 화일을 다운받아 출력해 본다)
- 3) 채집을 해 온 생물이 있다면 도감을 보고 확인 한 후,
그 특징을 적고 스케치를 직접 해본다.
- 4) 물 속의 생물들을 관찰했던 주변 지역을 다시 한번 기억해 본다.
만약 물이 오염된다면 어떤 일이 생길 지 알아본 후 보고서에 기록한다.
- 5) 이런 물 속 생물들을 보호하고 아끼기 위해선 과연 앞으로 어떤 일을 해야 하는지
역시 보고서에 꼼꼼히 적어본다.



[그림 4. 수서곤충, 어류 등의 수생물 사육 구조]

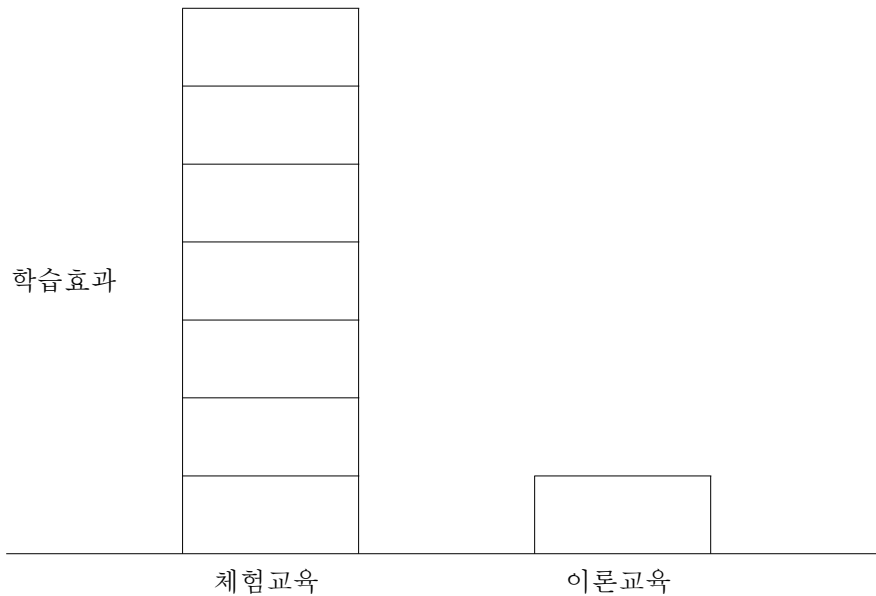
11. 현장체험교육의 이론과 실제

- 기법과 방법

1. 들어가면서

현장체험교육의 필요성과 중요성은 날로 강조되어지고 있습니다. 이는 제도권교육에서 체험교육이 의무화되었다는 점에서도 잘 알 수 있는 사실입니다. 그러나 그 접근방법이나 지도를 할 수 있는 교육자양성이 충분히 뒤따라 주질 못한 현실적인 문제점 때문에 체험환경교육이란 고유한 성격이 잘못 인식될 수 있는 위험이 있습니다.

직접 체험하면서 배우는 교육은 주어진 같은 시간 안에 같은 내용을 전달한다고 했을 때 현장에서의 교육효과는 강의실에서 실시하는 설명식 교육보다 무려 7배나 높다는 연구결과가 있습니다(그림1).



【그림 1. 이론교육과 체험교육의 학습효과 비교(동일한 시간)】



그러나 현장에서의 직접적인 교육 효과가 높은 만큼 현장에서의 교육을 올바르게 진행하기란 쉬운 일이 아닙니다. 단순히 자연에 대한 설명을 통한 해설은 흥미롭고 깊이 있는 교육을 요구하는 사람들로 하여금 더 이상 흥미를 유발 할 수 없을 뿐 아니라 자칫하면 현장교육에 대한 편견을 심어줄 수 있기 때문에 현장에서 교육을 담당하는 교육자는 항상 일신우일신 하는 노력을 게을리 해서는 안 될 것입니다. 따라서 현장교육의 효과적인 진행을 위해 반드시 고려해야할 가장 기본적인 교육기법과

방법 등을 통해 좀더 세련되고 흥미를 유발시킬 수 있는 방법과 아울러 교육적 전달효과를 높이는데 도움이 될 수 있는 몇 가지 필요사항과 활동프로그램을 소개합니다.

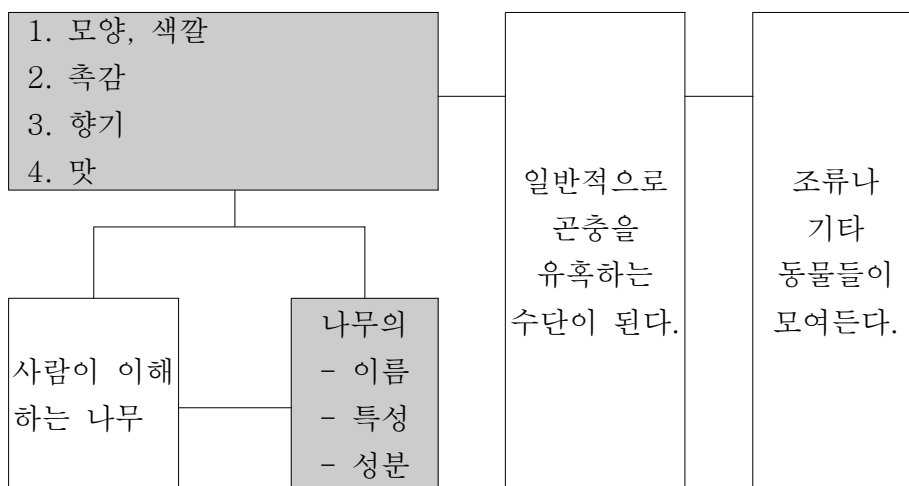
2. 체험환경교육

1) 체험환경교육의 의의

체험환경교육은 자연을 인간과 분리하여 대상으로만 접하던 근대적인 자연과학적 관점에서 탈피함으로써, 인간과 생태계를 분리할 수 없다는 유기적인 관점에서 한편으로는 인간과 자연의 조화를 도모하면서, 다른 한편으로는 이를 통한 새로운 문화와 경제적인 미래를 함께 전망할 수 있는 총체적인 교육을 지향하는 것입니다. 이를 통하여 건강하고 건전한 자연환경을 가꾸면서, 건강하고 바람직한 미래를 실현할 수 있는 참사람을 키우는데 목적을 두고 있습니다. 현장체험 중심의 환경교육은 환경을 직접적으로 체험함으로써 환경에 대한 이해와 더불어 환경 안에 있는 자기인식의 감수성의 향상에 이를 수 있는 환경교육을 통합적으로 완성할 수 있는 방법론을 의미합니다.

2) 체험환경교육의 발달배경

동물이나 식물들이 가지고 있는 이름은 단지 형식적인 에티켓이지 그 생명체의 본질은 아닙니다. 예를 들면 우리가 소나무를 통해서 알 수 있는 것은 사실상 소나무라는 이름이 갖는 개념 이상을 의미하며, 또한 그를 통해 배울 수 있는 것은 소나무라는 이름이 담을 수 있는 모든 내용 이상의 것입니다. 소나무를 만지고, 느끼는 과정에서 우리는 단지



【그림2. 자연 사물을 전달하는 방법】

소나무라는 이름을 통하여 알고 있던 것보다 훨씬 더 많은 것을 체험하고 인식할 수 있을 것입니다. 이처럼 자연 안에서 하나의 생물을 관찰할 때에는 보다 다양한 관점에서 파악하고 관찰할 수 있다는 것입니다. 즉 한 그루의 나무를 관찰할 때, 그 나무 한 그루가 가지고 있는 성질

을 자연과학적 방법으로 측정함으로써 이해할 뿐만 아니라, 그 나무가 뿌리내리고 있는 환경의 특수한 여건, 그리고 그가 지니고 있는 고유한 색상, 감촉, 그리고 나무의 가지와 잎이 존재함으로써 함께 살아갈 수 있는 수많은 곤충이나 조류들을 중요한 서식 상태 등을 더불어 총체적 안목으로 관찰한다면, 우리는 그 나무의 의미를 좀 더 다양한 관점에서 보다 풍요롭게 체험하고 인식할 수 있다는 것은 의심할 바 없을 것입니다(그림2).

따라서 땅을 기어다니던 벌레가 아름다운 나비로 변하여 공중을 날아다닌다는 사실, 달팽이가 우리에게 보이지 않는 혀로 야채를 갉아먹는다는 사실, 또는 조그만 눈봉우리로부터 크고 아름다운 꽃잎이 돌아나는 움직임 스스로 체험한다면, 사람들은 비로소 적극적으로 이러한 조그마한 자연의 변화에 관심을 가지고 관찰하고, 의문을 제기하기 시작할 수 있을 것입니다. 그러나 학교 교실에서 실시되는 자연교육은 살아있는 자연의 모습을 실제로 느끼고, 만지고, 답아 낼 수가 없습니다. 따라서 인간이 자연 안에서 뛰고 놀면서 진정으로 이해할 수 있는 체험환경교육의 교육과정은 특히 도시에서 태어나 살고 있는 어린이들에게는 더욱 더 중요합니다.

자연환경의 체험은 다양한 성품을 지닌 어린이들이 정신적 그리고 신체적으로 건강하게 성장하는 것을 돕기 때문입니다. 자연체험을 통하여 얻어지는 생생한 체험의 기억과 창의력은 결국 자연과 인간의 유기적인 관계에 대한 인식뿐만 아니라 그 안에 존재하는 인간으로서의 자아인식을 고취시켜줍니다. 그러므로 체험환경교육은 자연과 인간의 분리에서 기초한 기존의 과학관에서 벗어나 자연과 인간을 유기적인 관계 안에서 이해하는 새로운 세계관에 기초한 아이디어를 창출하고, 새로운 가치관에 입각한 인격 또는 인품을 형성해 나가는데 큰 도움을 줄 수 있는 새로운 영역입니다.

체험환경교육은 호기심을 자극하며, 그들의 환경에서부터 나아가 자연을 이해하면서, 자신과 환경과의 관계를 발견할 수 있게 합니다. 즉 인간은 개인적인 경험들을 통해 사고의 범위를 넓혀 가기 때문에, 최종적으로는 스스로 활동하고 스스로 학습하는 적극적인 태도를 유발할 수 있는 방법으로 진행이 되어야 할 것입니다.

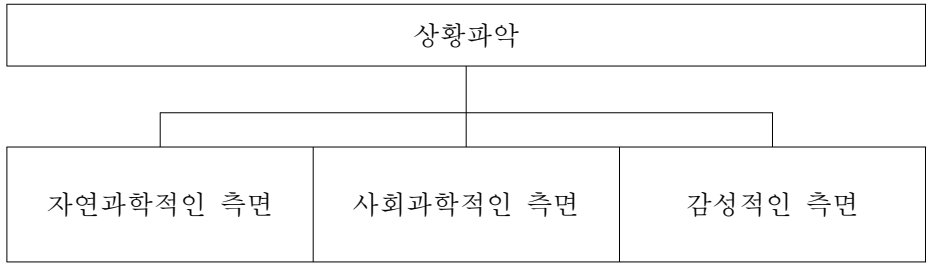
자연환경과 사회환경을 적극적인 자세로 체험하고, 감지하고 그리고 파악한다는 것은 자연 안에 공존하는 여러 사물의 연관관계, 그리고 자연과 인간의 관계를 유기적인 관점에서 인식하고 이해하게 된다는 것을 의미합니다. 그것이야말로 자연환경 및 사회환경, 즉 생활공간을 제대로 인식하고 책임감 있는 태도와 행동을 기대할 수 있는 기본 조건이며 체험교육이 발달하게 된 배경으로 보아집니다.

3) 체험환경교육의 이론적 배경

총체적인 체험 환경교육을 위한 장으로, 그리고 체험을 통한 올바른 인성 발달을 기대할 수 있는 적합한 곳이 바로 자연환경입니다. 자연환경은 지역과 계절에 따라 다른 다양한 모습으로 관찰되며, 식물과 동물이 살아가는 생활공간일 뿐 아니라, 생명체들이 서로 관계를 맺으며 살아가는 생활공동체로서, 이에 대한 이해는 단순한 지식의 습득과 인식을 넘어 더불어 살아가는 존재로서의 인간, 특히 어린이나 청소년들의 인성 형성에 대단히 중요한 영향을 끼칩니다.

체험환경교육은 환경을 의식하는 입장을 취할 수 있는 능력을 향상시켜야 하며(Braun, 1988), 또한 환경문제에 관한 정확한 상황을 파악하고, 그에 따라 행동이나 태도의 방향을 정립하며, 문제를 제대로 인식하고 체계적으로 접근할 수

있도록 힘써야할 것입니다(Bolscho, 1993).



【그림 3. 상황과약】

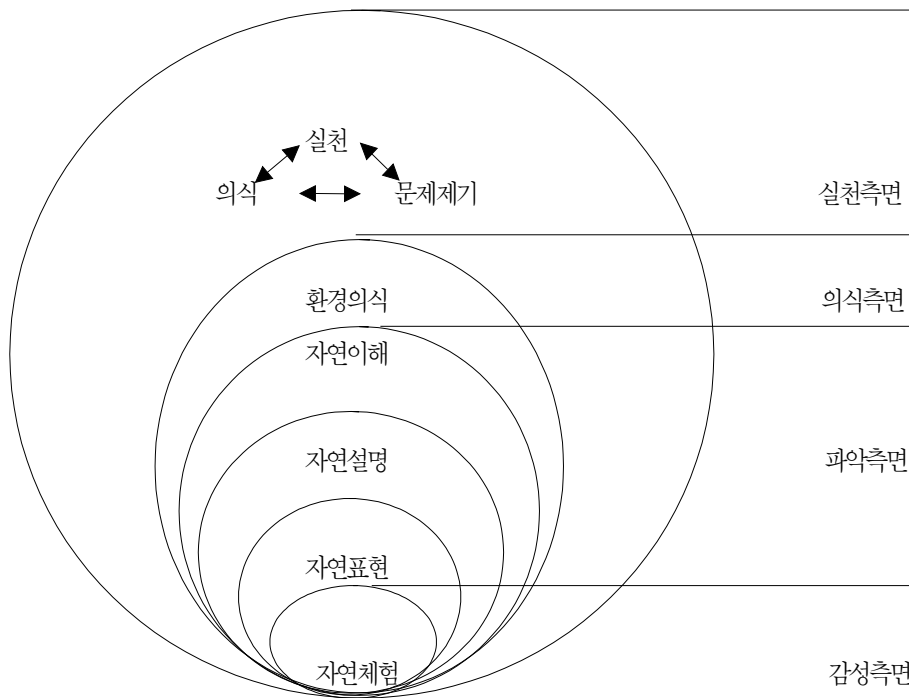
여기에서 환경문제에 관한 상황과약이란 문제에의 접근을 위한 공기를 부여하기 위하여, 인간의 직접적인 경험에서 나타나는 문제를 발견하고 인식함으로써, 이것이 궁극적으로는 총체적인 관계에 연관된다는 것을 알리는 방식으로 접근하는 것을 의미합니다(그림3). 행동이나 태도의 방향을 정립한다는 것은 머리와 가슴, 손과 발 그리고 인간의 모든 감각기능을 통해 환경을 이해함으로써 다양한 측면, 즉 자연과학적인 측면, 사회과학적인 측면 및 감성적인 측면을 통해 환경의 이해에 접근하는 것을 의미합니다. 자연과학적인 측면이란 예를 들면 수자원의 질을 측정할 때, 시스템적으로 물의 질적 단계를 파악하는 방법을 말하며, 사회과학적인 측면으로는 수자원에 대한 다양한 사회적 관점에서의 토론의 장이 형성되는 것이며, 감성적인 관점에서의 접근은 모든 주어진 감각 기능을 활용하여 수자원(물)이란 본질에 대한 체험을 하는 것을 의미합니다.

환경문제를 어느 특정한 범위에서 오로지 과학 경험과 연구 조사에 의존하여 해결하고자 하는 것이 아니라, 다양한 관점에서 토론하는 가운데 문제의식을 형성하고 문제해결의 방안을 모색하고자 하는 것입니다. 즉 환경유해물질의 한계 값은 어떤 기준에 의해서 어떻게 마련할 것인가 등이며, 이것은 곧 조직적이고 체계적인 관점에서 접근하는 토대가 됩니다.

이를 통하여 서로서로 연결되어진 생태계와 인간의 지식과 복잡성을 이해하게 되고, 나아가서는 생태, 사회, 정치 및 경제와의 관계가 명확하게 드러나게 됩니다. 이러한 교육적 요청은 약 150년 전 Pestalozzi가 이미 주창한 바 있습니다. 그는 머리만을 통한 교육이 아니라, 손과 가슴 그리고 머리의 교육을 하고자 했습니다.

Janssen(1988)에 따르면 자연체험을 통한 환경교육은 환경에 관한 의식과 행동의 발달을 위한 감성센터이며, 감성과 합리성 사이의 상호작용으로서 환경의식과 자연을 이해하는 데에서 나타납니다(그림4).

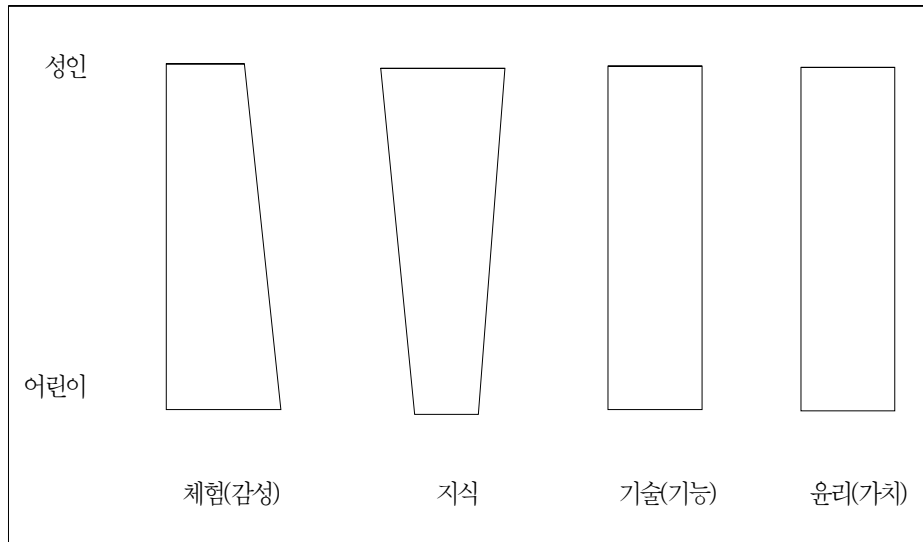
감성적인 체험환경교육은 환경의식과 행동으로 나타날 수 있는 태도의 변화를 위해 자연을 체험함으로써 자연을 표현하고, 설명하며 또한 이해하는 토대가 됩니다. 그러나 체험에 입각한 실제 환경교육은 때때로 감각에 의한 감성적인 자연체험과 경험의 영역에 머물게 되거나, 또는 지나치게 지식에 치중하는 방향으로 나아갈 수 있는 위험도 없지 않습니다.



【그림4. 체험환경교육을 위한 실천적 측면(Jassen, 1998)】

체험을 통한 환경교육은 환경교육의 참다운 목표에 달성하기 위해서는 꼭 필요한 것이지만 환경교육의 궁극적인 목표에 도달하기 위한 하나의 수단일 뿐, 그 자체가 목적이 될 수는 없습니다. 즉 Cornell(1979)이 말하는 체험위주의 자연경험이나 Kuekelhaus(1988)가 말한 감각위주의 자연체험은 물론 흥미롭고 효과적인 교육적 방법의 하나가 될 수 있으나, 이러한 체험위주의 교육방법이 Janssen이 제시한 환경교육의 궁극적인 목적을 달성하지 못할 때에는, 단순한 일방통행의 교육, 그리고 일회성의 교육이 될 수 있는 위험을 내포하고 있습니다. 체험환경교육에 있어서는 오로지 심리적이고 정적인 행동은 환경교육의 충분조건이 되지 못하며, 반대로 자연에 대한 정서적인 관심이 결여된 순수 이론적인 측면에서의 환경교육 또한 완전하지 못합니다. 따라서 체험환경교육은 다학문적 성격과 복합적인 관점에서 출발해야 하는 성격을 띠고 있습니다. 즉, 총체적인 성격을 지니고 있는 영역인 셈입니다.

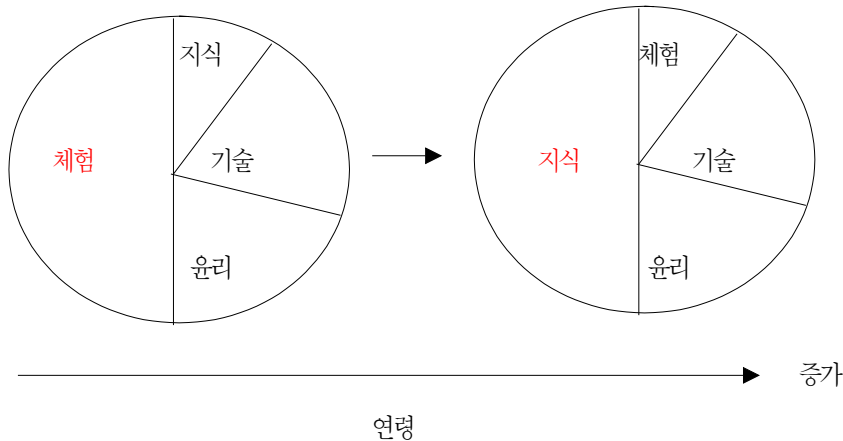
인간은 나이를 먹음에 따라 자신의 환경을 이해하고 자연환경과의 관계를 발견하려는 요구가 상대적으로 증대됩니다. 스위스 페스탈로치연구소(Institute for Pestalozzianum)에서 다음 (그림5) 와 같은 연구결과물을 내놓았다. 연령에 따라 자연환경을 받아들임이 다르다는 사실이다. 자연환경을 올바르게 이해하고 실천하기 위해서는 대상과약이 그 중요한 영향을 미칩니다.



【그림5. 대상에 따른 환경교육의 접근(페스타로치연구소, 1997)】

즉, 8세 미만의 학생들은 단순히 숲 안에서의 체험활동만으로도 충분한 학습효과를 기대할 수 있지만, 8세정도가 넘어서 약 13세까지의 연령층에서는 더 이상 이러한 체험학습만으로는 만족하지 못합니다. 이들은 여러 가지의 자연현상의 연관관계를 이해하는데 더 큰 관심을 나타냅니다. 따라서 이들의 관심을 충족시킬 수 있는 프로그램이 이들의 교육효과를 최대화할 수 있습니다. 또한 약13세에서 17세 정도의 연령층은 자연에서 일어나는 여러 가지 긍정적이고 부정적인 변화나 영향들이 도대체 나와의 관계에서 어떠한 영향을 미치는지에 대해 관심을 갖게 됩니다. 그러므로 그들을 효과적으로 교육하기 위해서는 “내가 하는 행위가 자연에 어떠한 영향을 미치는가?”를 알도록 하는 프로그램이 필요합니다. 학생들이 스스로 적극적으로 능동적으로 학습을 하려는 태도는 단지 교육자가 그들의 관심에 대비한 프로그램으로 철저히 준비되었을 때만이 기대할 수 있을 것입니다.

인간이 자연환경과 사회환경을 적극적인 자세로 체험하고, 감지하고 그리고 파악할 수 있다는 것은 인간이 자연과의 연관관계 그리고 인간과 사회와의 관계 안에서 자신을 인식하고 이해하며 자율적으로 대처할 수 있는 능력을 익힐 수 있게 하는 것입니다. 이것은 자연환경 및 생활환경의 보존이 곧 자기 자신의 보존임을 자각한 책임감 있는 태도와 행동을 기대할 수 있는 조건입니다. 자연환경에 대한 폭넓은 이해는 또한 다양한 성품을 지닌 사람들로 구성된 사회의 다양한 양상을 이해할 수 있는 계기를 마련합니다.



【그림6. 연령에 따른 적용의 차이】

특히 어린이들은 그들의 환경을 모든 감각기능을 통한 놀이로 체험하고 이해하는 대상으로 받아들여져야 합니다. 흥미로운 사물들을 만지고, 느끼고, 맛보고, 소리를 듣는 가운데 사물을 자신의 감각을 통하여 인식하고 파악하게 됩니다. 놀이는 어린이들에게 매우 큰 의미를 지닙니다. 비록 놀이가 성인에게는 무의미한 일로 비쳐질 수 있는 것도 어린이에게는 놀이 그 자체가 삶의 목적이 될 수 있으며, 놀이를 통해 어린이들은 그들의 힘이나 능력을 시험하고, 자신의 한계를 발견하게 됩니다. 어린이들은 때로는 놀이에서 성인들의 세계를 모방하고 자신의 체험과 그를 통해 파악된 것을 소화합니다. 그를 통해 충동을 해소할 수 있는 방안을 스스로 찾게 되고 사회활동을 위한 여러 가지 관계를 연습하고 학습하게 되며, 삶을 배우고 자신의 능력과 그것을 실현하는 방법을 찾을 수 있습니다. 즉 어린이들은 놀이란 수단을 통해 학습되어야 하고 배움이 이루어져야 정신적으로나 신체적으로 건강한 사회인이 배양된다고 볼 수 있습니다.

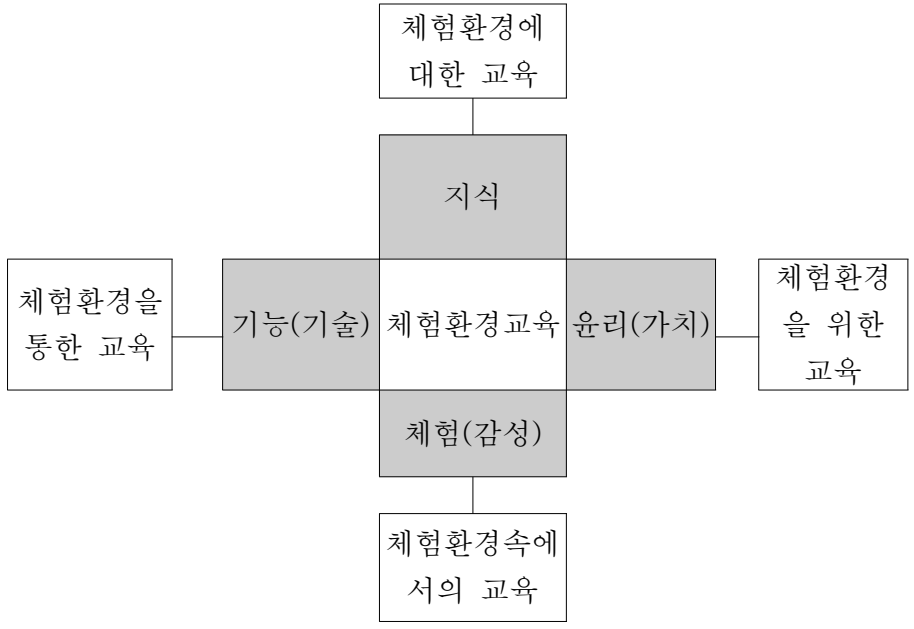
현행 교육체제에 따라 초등교육을 받기 전의 단계인 유치부 어린이들, 초중등학생 그리고 일반성인과 장애우 등의 모듬으로 나누어 현장교육을 실시할 수 있는 놀이적인 수단과 방법이 강구되어야 할 필요가 있습니다. 따라서 교육대상의 연령과 소속에 따라 관심영역과 이해의 정도가 서로 다르기 때문에 환경교육의 실시 방법 또한 그 수준에 알맞게 계획되고 진행되어야 합니다. 이러한 집단들이 지니고 있는 성향의 특징을 다음과 같이 정리해 볼 수 있습니다.

유치부 어린이들은 무엇보다도 감성(오감)을 통해 자연환경을 더 쉽게 이해하는 반면에, 성년에 이르게 될수록 지식과 기술적인 측면에서 환경에 대한 이해에 접근하는 것이 더 효율적입니다. 그러나 환경에 대한 윤리적인 가치 기준은 연령에 관계없이 언제나 같은 기준에서 적용이 되어야 하는 것을 알 수 있습니다(그림6). 체험환경교육의 이론 및 교육학적인 배경을 바탕으로 하여 다음과 같은 체험환경교육을 위한 토대를 형성하였습니다. 즉, 체험환경교육이란 자연환경에 대한 교육(지식), 자연환경을 위한 교육(윤리, 가치), 자연환경 속에서의 교육(체험, 오감, 감성) 및 자연환경을 통한 교육(기능, 기술)을 말합니다.

이들 중에서, “자연환경에 대한 교육”은 자연환경에 대한 일반적인 지식을 습득하고 이해하는 것을 말합니다(그림7). 이는 총체적인 지구환경, 생태계의 구성 및 구조, 각각의 생명체의 고유성과 생활방식 등에 관한 지식을 전달하는 단계라 할 수 있습니다.

“자연환경을 위한 교육”이란 자연환경에 대한 이해를 바탕으로 지속적인 관점에서 자연자원을 이해하고 자연환경을

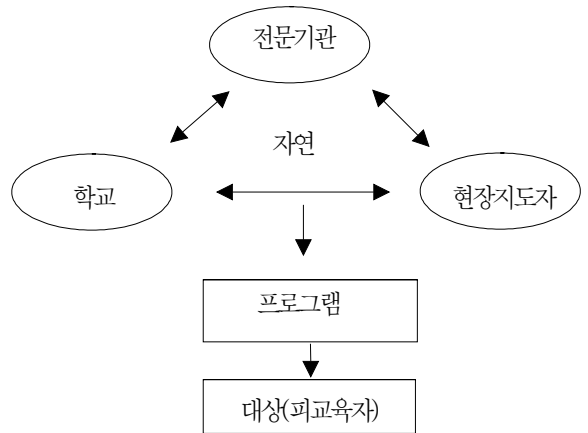
합리적으로 이용하고 보존하는 목적과 방법을 익히게 합니다. 환경을 고려한 가치판단이나 윤리의식을 배양함으로써 이를 실제적인 생활에서 실천적 태도나 행동으로 연결될 수 있게 합니다. **“자연환경 속에서의 교육”**은 직접적인 자연 체험을 통해 새로운 사실들을 오감이나 인지적 능력을 통해 이해하고 체험함으로써 올바른 환경관을 습득하고 몸소



【그림7. 자연환경교육】

이를 실행에 옮길 수 있는 학습을 말합니다. 예를 들면, 야외활동이나, 조사회동, 실험실습, 과제활동 등은 자연환경 속에서의 교육을 뒷받침해 줍니다. **“자연환경을 통한 교육”**이란 자연환경문제의 근원을 파악하는 능력을 배양함으로써 이에 대한 대책을 스스로 개발하는 능력을 기른다는 것을 말합니다.

이러한 교육을 위한 체험환경교육 프로그램개발은 무엇보다도 전문기관인 연구소, 일선 학교교사 및 현장교사가 주체가 되어 토의하고 연구한 결과를 현장에 적용을 할 수 있는 교육이 가장 바람직한 방법일 것입니다(그림8).



【그림 8. 체험환경교육 프로그램개발을 위한 주체】

3. 체험환경교육의 적용 기법 및 방법

숲체험교육은 일반인들에 숲을 올바르게 알릴 수 있는 매우 중요한 홍보작업이기 때문에 숲과 관련된 사람이거나 숲에 종사하는 사람들의 과제이다. 따라서 숲에 관심을 갖는 사람들에게 숲에 관한 중요성과 필요성을 강조할 수 있는 매우 좋은 기회로 보아야 할 것이다. 일반인들에 쉽게 다가갈 수 있도록 숲에 관한 지식이 우선적으로 채워져야 하지만, 더 중요한 것은 어떻게 전달할 것인가에 대한 방법적인 문제를 고민하는 것이 필요하다고 볼 수 있다.

언어로 설명을 하면 쉽게 잊어버리지만, 무엇인가를 가리키면서 설명을 하면 아마도 기억을 할 수 있습니다. 그러나 직접 참여하게 만든다면 사람들은 이해를 하게 될 것입니다.

이러한 고사성어는 바로 체험환경교육에 매우 적합한 표현입니다. 즉 숲체험교육에서는 단지 언어로 설명을 해야 할 뿐 아니라 숲을 체험하게 하고 이해하게 한다면 숲에서의 체험환경교육은 매우 바람직하게 이행될 것입니다. 직접적인 체험을 통한 교육은 인간의 학습형태로 가장 의미 있는 전달방법이란 것을 나는 믿습니다.

1) 숲체험 프로그램은 대상에 적합한지를 우선적으로 고려해야 한다.

7세 정도의 어린이는 분명히 17세 청소년과는 분명히 다른 학습방법의 요구를 지니고 있습니다. 10세 미만의 어린이들은 숲을 체험하는 그것 자체가 목적이 될 수 있으며, 많은 지식을 전달하려는 것을 피해야 할 것입니다. 그러나 10세 이상의 어린이와 청소년들은 종종 더 많은 것을 요구합니다. 때로는 좀더 정확하게 알기를 원하거나, 숲에 관한 이해를 위해 생명체들의 관계성을 이해하기를 원합니다.

2) 많은 내용을 전달하려는 욕심을 버려야 한다.

때로는 많은 것을 전달하려다 정말 중요한 것을 놓치는 경우가 많습니다. 프로그램은 과부하가 나타나지 않도록 적당하게 계획을 세워야 합니다. 몇 개의 테마만을 준비해서 진행하는 것이 바람직합니다. 많지 않은 테마를 준비해서 진행하는 것은 어린이들의 관찰이나 질문에 더 효과적으로 접근을 할 수 있기 때문입니다. 특히 어린이들은 즉각적인 반응을 한다는 것을 깊이 고려해야 합니다. 열심히 나무에 대해 설명하고 있는 도중에 갑자기 개구리가 뛰어가거나 다람쥐나 청솔모가 앞을 지나가게 될 때 어린이들의 관심은 그 움직이는 동물에게 집중이 될 수 있습니다.

3) 전공단어는 피해야 한다.

전문가들은 자신도 모르게 전문적인 언어를 구사할 때가 왕왕 있습니다. 분명한 것은 일반인들은 전혀 이해를 못한다는 것입니다. 특히 어린이들은 더욱더 이해를 할 수 없는 말들입니다. 가능한 한 일반적인 언어로 표현하는 연습을 해야 합니다. 부득이하게 전문적인 언어로 표현해야한다면 부연설명이 반드시 뒤따라야 할 것입니다.

4) 현장체험교육은 등산이 아니다.

현장체험교육을 마치 등산인양 아주 긴 거리나 가파른 비탈길을 오르면서 진행을 하는 것은 피해야 합니다. 경험적으로 미루어보았을 때 대략 2km 이상이 될 때는 목적인 체험교육을 올바르게 전달되기는 힘들게 됩니다. 육체적으로 지친

상태에서는 어떠한 중요한 사실이나 재미있는 상황이 닥쳐온다 해도 더 이상 받아들일 준비를 못하기 때문입니다. 따라서 교육을 진행할 장소를 사전 답사해서 짧은 거리에 무엇을 설명하고 표현하고 체험할 것인가를 정리하고 계획을 세워두어야 합니다. 만일 어린이들에게 왕성한 활동이 필요하다고 판단될 때 별도로 등산코스를 선정해두는 것이 바람직합니다. 이는 어린이들이 숲에서의 체험교육과 단순히 산을 등산하는 것이 분명히 다르다는 것을 이해할 필요가 있기 때문입니다.

5) 단순한 설명이 길어지면 지겹게 된다.

단순한 설명이 같은 장소에서 약 5분을 경과하면 모두가 지겨워하는 것이 일반적입니다. 이에 대한 좋은 체험은 참가자들에게 눈을 감고 1분만 어느 한 가지 사실에 집중해서 생각하라고 하면 누구도 60초의 시간에 단 한가지 사실에 집중해서 생각하는 사람은 거의 없습니다. 특히 평소에 살아가는 환경이 아닌 새롭고 조용한 다른 환경인 숲에서 참가자들에게 이러한 시간을 주면 더욱 더 많은 생각들이 교차하게 되는 것이 일반적입니다. 백문이 불여일견이란 말이입니다. 이것은 체험환경교육이 추구해야하는 수단인 것입니다. 직접체험하고 경험하는 것은 분명히 긴 얘기를 듣는 것과는 비교할 수 없을 정도로 긴장하면서 자기화를 시켜나간다고 볼 수 있습니다. 이것은 체험환경교육만이 담당할 수 있는 최상의 무기인 것입니다. 실내에서 그리고 언어로 표현할 수 없는 것을 체험하고 느끼고 이해할 때 그 감동은 스스로 경험하지 못한 사람들은 느낄 수 없는 중요한 일입니다.

어린이들에게는 가능한 한 새로운 것을 발견하고 관찰할 수 있는 기회를 만들어주는 것이 현장교육자의 중요한 임무 중의 하나입니다. 따라서 너무 빨리 그리고 너무 많은 것을 설명하는 것은 오히려 체험교육을 망치는 사례가 될 수 있다는 것을 명심할 필요가 있습니다. 이것은 자연을 바라보는 자유로운 생각과 상상력을 빼앗는 일이 될 수 있습니다.

6) 숲은 나무의 이름이나 동물의 이름이 모여 있는 장소가 아니다.

가지각색의 색상으로 피는 꽃을 보면서 아름답다는 것을 느끼는 것은 그 꽃의 이름을 아는 것보다 더 중요하지 않다고 누가 얘기할 수 있을까. 나는 많은 식물의 이름이나 곤충의 이름이나 새의 이름을 안다는 것이 왜 중요한지를 아직 잘 모릅니다. 그러나 중요하다고 생각하는 것은 어린이들이 자연이나 숲에서 새로움을 발견하고 관찰하고 많은 의문을 갖게 하는 것이 더욱 더 중요하다고 생각합니다. 왜 이 생명체가 물가에서만 사는지, 왜 나무는 크면서 다양한 모양으로 다양한 열매를 매달고 있는지 등의 질문이 더 값지다고 봅니다. 자연에 대한 관계를 설명하고 이해하는 것이 더욱 더 중요하지 않을까? 물론 완벽한 질문에 대한 완벽한 답변이 없을 수도 있습니다. 그러나 중요한 것은 의문에 대한 가능한 대답을 찾고자 노력하는 것이 진정한 현장에서 체험교육이라 생각합니다. 이미 알고 있는 도식화된 사실을 익히기 위해 자연을 찾는 것은 아닙니다. 자연이나 숲을 찾는 이유는 한마디로 느낌을 갖기 위한 것이라고 말하고 싶습니다. 자연의 느낌을 직접체험하고 관찰하는 가운데 자연을 이해하게 되고 자연을 구성하고 있는 생명체에 대한 관계성이나 그리고 인간이 준 이름을 익히게 된다면 자연에 대한 많은 편견에 벗어날 수 있을 것입니다.

우리는 숲과 자연을 이해하는데 매우 인간중심적이라 합니다. 그렇습니다. 대단히 그리고 매우 깊은 편견을 가지고 살아갑니다. 현장체험교육은 바로 이러한 자연에 대한 관점을 광범위한 관점으로 전환할 수 있는 좋은 기회로 삼을 필요가 있습니다. 자연을 올바르게 이해하기 위해서는 우선 다음과 같은 생각을 해보는 것이 바람직하다고 판단됩니다. 자연

이란 숲에는 아무 것도 우연적으로 발생하는 것이 없으며 아무 것도 필요 없는 것이 없다는 것입니다. 즉 모든 것이 그 존재의 의미와 가치를 지닌다는 것입니다. 모든 식물, 모든 동물들은 자연의 순환에서 고유한 그들의 과제를 지니고 있다는 것입니다. 때문에 누구를 위해서가 아니라 스스로를 위한 의미를 지니고 있습니다. 잡초니 잡목이니 해충이니 흉조니 하는 것의 모두는 오로지 인간의 가치기준이란 것입니다.

7) 혹시 어린 시절 숲에서 많이 뛰어 놀았던 기억은 없습니까?

나의 어린 시절에는 뛰어 놀 수 있는 숲이 있었다는 것을 매우 중요하게 생각합니다. 나무에 오르고 -물론 떨어져서 잠시 기절할 적도 있었지만 - 풀숲사이에 몸을 숨기기도 하고, 이름은 정확하게 몰랐어도 먹는 것과 먹지 못한다는 것 그리고 맛있는 것과 맛이 없다는 것을 구별하면서 숲에서 뛰어 놀았던 그 시절은 단순한 시간들이 아니었다는 생각을 그리고 매우 귀중한 체험교육이었다는 사실을 요사이에 와서 더 크게 느낍니다. 안타까운 것은 요즘 자라나는 어린이들을 보면서 어떻게 그 귀중한 자연의 유산을 어린이의 마음속에 담아줄 수 있을까하는 고민입니다. 숲은 우선적으로 많은 동물과 식물들의 주거지역입니다. 그 곳은 단지 우리에게만 손님으로 밖에 인식이 되어지질 않으며, 반드시 손님으로 숲과 자연을 찾는 마음자세가 우리에게 필요합니다. 격이 있는 손님으로 자연을 만나게 되면 참 좋은 세상이 되지 않을까 생각합니다.

8) 우리는 어린이에게 무엇을 전달하려하는가?

어린이들은 일단 숲에서의 직접적인 체험과 경험을 하는 것이 중요하지만 함께 하는 지도자의 몸가짐이나 자세 등을 보고 배우게 됩니다. 그것을 때로는 표상으로 받아들여지게 됩니다. 어린이들은 한없이 깨끗한 흰 도화지와도 같기 때문이지요. 그러한 어린이의 마음에 자연에 대한 편견 없는 접근을 할 수 있도록 돕는 것이 지도자의 가장 중요한 덕목이라 할 수 있습니다. 자연과 나는 하나라는 의식입니다. 인디언이 바라본 자연과 나에 대한 시가 있습니다. “나는 땅이다. 내 눈은 하늘이며, 나의 팔과 다리는 나무다. 나는 가족이며, 물의 깊이이다. 나는 자연을 정복하고 착취하기 위해 여기 있는 것이 아니다. 내 자신 스스로가 자연이다.”

아마도 이러한 의식을 어린이들에게 일깨워줄 수 있다면 더 이상 자연에서의 체험교육이 필요하겠습니까. 만일 어린이와 함께 150년의 삶을 넘긴 느티나무아래 서 있으면서 그 느티나무가 우리가 경험하지 못한 체험을 다 했다는 것에 놀랄 수 있다면 아마도 우리는 어린이들에게 주려고 한 생애 있어서 가장 값진 선물을 했다고 할 수 있습니다. 우리에게 부족한 것을 특히 어린이들에게 부족한 것은 자연에 대한 지식이 아닙니다. 자연을 올바르게 볼 수 있는 눈과 올바르게 받아들일 수 있는 감성을 상실하지 않게 하는 일입니다.

①참가자와 함께 호흡할 수 있는 체험교육

현장에서 교육을 담당하는 교육자는 우선적으로 자신이 체험한 직접적인 사실들을 참가자와 나눈다는 마음으로 임해야한다.

자신이 직접 체험하지 않았던 사실들을 위주로 교육을 하다보면 어느 듯 참가자들은 교육자에 대한 관심이 저하되고

이는 곧 현장인 숲에 대한 흥미 또한 떨어질 수 있기 때문에 현장에서의 교육내용에 대한 요지는 반드시 진행하고 있는 현실감 있는 현장성을 고려해야한다. 교육현장에 없는 사물이나 생물들을 설명하는 것은 최소한 현장교육에서는 피해야 한다.

현장교육자는 스스로 적극적인 자세로 교육에 임하는 것이 무엇보다도 중요하다.

적극적인 자세는 참가자들의 흥미를 유발시킬 수 있는 가장 기본적인 사항중의 하나이다. 즉, 이것은 내 전공분야가 아니다 리든지, 오늘의 주제는 그것이 아니니 다음 기회에 논해 보자리든지 등의 적극적이지 못한 방법으로 진행을 하는 것은 현장에서는 금물이다. 최소한 확실하지 못하거나, 직접체험을 해보지 못한 사실들에 대해서는 함께 그 사실에 대해서 찾아보자 리든지, 전문가에게 문의해 보자리든지 또는 한번 찾아서 여기 참가한 모든 사람들이 공유할 수 있도록 자료를 이메일이나 어느 도움을 얻을 수 있는 특정 홈페이지에 공지를 해달라는 부탁을 하는 것이 중요하다. 또는 언제 스스로 그에 대한 내용을 정리해서 전달하겠다는 등으로 문제를 풀어 가는 것이 바람직하다.

현장교육자는 교육도중 참가자들을 주도면밀하게 관찰하고 그 상황을 잘 읽어내어야 한다.

참가자 모두가 적극적인 참여를 할 수 있도록 하기 위해서는 면밀하게 상황을 살펴야 한다. 현장교육에서 참가자들 중 한 두 명이 낙오가 되면 전체의 교육에 지대한 악영향을 미칠 수 있다. 따라서 교육자가 1회 현장교육 실시를 위해 적합한 인원은 약 10-15명 정도다. 이 인원은 교육시 교육자가 참가자들의 면밀한 반응을 관찰 할 수 있는 한계인원이라 할 수 있기 때문이다. 물론 참가자가 성인인 경우는 참가인원을 더 넓게 잡아도 큰 무리가 없지만 어린 학생들의 경우 절대적으로 참가자의 수에 큰 신경을 기울이지 않는다면 성공적인 현장교육을 담보 받기 힘들다. 불가피하게 참가자의 수를 제한할 수 없을 경우 보조교육자를 함께 동행하여 철저한 참가자들에 대한 파악하거나 또는 적당한 인원만큼 교육자의 수를 늘리는 것이 좋다.

체험환경교육은 얼마나 많은 지식을 참가자에게 전달하느냐에 관한 문제가 아니다.

참가자는 교육자의 지식 정도를 체험하기 위해 현장을 찾아오지 않는다는 것을 명심해야한다. 단지 교육자는 중계자일 뿐이다. 얼마나 풍부하게 현장을 잘 전달하느냐는 교육자의 꾸준한 현장에 대한 고민과 연구가 뒤따라야한다. 또한 교육자는 마술사가 아니다. 그리고 놀이를 주도하는 광대가 되어서도 안 된다. 현장교육자는 참가자들이 즐겁게 그리고 흥미롭게 참가한다는 것에 만족을 하면 현장교육이 추구하는 목표에 도달할 수 없게 된다. 참가자들의 즐거움과 흥미유발은 그들을 교육자가 목표하는 지점으로 인도하는 하나의 수단으로 보아야 한다. 단순한 흥미와 즐거움을 찾는 것은 오히려 자연현장 보다는 흥미로운 놀이기구가 많은 공원이거나 또는 그들을 즐겁게 그리고 흥미롭게 할 수 있는 공간은 얼마든지 있기 때문이다. 관심과 흥미가 유발되는 상황까지 참가자가 와있는 상태라면, 이제는 교육자가 의도한 내용을 슬며시 꼬집어내어서 참가자들에게 전달하려는 시도를 해야 한다.

현장에서 진행되는 교육자는 반드시 참가자들과 직접적인 대화를 나누어야 한다.

일방적인 해설과 설명은 금물이다. 다양한 방법을 동원해서 참가자들을 움직이도록 노력해야한다. 여기에는 직접적인

대화로 진행을 할 수 있는가하면, 각종 다양한 교구를 활용하여 함께 호흡할 수 있는 방법을 강구하는 것이다. 만일 현장에서 설명이 불가피할 경우 참가자들과 함께 빙 둘러앉아 토론이나, 설명을 참가자 스스로 이끌어 갈 수 있도록 유도하는 것이 바람직하다. 참가자들의 의견이 다 모아진 후 교육자는 종합적으로 바라볼 수 있는 연관관계를 정리하는 방법으로 진행을 하는 것이 효과적이라 할 수 있다. 또한 참가자들이 참가하게 된 동기가 무엇인지 그리고 무엇을 현장에서 원하고 있는 지를 미리 파악하여 그에 알맞는 내용으로 교육의 주요 주제로 설정하는 것이 좋다.

현장교육에서는 반드시 현장에 있는 대상에 대해서만 논의되어야 한다.

직접 볼 수 있고, 만질 수 있고, 들을 수 있고, 냄새를 맡을 수 있고 그리고 느낄 수 있는 대상에 대해 체험하게 하는 것은 무엇보다도 현장교육만이 담아낼 수 있는 것이다. 단순히 숲에 대한 해설을 하는 것은 실내에서의 교육으로도 충분하기 때문이다.

현장교육자가 주의해야하는 또 하나는 순수한 지식전달을 피해야 한다.

돌돌 몽친 전문지식으로 현장교육을 하는 것은 현장에서는 금물이다.

현장교육이 실시되는 장소를 사전에 답사하여 현장에서 발생할 수 있는 모든 경우의 수를 고려하는 것은 필수적인 항목이다.

이는 적합한 교육프로그램을 개발하는 것 이외에도 예상치 못한 사고나 위험이 발생할 수 있는 것을 미리 예방하는 차원에서도 중요한 것이다. 그리고 답사를 통해 정리되어야 하는 것은 실제 교육에 진행이 되는 것만 파악하고 정리하는 것이 아니라 모든 진행할 수 있는 활동들의 정리해두어야 한다. 왜냐하면 현장에서의 교육은 매우 상황에 따라 계획한 활동이 진행되지 않는 경우가 많기 때문이다. 이러한 경우를 대비해서 예비 활동의 개념으로 담이두어야 한다. 그렇지 않을 경우 계획한 교육활동이 예상치 못한 상황에서 진행을 할 수 없게 된 경우 매우 당황할 수밖에 없게 되며, 참가자들은 교육자에 신뢰를 할 수 없게 되고, 이는 현장교육의 실패로 돌아갈 확률이 대단히 높기 때문이다.

또한 현장교육자는 스스로의 심리적 압박에서 자유로워야한다.

세상의 그 누구도 모든 것을 다 알 수는 없는 것이다. 또한 참가자의 그 누구도 현장교육자로부터 박식함을 기대하지 않는다. 또한 참가자들은 현장교육자의 박식한 지식을 경험하려고는 않기 때문이다. 숲이 있으면 숲을 알고 느끼기 위해 참여한다는 것을 늘 명심할 필요가 있다. 현장교육은 특히 규격화된 틀이 있을 수 없다. 따라서 교육자의 스스로의 스타일에 충실하면서 진솔하게 교육을 진행하는 것이야말로 진정한 현장교육자라 할 수 있을 것이다.

② 체험환경교육의 진행

어느 분야와 마찬가지로 체험교육 또한 철저한 계획이 뒤따라야한다. 즉, 계획 없이는 교육이 없다. 미리 무엇을 중점적으로 다룰 것인지를 답사를 통해 구상을 하고 구체적인 계획에 들어가야 한다. 답사시 간단한 기록표를 준비하면 더욱 훌륭한 계획을 세울 수 있다(표1참조).

【표 1. 답사시 필요한 계획표 사례】

·작성일:					·작성자:				
·현장답사일:									
·현장상황설명:									
시 간	장 소	내 용			활 동 교 구	비 고			
	(주변의 특징적인 것을 적어둔다.)	(활동에 관한 간단한 요지를 설명해 둔다.)							
-									
-									
-									
-									
-									
기타 참고사항									

사례 : 숲 교육 프로그램 진행을 위한 지도자 계획표

지도자는 프로그램 진행을 위해 사전 답사를 필히 해야 하며, 답사를 통해 다음과 같은 현장의 일정한 교육장소(station) 및 내용에 관한 간략한 설명과 필요한 재료 등을 작성해 두는 것이 바람직하다.

i) 체험교육의 목표

현장에서의 교육자는 매번 숲교육을 지향할 수 있는 목표가 어떤 것인가? 를 우선적으로 결정을 해야한다. 이러한 목표를 설정하기 위해서는 첫째, 현장답사 및 점검, 둘째, 목표를 설정하는데 있어서 참가자의 성향에 따라 다양한 접근이 되어야한다.

이러한 목표가 설정이 된 다음 선택된 목표가 실현 가능한지를 다시 한번 현장에서 점검을 하는 준비가 필요하다. 그리고 참가자들이 흥미롭게 그리고 적극적으로 참여를 하게 하기 위해서 어떤 방법으로 실행을 할 것인지 프로그램을 설계를 한다. 모든 진행내용이 정리되면 필요한 교구나 교재를 준비한다.

현장교육에 있어서 가장 명확한 목표는 항상 참가자들이 현장교육자를 통해 현장인 숲이나 하천 등을 새롭게 알게 되는 것이며, 마지막으로 추구해야하는 목표는 참가자의 의식과 생활양식의 변화를 추구하는 것이다. 이러한 목표를

달성하는 것은 결코 쉬운 일이 아니다. 이러한 변화는 지식에서 실천으로, 머리에서 손으로의 멀고 먼 길이 놓여있는 작업이다.

현장에서의 교육에서 어떠한 것이 가장 중요한 목표가 된다는 것을 단정적으로 말할 수 있는 것은 아무 것도 없지만, 분명한 것은 하나의 목표를 두고 쫓아가야 한다는 것이다. 하지만 이러한 명확한 사실도 현장이란 특수성 때문에 상황이 요청한다고 생각되면 설정해두었던 목표조차도 변경할 수 있어야 한다.

ii) 주제선정

현장에서의 체험교육을 준비하고 실행하는 것은 결코 쉬운 일이 아니다. 왜냐하면 현장인 숲은 계절별로, 시간별로 그리고 그때의 기후에 따라 매우 다양하게 변화하기 때문이다. 이는 준비과정에서부터 또는 숲이 다양한 만큼 전달하고자 하는 내용이 너무 많아 무엇을 핵심적으로 전달을 해야 하는지 때로는 혼선이 일어날 수 있다. 그렇게 되면 명확한 주제를 가지고 현장교육이 이루어지기 어렵게 된다. 이는 참가자들의 흥미와 참여도를 저해할 수 있는 변수가 된다. 따라서 숲에서의 교육을 진행하기 위해서는 여러 번의 현장답사를 통해 다양한 시각으로 바라볼 수 있는 시야를 넓히는 것은 대단히 중요한 일이다.

명확하고 간단한 주제를 가지고 교육에 임하는 것은 현장교육의 성공여부가 달려있다 해도 과언이 아니다. 적은 것이 때로는 더 많은 것을 함축하고 있는 경우가 있기 때문이다. 특히 참가자가 학생일 경우 학교수업내용을 보충해 준다는 욕심을 버려야 한다. 다만 학생들이 스스로 현장체험을 통해 학교수업 내용의 연관성을 찾도록 도와주는 방법을 강구해야 한다. 그래야만 현장교육이 담고 있는 특수성이 살아날 수 있다.

iii) 도정

참가자들이 모이는 장소선정은 가능한 한 대중교통수단을 이용하여 도달할 수 있는 곳으로 지정하는 것이 바람직하다. 왜냐하면 체험환경교육을 통해 환경보전의 실천할 수 있는 행위를 실현하기 위한 것이기 때문이다. 이는 첫 번째로 실천할 수 있는 항목이기 때문에 가능한 한 개인승용차를 이용하는 것을 자제하게 하는 것이 필요하다.

참가자들이 서로 처음 만나는 경우 교육자는 미리 이름표를 작성하여 나누어주는 것이 진행되는 동안 참가자들끼리 가까



워질 수 있는 계기가 된다. 그리고 교육자는 가능한 한 간략하게 자기소개와 오늘 진행될 내용에 대한 간단한 소개를 한다. 전체적인 서먹서먹한 분위기를 활발하게 유도해내기 위해 간단한 게임을 하는 것도 좋다(사례1 참조).

사례1) 입문: 다음과 같은 간단한 놀이로 현장체험교육을 시작하는 것도 좋다.

현장체험이 진행되는 도중에 예상치 못한 돌발현상이 자주 나타나는 것이 숲이다. 예를 들면 갑자기 동물이나 곤충이 나타난다든지 하는 경우가 종종 발생한다. 준비된 프로그램이 아니다. 이럴 경우 어떻게 해야 하는가? 참가자들의 관

활동프로그램	나는 누구일까?
의도	소개, 관계형성(분위기 전환), 지식 습득
활동성향	활동적이다.
참가자수	5명부터 다수까지 가능
수준	유치원생-성인
시간	약 20분
준비물	집게, 수종카드
성격	어는 장소에서도 가능(실내에나 현장 어디에서도 가능)

진행	
<p>1. 모든 참가자들에게 준비한 수종카드를 집게로 등뒤에 집어준다. 참가자들은 자신의 수종이 무엇인지를 알면 안 된다.</p> <p>2. 자신의 등 뒤에 붙어있는 수종이 무엇인지 다른 참가자들에게 묻는다. 이때 참가자들은 직접적인 이름을 얘기해서는 안 된다.</p> <p>3. 상대방에게 나의 나무가 어떤 특성을 지니고 있는지 묻고 대답하는 사람은 원칙적으로 “예” 또는 “아니오”로 대답한다. 그러나 설명이 필요할 때는 간접적인 묘사도 가능하다.</p> <p>4. 자신의 수종이름을 대답한 사람은 나무의 이름을 외치고 수종카드를 앞으로 매단다.</p>	

심이 움직이는 동물에 집중될 때 현장체험교육을 흥미롭게 진행할 수 있는 매우 좋은 기회로 활용해야한다. 이는 체험교육의 극대화할 수 있는 좋은 시간이 된다. 코스에 알맞게 때로는 매우 흥미로운 사실과 때로는 매우 활동적인 교육, 때로는 조용히 생각할 수 있는 교육프로그램을 적당히 배합하는 것은 매우 중요하다. 예를 들면 조용한 숲 속 고요함이 흐르는 곳 또는 옆에 작은 연못이 있으면 더욱 좋다. 모두가 둘러앉아 현장지도자는 숲 속의 이야기를 들려준다. 그리고 생각하게 하는 시간을 갖도록 하는 것도 필요하다.

사례2) 조용한 장소에서 모두가 둘러앉아 지도자는 다음과 같은 이야기를 시작한다.

그러나 너무 많은 활동계획으로 오히려 체험교육의 본질이 상실될 수 있다는 것도 유의해야 할 일이다. 또한 현장에서의 돌발사고는 누구도 예측이 불가능하기 때문에 언제든지 준비된 프로그램을 변화시켜도 될 수 있을 정도의 유동적인 준비가 되어있어야 한다.

고요한 연못에 초록의 연꽃잎이 연못을 수놓고 있는 그 위에 앉아 연꽃잎과 비슷한 색의 옷을 입은 청개구리 한 마리가 온 사방을 둘러보며 다음과 같이 말했어요. “아이 지겨워, 주위의 나무도 초록색, 연꽃잎도 초록색, 내가 입고 있는 옷도 초록색, 바닥의 풀도 초록색 모두가 초록색 뿐이야” 청개구리는 살아있다는 것에 큰 흥미를 느끼지 못하고 있습니다. 숲속 바닥에 아름다운 꽃들도 더 이상 청개구리의 눈에는 들어오는 않았습니니다. 그러던 어느 날 이른 아침 수영을 하러 연못가에서 늘 해왔듯이 손가락 하나를 먼저 물 속에 살짝 담귀 보고 나서 물 속으로 뛰어들지요. 손가락 하나를 물 속에 담그려는 순간 물 속에서 무엇인가가 움직이고 있는 것을 목격했어요. 생전 처음 보는 물고기였어요. 그리고 청개구리가 평소에 가장 그리워하는 색깔이었지요. 그러나 생전 처음 보는 색깔이라 그것이 무슨 색인지 알 수 가 없었어요. 너무 기쁘고 즐거워서 물 속으로 퐁퐁 뛰어들었어요. 그리고 청개구리는 물고기에게 다가가서 말을 했어요. “여보세요, 물고기님. 어두운 곳에서 무얼 하고 있어요. 물위로 올라오면 밝은 세상을 볼 수가 있는데. 물고기님, 그리고 물고기님이 입고 있는 옷은 도대체 어디서 구입을 했나요? 무슨 색입니까?” 하고 물었어요. 물고기님은 “내가 입고 있는 옷은 태어날 때부터 입고 있는 옷입니다. 황금색이라 하지요.”

“황금색?” 하고 청개구리는 “그러면, 황금물고기 신가요?, 저는 그 색깔을 늘 그리워 했어요“ 황금물고기님 재발 어디서 그런 옷을 살 수 있는지 가르쳐주세요. 정말 나는 초록색이 싫어요.” 황금물고기는 말없이 깊은 물 속 어두운 곳으로 사라졌어요. 그때 청개구리는 이렇게 생각했어요. “음, 저렇게 멋진 옷을 혼자 입으려고 가르쳐주지 않는 거야”하고 말입니다. 그리고 청개구리는 고민을 했어요. 어떻게 하면 저 멋진 옷을 입어 볼까하고 말입니다. 청개구리에게 좋은 생각이 떠올랐습니다. “음, 황금물고기가 밤에 잠을 잘 때 몰래가서 옷을 입어봐야지”하고 말입니다. 청개구리는 밤이 오기만을 기다렸습니다. 드디어 밤이 오고 황금물고기가 사는 집으로 찾아 가 자고 있는 황금물고기의 황금비늘 옷을 하나하나 청개구리의 몸에 붙이기 시작했습니다. 그리고 청개구리는 거울을 보았습니다. “이야! 너무 멋지다. 나는 황금개구리야”하고 기뻐했습니다. 황금 옷을 입은 개구리는 늘 즐겨 쉬던 연꽃잎위로 다시 올라 왔습니다. 아침 해가 막 뜨기 시작했습니다. 밤새도록 잠을 자지 못한 황금개구리는 연꽃잎 위에서 그만 잠이 들었어요. 그때, 아침이면 늘 배고픈 몸으로 아침식사를 하기 위해 연못으로 찾아오는 손님이 있었어요. 아주 큰 그리고 그의 긴 입은 빨간 루즈를 바르고 신발은 항상 긴 빨간 장화를 신고 다니는 황새란 놈이었습니다. 연못위로 비행을 하고 있을 때 황새는 아주 특별한 아침거리가 있다는 것을 알았습니다. “너무 멋진 아침 식사로군”하고 연못으로 빨리 내려갔습니다. 그리고 크고 긴 빨간 입으로 연꽃잎 위에 앉아 즐기고 있는 황금개구리를 덱석 물려는 순간 발이 미끄러지고 말았습니다. 그 순간 놀라 물 속으로 뛰어든 황금개구리는 목숨은 건질 수 있었지만, 왼쪽 발가락은 황새의 아침식사가 되어버렸어요. 물속 깊숙이 들어간 황금개구리는 황금물고기를 만났습니다. 황금물고기는 개구리에게 말했어요. “개구리님, 저는 그 예쁘고 화려한 옷 때문에 늘 물속 어두운 곳에서 살고 있지요. 저의 아빠, 엄마 그리고 누나는 벌써 황새의 아침식탁에 올라갔어요.” 하고 말했습니다. 개구리는 그때서야 자기가 매우 어리석었다는 생각을 하게 되었어요. 왜 황금물고기가 물속 깊은 곳에서만 살고 있는지, 그리고 청개구리가 입고 있는 초록빛 옷이 황새가 아침식사로 찾아낼 수 없을 만큼 연꽃잎 색깔과 주변의 나뭇잎 색깔과 비슷하기 때문이었어요. 그때부터 청개구리는 입고 있는 초록색 옷에 대해 너무나 만족하면서 행복하게 연못에서 살게 되었습니다.

사례3) 밤으로의 짧은 여행

취지 : 밤은 사람의 오감 중 시각적 활동을 정지시키는 시간이다. 이때 청각과 후각 등은 오히려 훨씬 예민해진다. 밤에 숲 속 생물들이 전해오는 다양한 메시지들을 온 신경을 곤두세워 받아들임으로서 자연에의 경외심을 갖게 한다. 어둠은 사람의 감정을 솔직하게 만든다. 바람 소리, 어둠의 색깔, 생물들의 움직임, 자신의 옛날이야기, 우주에로의 느낌, 대지의 온화함 등 각양각색의 얘기들을 소재로 토론할 수도 있다.

진행

1. 밤에 길을 걸어도 위험하지 않을 장소를 미리 물색해둔다.
2. 잡초가 너무 무성하거나 나무가 뻥뻥이 들어찬 장소보다는 함께 모일 수 있는 안락한 공간을 확보해 둔다.
3. 산책코스도 위험이 없는지 사전답사를 해줘야 한다. 촛불실험에 적당한 장소는 어딘지도 미리 물색해야 하며, 명상과 조용한 토론을 방해하는 소음은 없는 곳인지도 유의해야 한다.
4. 플래시와 형광문자 표시가 돼 있는 손목시계, 촛불 등을 미리 준비한다. 그리고 각자가 깔고 앉을 수 있는 신문지나 돛자리 등을 마련해두면 편리하다.
5. 참가자들을 일렬로 세우고 앞사람의 어깨를 한 손으로 잡고 기차를 만든다. 지도자는 맨 앞에 자리 잡는다. 지도자는 정해진 코스로 함께 천천히 걸으며 이동한다. 플래시는 사용하지 않는 것이 좋다. 참가자들에게 떠들지 말도록 주의해줘야 한다.

이동하면서 지도자는 길가의 각종 자연물을 손으로 만져보도록 한다. “오른쪽에 나무를 만져 보시오” 등의 지시문을 뒤 사람에게 전달하여 기차를 형성한 참가자들이 행동할 수 있도록 한다. 이때 참가자들이 행동할 수 있는 시간을 주기 위해 아주 천천히 걸어야 한다.

6. 도중에 적당한 공터에서 미리 준비한 숲 속 생물들의 이야기를 해준다. 지금 이 순간 숲 속의 생물들이 무엇을 하고 있는지를 설명해주면 어린이들은 조용히 듣게 된다.
7. 촛불을 켜고 촛불 조명 실험을 한다. 어린이들로 하여금 손바닥으로 한 쪽 눈을 가리고 다른 눈으로 촛불의 불꽃 움직임을 한동안 쳐다보게끔 한다. 이미 이곳까지 걸어오는 길에 어둠에 익숙해진 눈은 촛불의 불꽃을 보면서 다시 밝음에 익숙해지게 된다.
8. 2~3분 후 촛불을 불어 꺼버린다. 촛불을 보고 있던 한 쪽 눈으로 주변을 둘러보면 밝음에 익숙해진 눈에는 아무 것도 보이지 않게 된다. 그러나 손바닥으로 가리고 있던 눈으로 주변을 둘러보면 밤의 숲 속이 아주 잘 보인다.
9. 다시 일행을 출발시켜 정해진 숲 속 장소에 도착하고 나면 한 사람 한 사람씩 각자 떨어져서 명상을 하도록 한다. 바위에 걸터앉아도 좋고, 나무에 기대어 앉아도 좋다. 다만 각자가 모두 자신의 감각을 최대한도로 열어놓고 느낄 수 있는 모든 것들을 다 받아들여도록 주위를 준다. 벌레들의 울음소리, 동물들의 움직임, 바람에 움직이는 잎사귀들의 흔들림 등 모든 것들을 기억해 두도록 한다.
10. 20분 정도의 시간이 흐른 후 다시 집합하도록 신호를 보낸다. 모두가 모였는지 확인하는 것을 잊지 말아야 하며, 미리 너무 멀리 흩어지지 말도록 주위를 쥐야 한다.
11. 공터에 원을 만들어 둘러앉은 후 각자가 느낀 것들을 솔직히 표현하도록 유도한다. 각자가 다른 사람의 감정표현

을 귀중하게 받아들이도록 분위기를 잡는 게 중요하다.

12. 지도자가 중간 중간 참가자들의 발표를 도와주며 이끈다. 또 숲이 사람들에게 얼마나 중요한지, 숲 속에는 얼마나 많은 생물들이 공존하며 살고 있는지 등을 실감나게 설명해줘야 한다.
13. 지도자는 충분한 설명 자료들을 미리 준비해야 한다. 이 활동의 각본을 쓰고 연기하는 것은 지도자이다. 관객이랄 수 있는 참가자들을 숲 속 극장으로 안내해 숲의 드라마에 대해 설명하고 참가자들이 감격하도록 해야 한다.
14. 이 활동은 환경캠프의 밤 시간대에 실시하면 효과가 좋다.

iv). 참가자에 관한 정보의 중요성

어떠한 성향을 지닌 참가자가 찾아올 것인지 알게 된다면 더욱 좋은 숲체험 교육을 기대할 수 있다. 따라서 사전에 숲 체험 교육자는 참가자의 성향을 파악하고 그에 따른 리스트를 작성해두는 것이 필요하다. 예를 들면 연령에 따른 분류는 다음과 같은 중요한 정보가 숨어있다. 학교생활을 하기전인 유치원생들에게는 무엇보다도 감각과 관련한 체험활동의 위주가 현장에서의 교육에 매우 효과적이다. 때문에 “내가 숲에서 무엇을 어떻게 체험할까?” 라는 주제로 프로그램을 계획하는 것이 좋다. 그러나 초등학교학생의 경우는 이러한 체험위주의 교육도 물론 필요하지만 이들의 관심사는 무엇보다도 자연에서 어떠한 현상이 일어나는지에 집중되는 연령이다. 때문에 예를 들면 “곤충은 어떻게 추운 겨울을 살아나는가?” 또는 “나무도 우리처럼 숨을 쉬는 것일까?” 등에 대한 관심을 나타내는 연령이다.

사례4) 나무는 매해마다 나이를 두 번 먹네요

1. 배경

나무의 단면을 통해 나무가 살아온 역사와 나와의 관계를 파악하는 것은 나의 지난 시간들을 정리해 볼 수 있는 중요한 시간이 된다. 그러므로 나무의 단면을 통해 나의 생활을 반성해볼 수 있는 기회를 갖게 된다. 예를 들어 나무가 어렵게 살았던 5년 전에 나는 학교 또는 집에서 무엇을 했을까? 등을 회상하면서 그 당시의 가장 기억나는 일에 대한 일기를 쓰게 하는 것도 좋은 방법이다.

준비물	설명을 할 수 있는 나무의 그루터기, 도화지(2장), 핀(나이테를 쉽게 구별하기 위해), 필기도구
참가자	약 20명 정도
소요시간	약 30분

2. 준비

3. 진행

- 1) 미리 준비된 나무 그루터기의 나이테를 설명한다. 어느 시기에 가장 많이 그리고 가장 어렵게 살았는지를 나이테를 보며 설명을 한다. 주변환경 조건과 자연의 변화에 큰 영향을 받으며 살아간다는 사실을 나이테를 통해 알 수 있게 설명을 한다.
- 2) 직접적으로 본인이 가장 인상 깊었던 지난 일들을 생각하게 하고 나무와 나의 관계를 연상하게끔 유도를 한다.
- 3) 준비한 도화지에 나무의 나이테 탁본을 그린다.
- 4) 나이테의 나이를 역으로 셈하면 몇 년 전에 나무가 태어났는지를 알 수 있다. 그리고 나무가 몇 살일 때 나는 몇 살 있었는지, 그리고 무엇을 했는지 알 수 있다.
- 5) 가장 기억에 남는, 그리고 남기고 싶은 추억의 한 장면을 일기 형식의 글로 표현한다.

4. 평가

- 나무의 일생과 나의 생활을 연관시켜 어느 특정한 과거의 시간을 구체적으로 표현할 수 있는 능력은 어느 정도인가?
- 나무와 마찬가지로 사람도 역경의 시기와 영광의 시기가 있다는 사실을 이해하고 어려운 시기에도 인내심을 가지고 극복을 하면 나무와 같이 아름다운 인생의 나이테를 남길 수 있다는 것이 전달되었는가?

반면 중학생에서 고등학생의 연령이 되면 그들의 관심은 매우 다르다(사례3 참조). 이들에게는 자신과의 관련성에 매우 집중되어있다. 이 연령은 매우 이기적이고 이성애 많은 관심을 나타내는 특성을 지니고 있는 층이다. 따라서 이들에게 막연히 체험하고 자연현상을 설명하는 것으로는 만족시킬 수는 없다. 즉 숲이 자신과 어떤 관계가 있는지 또는 이성에 관한 내용은 사람뿐 아니라 식물인 나무나 초본에게도 일어나는 현상이란 사실을 발견하게 해주는 일이 무엇보다도 중요하다는 사실에 바탕을 두고 프로그램을 구상하는 것이 필요하다.

사례5) 나무를 진단해 봐요

1) 배경 및 읽기자료

주위 자연환경 조건이 적합한 곳에서 자라는 나무는 일반적으로 건강하게 자란다. 나무가 건강하게 자랄 수 있는 기본 조건으로는 충분한 수분과 일사량 그리고 대기중 이산화탄소가 원활하게 공급되어야 한다. 그러나 이러한 주변조건들은 수종별, 그리고 수령별에 따라 그 요구되는 양이 각기 다르다. 예를 들면 지나치게 많은 수분의 공급이나 지나치게 부족한 일사량은 어떤 특정한 나무의 발육을 저해한다. 이러한 생존에 필요한 요소들의 부족으로 해서 그 나무는 더 이상 건강한 상태로 자라질 못하게 되며, 이는 곧 2차 감염으로 이어진다. 2차 감염이란 병충해나 태풍 또는 공해로 인해 고사하는 것을 말한다. 숲을 구성하고 있는 가장 중요한 나무들이 병들거나 고사 현상이 높아진다는 것이 자연환경에 미치는 영향은 대단히 크다. 이는 마침내 자연환경의 빈곤을 초래하게 되며 숲 속의 수많은 구성인자들의 혼란과 그 수의 균형을 파괴하게 된다. 또한 마침내 우리 인간이 필요로 하는 맑은 물이나 맑은 공기 그리고 그 밖의

여러 가지 숲으로부터 얻을 수 있는 혜택을 알아가게 된다. 이러한 숲의 빈곤현상이 발생할 수 있는 원인은 다음 도표에 의해 쉽게 파악된다. 나무가 병들게 되는 이유에는 여러 가지 원인이 있다. 예를 들면 그 나무가 자라야 할 적합한 토양이 아닐 경우 나무는 영양이 부족한 상태로 성장하게 되며 갑작스러운 날씨의 변화나 병충해의 피해와 같은 외부의 영향에 의해 쉽게 병들거나 고사하게 된다. 이러한 상태에 있는 나무는 무엇보다도 광합성을 담당하는 초록색을 띠고 있는 잎을 통해 관찰할 수 있다. 나뭇잎의 수가 많다는 것은 광합성작용을 그 만큼 활발하게 하고 있다는 것이며 이는 나무의 상태가 건강하다는 것을 암시한다. 오늘날 인간의 사회활동으로 인해 발생하는 공해는 간접적으로 나무에도 해를 가하며 이로 인해 나무가 병들거나 고사한다는 것은 다시 우리 인간의 건강 또한 위협한다. 따라서 나무와 숲의 건강에 대한 새로운 인식과 관심은 곧 우리 자신의 건강에 대한 관심이라는 것을 본 프로그램을 통해 알고 새로운 가치관을 꾀하고자 한다.

2) 목적

나무의 건강 여부를 판명해 봄으로써 숲 생태계의 연관관계를 파악해본다. ·관찰을 통해 여러 가지 수목들의 모양을 알게 되며, 아울러 숲 속의 모든 생물들이 함께 살아가고 있다는 것을 이해하게 된다. ·현장학습을 통해 조사방법을 알게 된다. ·나무도 한 생명체임을 느끼게 한다. ·숲 생태계의 연관관계를 이해함으로써 숲 속의 모든 구성체가 필요하다는 것을 인식하게 함으로써 학생은 자연과 숲을 보호하는 까닭을 깨닫고 책임 있는 태도와 행동으로 나아갈 수 있다.

수준	중-고등학생
준비물	학습표/필기도구
소요시간	약 50분
참가인원	20-30명
성격	조사탐구/토론

3) 준비

우선 관심을 끌 수 있는 주위 사물, 가능한 한 동물을 예로 설명한다.

예) 어느 특정한 동물의 사체나 곤충 등을 직접 관찰하면서 또는 손에 들고 설명을 한다: 다음과 같은 물음으로 학생들의 흥미와 관심을 집중시킬 수 있으며 아울러 숲에 있는 모든 것이 산돼지가 살기 위해 모든 숲속의 사물들이 필요하다는 것을 전달한다. 어디에 살고, 무엇을 먹고살며, 그들이 먹는 음식은 어떻게 구하는지. 주로 열매, 도토리, 벌레 등을 먹고산다는 사실을 알고, 그리고 벌레들은 무엇을 먹고사는지..... 연속적인 연관관계를 묻고 대답하는 형식으로 진행한다. 이러한 모든 동식물들이 함께 살고 있는 곳을 숲이라 하며 숲이 없다면, 열매도, 도토리도 벌레도 산돼지도 살수가 없다는 것으로 정리를 한다. 나무가 주는 혜택으로는 어떤 것이 있을까? 학생들로부터 대답을 이끌어 낸다. 충분한 대화가 오갔으면 교육자는 나무가 주는 의미를 다음과 같이 정리한다. - 경제성 - 인간에게 꼭 필요한 산소를 공급하며, 이산화탄소를 흡수한다(온난화현상과의 상관관계) - 울창한 숲은 우리가 필요한 맑은 물을 충분히 공급해준

다. - 수많은 동물들의 서식처이다. 등 이러한 중요한 역할을 담당하고 있는 숲이 그 기능을 다하려면 우선 숲의 나무가 건강해야 한다. 그렇다면 나무가 건강하다는 것을 어떻게 알 수 있을까? 이것을 알아보기 위해 활동으로 들어간다.

4) 활동

숲이 주는 다양한 혜택에 대해 설명을 시작한다.

가. 현장에 있는 학습할 수종을 선택하여 알려주고 미리 준비한 조사표를 나누어준다.

나. 모둠 별로 선택된 수종의 건강여부(외형적인 형태나 모양 등)를 관찰하게 한다.

다. 수종별 약 5분 정도가 적당하다.

라. 나누어준 조사표에 건강한 이유 또는 병든 이유를 설명하거나 그림으로 나타내게 한다.

마. 조사가 끝나면 모두 모여 건강한 나무와 병든 나무의 차이점을 설명하게 한다.

바. 끝으로 교사는 다음과 같은 사실들로 교육활동을 정리해 준다:

사례6) 숲에는 무엇이 자라자?

활동목적: 차별화 되는 식물의 다양성을 이해한다.

탐구성: 조사팀은 3-5명 정도가 매우 적당하며, 초등학교 4학년이상 정도가 활동목적을 이해하는데 적합하다. 전체 진행시간은 약 1시간 정도 소요된다.

지도자의 할 일: 숲의 식물세계를 조사한다.

다양한 숲을 찾는다. 활엽수와 침엽수가 자라는 곳. 침엽수만 자라는 곳. 활엽수만 자라는 곳. 습한지역. 건조한 지역.

병이 드는 원인
·해충의 피해를 입었을 때
·입지조건이 양호하지 못할 때
·공해로 인한 피해(장소를 초월)를 입었을 때
·서로의 경쟁에 의해서도 나무는 병들게 된다.

복사면, 납사면 등으로 구분 지을 수 있으면 좋다. 그러나 현장에서는 반드시 이와 같은 모든 상황이 나타나지 않을 수도 있다. 그러나 최소한 2가지 이상의 서로 구분지을 수 있는 서로 다른 숲을 찾아 두어야 이 활동이 가능하다.

다양한 조사구역을 선정한 후 조사팀별로 모두가 꼭 같은 크기의 조사지역을 선정한다. 예를 들면 10m x 10m, 5m x 5m 등 조사 구역 내에 있는 식물을 파악한다. 식물의 이름이 아니라 식물이 분류되어지는 속명이나 과명으로 우선 구분한다. 그리고 주어진 조사표에 종들을 기록한다. 기록하는 기준은 수목과 관목, 초본 및 이끼층으로 분리한다.

조사지역 식생의 피복정도를 조사표에 그림으로 표시한다.(표참조)

준비물: 40m이상 되는 줄, 조사표, 식물분류도감

건강한 나무의 평가 기준	
나뭇잎의 수	
90%이상	아주 양호(매우 건강한 상태)
90%이하- 70%	양호(건강한 상태)
70% -50%	병 초기-중기(병든 상태)
50%이하	말기(회복이 불가능한 상태)
0%	고사

■ 수종목록

■ 식생조사표

침엽수, 활엽수, 관목, 초본류(사초류), 이끼류

크기: 가로10m, 세로10m

■ 수서생물 관찰 기록지

관찰자:

장소(하천명):

날짜 및 시간:

날씨(온도, 외부온도 및 내부온도):

⑤ 현장에서의 체험교육에 관한 구상

체험교육의 주제와 범위가 확정되고 참가자의 성향과 나이 등이 파악되면 체험교육은 보다 정확하고 쉽게 진행될 수

있다. 이와 더불어 이제는 참가자들과 개인적인 접촉이 남아있다. 의도적으로 참가자와 함께 경험할 수 있는 기회를 만들어간다.

단 한번의 체험교육을 위해 항상 다양한 주제와 활동 그리고 게임들이 준비되어야한다. 그러나 교육자가 계획한 활동 프로그램의 내용들을 참가자들에게 사전에 알려주어서는 안 된다.

생물명	관찰종(O, X)	생김새(그림으로 그리기)	비교(예: 수질과의 관계)
날도래			
강도래			
잠자리			
플라나리아			
옆새우			
톡톡이류			
하루살이			
실지렁이			
멧모기			

㉔ 시간적인 순서

인사를 통해 서로 친숙하게 될 기회를 만드는 것은 그날 교육일정에 큰 영향을 미칩니다. 우선 자신을 소개하고 전체 활동프로그램에 대한 간략한 설명을 합니다. 그리고 대강의 노정을 설명하고 당부사항과 꼭 필요한 정보를 주지만, 교육활동의 모든 것을 다 얘기해서는 안 됩니다.

숲을 교육하는 동안 경험과 지식의 전달은 일종의 드라마라 생각하면 됩니다. 발단과 전개와 결정과 결말이 있습니다. 즉 준비단계, 입문단계, 메인단계 및 정리단계로 나누어 볼 수 있습니다.

첫번째로 **준비단계**라 할 수 있습니다. 이는 체험교육을 시작하기 전에 이루어지는 것입니다. 참가자들의 성향과약과 만나는 장소와 시간은 명확하게 공지를 하고 참가하루전달 다시 전화나 메일로 확인을 하는 것이 좋습니다. 이는 두 가지 의미를 내포하고 있습니다. 첫째, 참가자가 착각을 하고 시간과 장소 또는 날짜를 잠시 착각을 할 수 있는 실수를 막는 것이 되며, 둘째로는 참가자들이 준비하는 지도자가 얼마나 꼼꼼하게 신경을 쓰고 준비하고 관심을 갖고 있다

는 것을 전달할 수 있습니다. 체험교육에 대한 준비입니다. 계획을 세워둔 내용을 진행하기 위해 각 중 필요한 준비물이나 교구들을 점검하는 일입니다. 그리고 체험교육이 진행되는 장소에 참가자들과 만나는 시간보다 빨리 도착해서 점검을 하는 노력이 필요합니다.

둘째, **입문단계**입니다. 만나는 장소에서 참가자들이 모두 모였다면 우선적으로 자신에 대한 간단한 소개와 더불어 참가자들이 서로가 모르는 상태라면 간단하게 소개를 할 수 있는 프로그램을 진행합니다(사례). 서로의 소개가 끝나면 그날 진행될 준비된 내용을 간단히 설명합니다. 참가자들이 소개하는 내용에 대한 조금은 긴장하고 기대할 수 있는 내용으로 소개된다면 교육을 진행하는데 많은 도움이 됩니다. 왜냐하면 적극적인 자세로 참여를 하게되기 때문입니다. 입문단계에서는 우선적으로 주의와 주목을 끄는 활동이 필요합니다.

셋째는 **메인단계**입니다. 이번 체험교육을 통해 꼭 전달하고자 하는 활동을 하는 것입니다. 준비한 테마와 활동에 집중을 해야 하는 단계라 할 수 있습니다. 물론 참가자들은 진행되는 것이 입문단계니 메인단계니 하는 것을 알 필요는 없겠지요. 그러나 전체 활동 교육이 끝나가면서 무엇을 전달하려했는지 파악을 하게 될 것입니다. 그렇다면 체험교육은 성공적입니다. 메인활동에서 중요한 것은 참가자들이 함께 생각하고 함께 체험하고 함께 무엇인가를 발견해 가는 프로그램으로 구성하는 것이어야 합니다. 일방적인 설명이나 일방적인 체험으로 참가자들에게 이해를 구하는 식을 교육이 되어서는 안 됩니다. 그것은 현장교육이 담고 있는 영역만으로 볼 수 없습니다.

메인단계는 집중과 주의를 가장 잘 할 수 있는 시간이라 지식적인 전달이 꼭 필요하다면 가볍게 설명하는 것도 가능합니다. 무엇보다도 어린이들은 크거나 큰 수에 대한 개념 정립이 완전하게 되어있지 못합니다. 따라서 항상 분명하고 정확하게 설명을 주는 것이 필요합니다. 예를 들면 1제곱미터의 숲 모양을 설명한다고 하면 어린이들에게는 준비한 줄이나 노끈으로 현장에서 확인을 시켜주는 것이 필요합니다. 또한 직접적인 감각체험을 가능한 한 많이 하는 것이 좋습니다. 사전 준비가 되었다면 나무를 청진기로 듣거나, 새소리를 경청하거나 사물을 만지고 수집하는 등의 교육을 진행합니다.

이제는 **정리단계**입니다. 참가자들과 그 동안의 체험하고 경험한 사실들을 정리하는 것입니다. 물론 모든 체험과 경험을 다 나눌 수 있는 시간적인 여유와 또 참가자들이 그 만큼 인내를 나타내지 못하는 단계입니다. 몇 시간을 함께 체험하고 경험한 후에는 육체적으로도 많이 피로하게 되기 때문입니다. 따라서 정리단계는 아주 명확하고 분명하고 짧게 전달을 해야합니다. 서로가 체험한 것을 교환할 수 있도록 유도한다. 예를 들어 공동의 담화나 체험의 평가 또는 경험한 것을 논의할 수 있는 장을 마련한다거나, 숲을 혼자서도 충분히 탐구가 가능하고 격려해준다.

그리고 지도자가 스스로 교육에 대한 평가를 해야 하는 **평가단계**가 남아있습니다. 즉 주관적인 평가라 할 수 있습니다. 계획한 무엇이 잘 진행이 되었으며, 무엇이 실패로 돌아갔는지. 계획한 대로 진행이 되지 않았던 활동에 대한 정확한 원인분석을 해주어야 합니다. 이것은 다음 교육을 위해 매우 중요합니다.

물론 위의 경우를 근거와 경험의 결과로 보아야하지, 경직된 도식으로 적용해서는 안됩니다.

계획된 일정의 마지막에는 반드시 절정을 돕니다. 왜냐하면 인상깊은 마지막은 전체적인 현장교육에 소급하여 효과적으로 작용하기 때문입니다. 그리고 효과적인 결론을 내리도록 도와주고 행동과 실행을 할 수 있는 측면을 보여줍니다. 예를 들면 자동차 사용을 줄이는 것이 숲을 보호하는 한 방법이란 것을 암시해준다든지, 숲의 복합적인 연관성을 스스로의 인식을 통해 숲이 하나의 생활공동체란 것을 인식시켜줍니다. 또는 우리가 사용하고 있는 여러 가지 제품들은 대부분 환경에 반하는 물건들이 많은데, 이를 우리의 의지만 있다면 충분히 친환경적인 목재를 활용할 수 있다는 것을 전달합니다. 또는 더 많은 정보를 얻기를 원한다면 각종 관련사이트나 직접 활동할 수 있는 사회환경 단체의 연락처를 주는 것도 매우 바람직합니다.

활동1

왜 나뭇잎이 녹색일까?

질문: 나무가 성장하기 위해 무엇이 필요할까? - 흙, 물, 빛 그리고 공기

정보: 나뭇잎은 하나의 공장과도 같습니다. 그 공장이 가동되기 위해서는 두 가지의 기본 분자와 원자가 필요한 것입니다. 바로 물과 탄소입니다.

물은 땅에서 나무의 줄기를 통해 나뭇잎으로 운반되고, 탄소는 대기중의 이산화탄소를 통해 얻어집니다. 녹색공장은 나뭇잎에는 무수히 많은 구멍들이 이산화탄소를 흡수합니다. 이러한 일을 하기 위해 녹색공장은 에너지가 필요합니다. 일반공장이 제품을 생산하기 위해 전기에너지가 필요하듯이 녹색공장도 마찬가지로 에너지를 필요로 합니다. 녹색공장은 빛에너지를 활용합니다. 이것을 우리는 광합성이라 부릅니다. 이러한 에너지와 필요한 물과 이산화탄소 및 광물원소가 갖추어지면 이것을 당분으로 환원하는 작업을 하는 무수히 많은 노동자들이 있습니다. 녹색공장의 노동자들의 이름은 엽록소라 합니다. 이들이 빛과 물과 이산화탄소로 당분 즉 포도당을 만들어내는 중추역할을 하는 것입니다. 이러한 당분을 생산해내는 과정에서 가스가 외부로 방출이 됩니다. 그 가스는 바로 사람들이 살기 위해 반드시 필요한 산소입니다.

빛에너지의 괴력실험은 돋보거나 루페로 종이를 태워보면 얼마나 대단한 일을 할 수 있는지를 알 수 있습니다.

약100년이 된 상수리나무는 무려 630리터의 물을 빨아올릴 만큼 대단한 펌프역할을 합니다. 마치 물먹는 하마와도 같다고 할까요? 우리 키 정도의 나무는 약 45리터의 물을 빨아올립니다. 이는 보통 자동차가 주유할 수 있는 량이라 볼 수 있습니다. 이렇게 많은 물을 빨아올릴 수 있는 힘은 바로 빛에서 옵니다. 많은 물이 나뭇잎으로 증발이 되었다면 부족한 물을 채우기 위해 즉시 아래에서 물이 운반됩니다. 이러한 과정을 우리는 나무의 증산작용이라 부릅니다.

대기중에 있는 탄소를 흡수합니다. 약 1만리터의 공기중에는 약 2g의 탄소가 존재합니다. 약 100년 된 느티나무는 약 5톤의 몸무게를 보이는데, 그 중 2.5톤이 탄소입니다. 공기에서 이 많은 탄소를 흡수하기 위해 무려 125억이란 공기를 흡수해야지 만이 필요한 탄소를 채울 수가 있습니다.

나무는 나뭇잎을 통해 무수히 많은 공기를 흡수 할 수 있어야 합니다. 때문에 우리의 육안으로는 볼 수 없는 아주 작게 생긴 공기구멍(기공)들이 존재합니다. 느티나무의 잎 1제곱센티미터에 무려 34,000개의 기공이 존재합니다.

왜 나무는 가을이 되면 나뭇잎을 버릴까?

우선 어린이들에게 스스로 대답을 찾아내도록 유도합니다.

정보: 나뭇잎은 추위와 서리와 눈에 견디기 어렵습니다. 물론 침엽은 두꺼운 왁스층이 침엽을 둘러싸고 있기 때문에 보호를 받을 수 있습니다. 때문에 겨울에도 나뭇잎을 푸르게 매달고 있는 것입니다. 겨울에는 온도와 빛의 강도가 충분하지 못하기 때문에 계속자랄 수 없는 것입니다. 나무는 내부에 시계를 가지고 있습니다. 그래서 언제 나뭇잎을 내밀고 언제 나뭇잎을 버려야 하는지를 말해주는 내부의 시계를 지니고 있는 셈입니다.

숲의 가장자리나 숲속의 공터에서 놀이를 하면 좋습니다. 참가 어린이들은 모두가 나무가 됩니다. 여름이 시작되면 나뭇잎들은 활짝 펼치게 됩니다. 어린이들의 손은 모두 태양을 향해 활짝 펼칩니다. 가을이 되면 그 동안 열심히 모아둔 힘과 과즙들을 나무의 줄기 안으로 끌어드립니다. 어린이들은 손과 팔을 몸속으로 끌어드립니다. 긴 겨울이 지나면 더 따듯한 봄이 옵니다. 나무는 그 동안 모아둔 힘을 나뭇잎이 되도록 온 힘을 다해 노력합니다. 어린이들은 아주 천천히 그리고 힘을 다해 태양을 향해 펼칩니다.

찾기놀이: 가을은 우리에게 아주 다양한 색상을 띤 나뭇잎을 선물합니다. 주변에 있는 아름다운 나뭇잎을 찾아 전시회를 하는 것도 매우 재미있는 놀이가 될 것입니다.

춤추는 나뭇잎의 놀이

어린이들 스스로가 가을 바람이 됩니다. 각자의 두 손에 나뭇잎을 가득 줍니다. 그리고 공중으로 날려보냅니다.

계속적인 가을에 놀이를 할 수 있는 것이 있습니다. 원하는 어린이들은 숲바닥에 눕습니다. 그리고 얼굴만 제외한 나머지 몸 부분에 나뭇잎으로 덮어줍니다. 겨울을 준비하는 한 마리의 애벌레의 느낌을 가질 것입니다. 하늘을 보고 나뭇가지를 보고 각가지의 숲을 느껴볼 수 있는 매우 좋은 경험이 될 것입니다.

나무는 얼마나 오래되었을까?

우선 어린이들에게 나무의 나이를 추측해보도록 합니다. 무엇보다도 어린이들은 거의 시간적 공간에 대한 이해가 잘 되지 않는다는 것을 관찰할 수 있을 것입니다.

나무의 나이를 알기 위한 활동:

단면을 볼 수 있는 나무나 그루터기가 있다면 그 나무의 나이를 함께 셈을 해봅니다. 열 개의 나이테마다 준비한 바늘로 나무의 나이테에 꽂아둡니다. 그리고 어느 한 어린이에게 묻습니다. 어느 태어났을 때 이 나무의 나이와 두께는 어떠했는지 등을 얘기합니다. 나아가서는 가족과 주위의 가장 좋아하는 사람과 나무와의 관계 등으로 확산해서 얘기를

해나갈 수 있습니다.

나무구별하기

정보: 지도지는 숲에 있는 모든 수목과 관목에 대해 알아야 한다. 안디는 것은 단지 수목과 관목의 이름만 아니라 식물들이 얼마나 빨리 자라고, 얼마나 높이 자라고, 얼마나 두껍게 자리는지 그리고 얼마나 많은 물을 필요로 하는지 또는 얼마나 많은 빛을 요구하는지에 대해서도 각각의 나무의 특징에 따라 구분할 수 있어야 합니다.

* 잎의 특징에 따른 관찰

우선 멀리서 관찰하고 싶은 나무를 참가한 어린이 스스로 선정을 합니다. 그리고 가까이 가서 그 나무가 달고 있는 나뭇잎을 정확하게 관찰합니다. 관찰한 이후 잎의 외형적인 모양에 따른 4가지 질문정도를 합니다.

- 잎자루가 긴가 짧은가?
- 잎의 양면모두 같은 색인가?
- 혹시 잎에 아주 작은 털 같은 것들이 있는가?
- 잎의 가장자리가 어떻게 생겼는가?

어린이들은 이 질문에 대한 답변을 하기 위해 나뭇잎을 자세히 관찰하게 될 것입니다. 물론 참가한 어린이의 연령에 따라 다양한 접근이 가능할 것입니다. 이러한 활동이 끝나면 다 함께 관찰된 나무들을 돌아가면서 관찰하고 설명을 하는 것도 바람직할 것입니다.

이름놀이

각각의 어린이들은 자신이 가장 좋아하는 나무의 나뭇잎 한 장을 찾습니다. 선정된 나뭇잎들을 정확하게 관찰하도록 합니다. 그리고 그 나뭇잎의 인상적인 특징에 따른 이름을 지어주도록 해봅니다.

나무열매 관찰

■ 날개를 지닌 열매

■ 각질을 지닌 열매

■ 과육을 지닌 열매

나무만 보고 숲을 보지 못한다면

숲은 나무로만 이루어진 곳이 아니다. 숲은 나무와 초본과 버섯, 새 그리고 곤충 등등의 다양한 생물들로 이루어진 생활공동체입니다. 이 모든 생명체는 서로 함께 영향을 주고받으며 공동체를 이루어가고 있습니다.

이러한 관계성에 대한 활동을 위해 지도자는 우선 긴 노끈이나 실을 준비합니다. 그리고 참가 어린이들은 큰 원으로 둘러섭니다. 가장 먼저 시작하는 어린이는 숲에 사는 어느 생물도 괜찮습니다. 하나를 소리내어 얘기합니다. 그리고 나서 실타래를 다른 친구에게 던집니다. 실타래를 받은 친구는 다시 똑같은 방법으로 다른 친구에게 던집니다. 이렇게 해서 모두가 실을 쥐고 있습니다. 마치 생태계를 사슬고리처럼 서로서로 영향을 미치고 받고 있다는 것을 연상시켜주듯이 말합니다.

어떤 나무나 식물도 자라나는 그 장소에서 우연히 자라지 않습니다. 예를 들면 질경이를 좋은 예로 들 수 있습니다. 충분한 빛과 많은 양분 그리고 적은 물이 있는 그러한 장소에서 질경이는 주로 뿌리를 내리게 됩니다. 그래서 질경이의 잎을 잘 관찰해보세요. 비가 오면 빗물이 질경이 잎에 떨어져서 곧바로 뿌리로 이동을 쉽게 할 수 있도록 잎의 모양이 마치 깔때기를 절단해놓은 듯한 모양을 하고 있습니다.

다함께 몇 가지 분명하게 식별이 가능한 서로 다른 입지에서 자라는 나무들을 관찰해봅니다. 그리고 그들의 특성을 설명하는 것도 어린이들에게는 매우 신나는 일이 될 것입니다.

⑦ 문서작성과 평가

현장체험교육은 교육자 스스로를 위하여 가능한 정확하게 문서화해 둘 필요가 있습니다. 왜냐하면 현장교육 이후의 작업이 다음 교육을 위해 최선의 준비가 되기 때문입니다. 따라서 이러한 모든 경험을 담아둘 수 있는 특별한 양식을 만들어 두는 것이 바람직합니다.

4. 맺는말

참가자들의 눈높이를 맞추는 것은 무엇보다도 현장체험교육에서 중요한 사항입니다. 이는 현장교육을 성공적으로 이행하느냐 못하느냐가 달려있다고 해도 과언이 아닙니다. 나아가서는 현장교육자의 지속적인 고민과 연구를 하게 하는 원동력이 됩니다. 이와 더불어 철저한 사전 준비는 현장에서의 예상치 못한 다양한 변수에 대처할 수 있는 유일한 수단입니다.

이와 같이 철저한 준비를 바탕으로 다양하고 흥미로운 프로그램의 개발이 가능하며 아울러 현장교육자의 자질도 자연스럽게 상승효과를 타게 됩니다. 항상 참가자의 기대치보다 한발 앞서가는 현장교육자가 창의성을 발휘할 수 있을 뿐

아니라 지금 이 시대가 필요로 하는 진정한 교육자가 아닌가 생각해봅니다.

체험환경교육은 숲이나 그 밖의 자연을 잘 관리하고 보호하는 관점에서의 교육이 아니라 우리가 살기 위한 교육이 될 때 비로소 우리의 삶과 자연도 온전히 보전되어질 수 있다는 것입니다. 우리가 살기 위한 교육이란 친환경적인 생활태도와 행동으로 실천해 나가는데 주안점을 둔 교육을 뜻합니다. 이러한 교육은 현장에서 직접체험하고 느낌으로 태도나 행동에 대한 변화를 쉽게 기대할 수 있습니다. 이러한 생활태도나 행동의 변화를 쉽게 기대할 수 있는 대상은 무엇보다도 어린이들입니다. 아직도 못다 채워진 어린이의 감성주머니에 숲에서의 체험교육은 성인이 되어 사회생활을 영유해갈 때까지 깊은 영향을 미칠 만큼 인성발달에 지대한 기여를 한다고 150년 페스탈로치와 몬테소리 등의 체험중심을 강조한 교육자는 강조해왔습니다. 따라서 숲이 지니고 있는 생태적인 특성을 올바르게 파악하여 교육화 해나가는 과정이 미흡한 우리의 현실을 비추어볼 때 하루속히 이에 대한 연구와 개발이 다각도로 진행이 되어야 합니다. 이에 대한 연구와 개발의 중점은 우선적으로 어린이들을 현장에서 지도할 수 있는 전문인력과 현장에서 실시할 수 있는 구체적인 지역 특성에 적합한 프로그램의 개발입니다.

- 참고 문헌 -

- 장남기 외. 「생태학」. 아카데미서적. 1993.
- 유진 오덤. 「생태학 - 환경의 위기와 우리의 미래」. 사이언스 북스. 1995.
- 안승구, 정재춘. 「생태학」. 신광문화사. 1995.
- 심재한, 1997. 서울시 인근 4개 지역의 양사파총류 생물다양성조사 및 생태연구(I)
- 심재한, 1997. 서울시 산림생태계 조사연구(양사파총류)
- 심재한, 1998. 서울시 산림생태계 조사연구(양사파총류)
- 심재한, 1998. 서울시 생물상 분포변화에 관한 조사연구(양사파총류)
- 심재한, 2000. 서울시 인근 3개 지역의 양사파총류 생물다양성 및 보전대책에 관한 연구
- 심재한, 2000. 지속가능한 환경친화적 개발 그리고 자연생태계 보전과 환경관리 시스템 구축을 위한 자연생태지도 작성
- 국립중앙과학관. 2001. 국립중앙과학관 소장표본목록집
- 권오길, 박갑만, 이준상, 1993. 원색한국패류도감, 아카데미서적
- 김익수, 1997. 한국동식물도감. 제37권 동물편(담수어류편). 교육부.
- 김익수, 강언중, 1993. 원색한국어류도감. 아카데미서적. 서울.
- 김정환. 1998. 한국의 잠자라메뚜가사마귀대벌레. 교학사
- 남상호. 1998. 한국의 곤충. 교학사
- 多自然型川づくりのみとポイント 1996. 財団法人 リベ?フロント整備センタ?
- 박정호, 조규송, 1995. 강원도 방태천 수서곤충 군집의 생태학적 특성. 한국육수학회지. 28(3) : 309

- 북룡관, 1965. 원색곤충대도감 I, II, III. 동경.
- 北村四郎, 村田源. 1979a. 原色日本植物圖鑑, 草本篇(II) 異瓣化類. 保育社, 大板. pp.390.
- 北村四郎, 村田源. 1979b. 原色日本植物圖鑑, 木本篇(I, II). 保育社, 大板. I ;pp.401, II ;pp.5
- 윤일병. 1988. 한국동식물도감 제30권 동물편(수서곤충류). 문교부
- 이경재. 1994. 한강 분류 및 지천의 동식물 생태계 구조분석, 환경운동연합, pp.2-11.
- 이도원. 1996. 하천변 식생지대의 생태적 특성과 기능, 환경과조경. 100:86-91.
- 이창복, 1979. 대한식물도감. 향문사, pp990.
- 임양재, 전의식. 1980. 한반도의 귀화식물 분포, 한국식물학회지 23: 69-83쪽.
- 정문기. 1998. 한국어도보. 일지사
- 정준. 1993. 한국담수조류도감. 아카데미서적
- 정태현. 1956. 한국식물도감 (상권 목본). 신지사. pp.507.
- 정태현. 1957. 한국식물도감 (하권 초본). 신지사. pp.1025.
- 주흥재, 김성수, 손정달. 1998. 한국의 나비. 교학사
- 최기철, 전상린, 김익수, 손영목. 1990. 원색한국담수어도감. 향문사.
- 한성용. 1998. 한국 수달의 생태에 관한 연구. 박사학위논문. 경남대
- Chae, BY: First Record of Odontobutid fish, *Odontobutis obscura*(Pisces, Gobioidae) from Korea. Jol Ichthyol. vol 11(1), pp. 12-16. 1999. (Korean)
- Cummins K.W., 1962. An evaluation of some techniques for the collection and analysis of benthic samples with special emphasis on lotic waters. *Am. Midl. Nat.*, 67 : 477-504.
- Hubbs, C.L. and K.F. Lagler, 1958. *Fish of the Great Lake region*. Univ. Michigan Press 1. pp. 19-26.
- Margalef, D. R., 1958. Information theory in ecology, *Gen. Syst.* 3: 36-71.
- Ludwig, J. A., Ludwig, James F. Reynolds, 1988. *Statistical Ecology*. John Wiley and sons. Nobuhiko Mizuno & Kyuemon Gose, 1993, 河川の生態學. 築地書館
- Nelson, J. S., 1994. *Fishes of the World*. John Wiley & Sons.

숲 연구소

연락처 :

담 당 :

homepage :

