

제 9 주 골프장 개발이 생태계에 미치는 영향

1. 골프장 건설시 생태계에 미치는 영향

골프장 조성시 벌목이 진행된 후 대규모의 절·성토가 발생하는 지역은 지형의 변화가 심하게 된다. 이러한 경우 일반적으로 표토의 유실로 인한 토사의 영향이 심각하다. 이것은 또한 사면안정성과 연관이 있다. 낙석의 위험과 사면의 유실 가능성도 존재한다. 개발지역 내 원형보존지의 생태계(산림, 담수)는 보존되기 어려우며 거의 수림대의 역할만 한다. 수림이 보존될 경우 활용방안이 필요하다. 토사유출을 대비하여 침사지를 조성하지만 용량이 충분치 않을 경우 토사유출의 영향이 심각할 수 있다. 일반적으로 토사가 유출되면 하천하류의 생태계와 양식장 등에 영향이 있게 마련이다. 붉은 색갈을 띤 물질(산화물질로 추측)이 신규로 준공된 골프장의 성토사면이나 기존 수계로 누출되는 경우가 흔히 있다.

1) 육상생태계 훼손

- 대규모 절·성토(지형변화, 사면침식, 비옥토 유실)에 따른 생태계에 미치는 영향
- 벌목에 따른 식생의 훼손
 - 야생동·식물 서식지 파괴(먹이, 은신처, 물, 활동공간, 생태축 교란 등)

2) 육수생태계 훼손

- 수계차단, 토사유출 등으로 계곡, 하천, 강의 생태계 교란

2. 골프장 운영시 생태계에 미치는 영향

1) 육수생태계에 미치는 영향

현재 대부분의 운영중인 골프장은 집수역을 포함한 수계 위에 건설되었으며 기존의 자연형 수계는 골프장 조성으로 사라졌다. 기존의 수계 대신에 우수배제를 위한 관로가 설치되며 골프장 잔디 위로 떨어지는 모든 빗물은 지하관거 또는 맨암거를 통하여 pond로 유입된다. 따라서 골프장 하류로 흐르는 하천의 물은 골프장의 pond나 골프장의 잔디를 경유하여 배수되므로 하류 하천의 수질과 수량이 골프장의 운영에 의하여 직접적으로 영향을 받는다. 골프장에서 배출되는 오염물질이 많으면 많을수록 하류의 하천생태계에 더

영향을 줄 것이다. 골프장과 인접한 하류의 저서성무척추동물의 종 구성, 우점종, 서식환경이 원래 수계의 생태계와 아주 다른 것은 이러한 이유 때문일 것이다.

가. 개체수현존량의 변화

각 분류군 별로 조사시기에 따라서 개체수현존량이 다소 차이를 보였다. 가장 큰 차이를 보인 분류군은 파리목으로 2002년에 비해 2003년에 높은 개체수현존량을 보였다(권영한 등, 2003). 대부분의 파리류가 유기물에 대한 내성이 강하므로 파리류의 전반적인 증가는 각 정점에서의 유기물의 유입과 연관성이 있을 것이다.

상·하류 및 대조구를 두어 조사한 골프장 C, 골프장 B, 그리고 골프장 A에서의 조사정점 별 개체수현존량을 살펴보면, 상류에 위치한 지점보다 하류에 위치한 지점에서 높은 개체수현존량을 보임을 알 수 있었다(t-test 쌍체비교 단측검정, $t_{2,0.05} = 3.09$, $p < 0.05$). 골프장의 배출구 하류의 출현종들은 유기물 중 특히 FPOM을 처리할 수 있는 수서곤충류(*Baetis fuscatus*, *Tipula* spp., *Chironominae* spp., *Hydropsyche* spp. 등)가 많았으나, 상류에서는 거의 출현하지 않았다.

나. 청정수계지표종과 오염수계지표종의 변화

청정수계지표종이 우점하여 출현하는 정점들은 골프장의 상류나 골프장의 배출수에 의하여 영향을 받지 않는 지역이며, 오염수계지표종이 우점하여 출현하는 정점들은 골프장의 배출수에 의해 영향을 받는 곳이었다. 이러한 현상은 분명히 구분되어 그룹이 가능하였다. 이것은 골프장의 유출수/배출수에 의한 영향이라고 볼 수 있다.

다. 서식지의 변화

상류정점, 하류정점 및 대조정점을 두어 조사한 골프장의 조사결과에 의하면 대체로 하류의 정점에서 유기물오염 내성종이 풍부하게 나타나는 것으로 사료된다. 대조구에 비해서 골프장의 유출수/배출수에 의해서 영향을 받는 수계는 청정수계의 특징이 사라졌다고 볼 수 있다. 이는 골프장을 거쳐 배출되는 배출수에 다량의 유기물이 함유되어 있음을 보여주는 결과이다. 뿐만 아

나라 대부분의 하류정점에는 부착조류가 다량으로 존재한다는 것을 확인하였는데, 이것 역시 인이나 질소 등의 유기물질이 수계 내에 풍부함을 간접적으로 보여주는 결과이다. 이러한 유기물질의 유입이 지속적으로 발생한다면 서식지가 훼손되거나 변화되어 점차 유기물에 대한 내성이 약한 종들은 사라지게 될 것이다. 따라서 현재까지는 내성이 강한 종들과 약한 종들이 공존하는 관계로 상류에 비해 많은 종수가 나타나지만 서서히 내성이 강한 종들만이 생존하는 수계로 변화해 갈 것으로 예상되며, 결국 현재보다 매우 낮은 종 다양성을 보이게 될 것이다.

라. 우점종과 우점도의 변화

전반적으로 골프장 배출수의 영향을 받는 정점들에서는 유기물오염에 내성이 강한 종들이 우점하는 양상을 보이며, 이는 골프장 배출수에 유기물이 많이 포함되어 있음을 보여주는 사례라 하겠다. 유기물 오염의 경우, 서서히 생태계 내의 생물군집의 다양성을 단순화하여 유기물 내성종의 우점을 높이는 결과를 초래하게 된다.

조사정점간의 가장 큰 수환경 차이는 유출수 흔적의 유무였다. 높은 우점도 및 낮은 출현종수 그리고 유기물오염내성종의 우점화현상 등을 보이는 것은 골프장 유출수와 깊은 연관성을 가질 것이라 사료된다. 동일한 수계에 위치하는 정점들은 상하류간의 연관성을 어느 정도는 유지하면서도 인위적 영향에 의한 차이를 보여준다. 상류 정점에서는 열새우류와 갑장하루살이가 각각 제1우점종과 제2우점종으로 조사되었고 하류 정점에서는 유기물오염 내성종인 깔따구류와 청정하천 지표종인 강도래류가 각각 제1우점종과 제2우점종으로 나타났다.

마. 자연성 변화

골프장의 상류나 대조구는 자연성이 높은 반면, 배출수에 영향을 받는 조사정점들의 자연성은 상대적으로 낮은 것으로 조사되었다. 골프장 배출수의 영향으로 오염수계 대조구와 같이 이미 유기물에 심하게 오염된 정점들이거나, 점차 유기물오염이 진행되어가는 수환경임을 보여주는 좋은 예들이다. 이러한 상태가 지속될 경우 유기물오염에 대한 내성이 약한 종이 서서히 그 지역에서 사라지게 되며, 이로 인하여 특정 종의 우점율은 더욱 높아지게 되고 종국에는 매우 낮은 출현종수와 매우 높은 개체수현존량을 보이게 된다.

상기의 여러 부적절한 변화들을 종합해 볼 때 하천생태계는 골프장 배출수에 의해 지속적으로 영향을 받아 유기물에 의한 오염이 진행되었거나, 개선이 요구될 정도로 악화되어 가는 상황에 있음을 알 수 있다. 이는 상류의 청정수계가 골프장을 통과하면서 비료 등 유기물에 의해 오염된 pond의 물이 최종방류구에서 처리 없이 하류 수계로 흐르기 때문이다. 이러한 수계에는 유기물을 좋아하거나 내성인 종들이 다양하게, 높은 밀도로 서식하며 중국에는 원래의 서식환경과는 전혀 다른 서식지로 변화된다.

골프장 내 pond에는 지속적으로 비료성분이 유입될 가능성이 크므로 햇빛과 25도 이상 고온, 그리고 적정량의 인이 존재할 경우 식물생장을 촉진한다. 대부분의 골프장의 경우 코스 잔디에서 배수된 지표수가 pond로 직접 유입될 경우 영양분의 농도가 증가하고 이는 수생식물과 조류의 생장을 과도하게 촉진시킨다. 특히 잔디에 시비된 질소와 인등 영양분이 pond나 수계로 유입될 경우 조류의 생장을 촉진시켜 클로로필 농도가 증가하며 녹조가 발생한다. 이렇게 발생한 녹조는 시각적으로도 바람직하지 않고 산소를 고갈시켜 다른 담수생물에 부정적인 영향을 준다. <표 1>은 비료의 지속적인 사용이 생태계 전반에 영향을 줄 수 있음을 보여 주고 있다.

<표 1> 비료사용이 생태환경에 미치는 가능한 영향들

항목	영향의 내용
식생	지역 고유식물 종들은 고농도의 유기물에 민감할 수 있음
야생동물	서식지 및 수환경이 고농도의 유기물에 의해 쇠퇴할 수 있음
토양	비료의 과다한 사용으로 중금속이 오염될 수 있음
수생태계	유기물이 침출과 run-off에 의해 수계에 축적됨

자료) Australian Golf Union. 1998. Environmental strategy for Australian golf courses.

2) 육상생태계에 미치는 영향

골프장 건설이 주로 산지에서 시행되므로 지형의 개변이 많다. 그에 따라 육상식물상 및 동물상 등 원래의 생태계가 사라진다. 골프장 내에 원형보존지역이 없을 경우 인위적인 잔디 조성관리로 인하여 골프장에 의한 생태계 공동화 현상이 발생하고, 골프장 경계부에는 전에 없던 가장자리 효과(edge effect)가 발생하여 식물 및 동물군의 분포에 변화를 초래하며 침입 식물종들이 생육하여 생태계를 교란할 수도 있다.

골프장이 능선으로 연결된 산지에 밀집하여 분포할 경우 생태계의 단절 및 파편화 현상이 발생할 수 있다. 식생이 연결되지 않을 경우 육상동물의 은신처가 부족하여 동물의 이동이 불가능하므로 제한된 종들만이 번식하여 골프장 내외의 생태계(종 분포, 먹이사슬 등)에 불균형 상태가 발생할 수 있다. 골프장 조성 및 운영에 따라 발생할 수 있는 생태계에 미치는 영향을 구체적으로 살펴보면 아래와 같다.

가. 수림의 제거로 인한 영향

골프장이 산지에 입지할 경우 골프장의 조성을 위해 먼저 수림을 제거(clear-cut)해야 한다. 이와 같은 경우 단순한 벌목이 아니라 뿌리까지 제거해야 한다. 그리고 잔디를 조성하기 위하여 배수 시스템을 포함한 토양을 조성한다. 이러한 과정에서 식물이 생육할 수 있는 토양의 영양분이 제거되고 투수성이 좋은 모래로 대체된다. 때문에 골프장의 토양은 인위적인 control하에 놓이게 된다. 식물이 그러한 환경에서 생육하기 위해서는 외부에서 영양분(비료 등)을 공급해 주어야 한다. 골프장 초기에 비료를 많이 사용하는 이유도 거기에 있다. 이와 같이 골프장은 식생의 기반을 제거하고 거기에 인위적으로 조절되는 잔디를 일률적으로 조성하므로 기존의 생물다양성이 단일 식재를 통하여 사라진다. 수림의 제거에 의한 장기적인 영향은 영양분의 손실, 생물다양성의 저하, 야생생물 서식지의 변화, 장령림의 영구적인 훼손 등을 들 수 있으며, 단기적인 영향으로는 침식, 수계의 수리적 변화, 적절치 못한 수림의 재생, 수림이 제거된 지역의 훼손된 경관 등이 있다.

아울러 골프장 조성에 따라 생태계의 연결성이 교란되거나, 단편화 현상, 공동화 현상, edge effect 등이 발생할 경우 생태계에 건전하지 못한 영향을 주게 된다. edge에는 경쟁력이 강한 양지성 침입종 또는 외래종들이 우점하여 기존의 고유종들의 서식지를 훼손할 수 있으며 이들은 골프코스의 잔디에 침입하여 코스의 quality를 떨어뜨리거나 제초제를 사용하는 사유가 되기도 한다.

나. 곤충상 서식지의 변동

골프장 조성으로 인하여 곤충들이 먹이원으로 이용하는 식물들이 서식환경에서 사라진다. 일부 남겨진 종들만 서식하여 종의 풍부도와 다양도가 낮아진다. 특히 골프장 내 잔디밭과 사면에는 원래의 서식지가 인위적으로 조성

된 지역에 곤충들이 급격히 급감하고 환경 스트레스(농약의 사용, 서식지 훼손, 인위적인 간섭 등)에 내성인 종들만이 서식하여 서식균형을 이루고 있지 않았다. 만일 중요한 종의 서식지가 골프장예정부지에 존재할 경우 원형보존 지역으로 존치하던지 대체서식지를 조성하는 등 대책이 필요하므로 서식지에 대한 영향의 분석은 반드시 요구된다.

골프장내·외, 원형보존지역의 면적에 따라 곤충의 종수에 변동이 있었다. 골프장 경계 밖에서 채집된 곤충 종수가 내부의 종수 보다 많았다(유의성의 정도는 확인 못함). 원형보존지역의 면적이 클수록 종의 많은 경향을 보였으나 개체수에는 상관이 없었다. 제한된 방법으로 시행되었지만 원형보존지역의 서식환경(면적, 모양, 외부와 연계성, 분포 식생 등)에 따라 동물의 서식 생태에 영향을 미칠 수 있음을 알 수 있다.

다. 기타 동물상 개체군의 변화

현재 골프장 내외에는 곤충류를 제외한 동물들의 개체군이 감소되고 이동이 단절되고 있으며 골프장 내에는 의무적인 원형보존면적 확보, 차폐효과, 훼손수목의 등 다양한 식으로 원형보존지역을 설정하고 있다. 그러나 골프장 내에 설정한 원형보존지역이 좁거나 차폐나 녹화를 목적으로 작은 면적을 확보할 경우 생태계의 서식지 유지 및 연결성의 가치가 없을 것이다. 면적이 작을 경우(예를 들면 한 골프코스에서 다음 골프코스가 보이던가, 소리가 통과하여 그대로 들릴 경우 면적이 작다고 볼 수 있음)골프장 이용 및 관리에 따라 인위적인 간섭이 심하여 종의 분포, 번식, 이동, 은신, 공간, 재생 등의 중요한 생태계의 요소들이 제 기능을 발휘하지 못할 것이다. 이러한 경우 서식지의 훼손이나 변화가 발생하여 기존에 서식하던 종들의 서식지는 사라지고 변화에 적응한 종들만 밀도가 늘어나는 등 종의 풍부도와 종의 다양도가 감소할 우려가 있다.

라. 대절토 사면 발생

골프장이 산지에 입지할 경우 시설지구와 도로 등 절토를 유발하는 공사로 인해 대절토가 발생할 수 있다. 현재 대절토 발생을 지양하도록 유도하고 있지만 실제 공사가 진행될 경우 능선의 대절토가 불가피하게 발생하는 경우가 있다. 골프장은 안전과 경관에 관심을 가지고 있지만 발생한 대절토 사면에 대한 복원녹화의 결과는 그다지 양호하지 않다. 10년 이상된 대부분의 골

프장은 대절토 사면에 녹생토 공법을 적용하여 아직도 처음 복원할 당시 초본류가 자라고 있던가, 아니면 침입된 초본류(망초, 달맞이꽃, 덩굴성 초본류, 새 등 사초과 식물 등)만 사면에서 서식하고 있다. 이는 다른 목본류들이 자랄 수 있는 환경이 제공되지 않았기 때문이다. 때문에 지형에 적절한 생태복원이 이루어지지 않을 경우 오랜 기간이 경과하여도 동물의 이동이나 조류의 서식지로서 역할을 할 수 있는 서식공간이 되지 못하며 경관적으로도 바람직하지 못하다.

마. 야간경기의 영향

골프장에 야간경기를 위해 조명을 사용하는 골프장에는 야행성 동물이 접근을 기피할 것이며 불빛을 보고 모여든 많은 곤충 등 야간에 활동하는 생물들의 종이 감소할 것이다. 이러한 경우 원형보존지역을 확보하여 생태계를 유지하려고 시도할지라도 생태계가 제대로 형성될 수 없을 것이다. 야간경기시 사용하는 조명이 생태계에 미치는 영향에 대한 자료가 충분치 않으나 금번 연구결과를 통해 추론해 볼 수 있다. 즉, 조명을 선호하는 곤충의 채집숫자가 적은 반면 먼지벌레 등 야행성의 곤충들이 많이 채집된 것을 통해 그 영향을 추측할 수 있다. 특히 오랜 기간 조명의 영향을 지속적으로 받을 경우 골프장 내외에 분포하는 곤충의 종 구성은 단순해 질 수 있고 곤충의 predator들도 영향을 받아 단순해 질 수 있다. 대부분의 포유들은 야행성이다. 따라서 일정 시간대이지만 조명의 영향을 지속적으로 받을 경우 서식환경이 바뀌고 stress 때문에 다른 지역으로 이주할 가능성이 높다. 실제 골프장 주변에는 포유류의 흔적과 배설물들이 적다. 다만 다람쥐, 청설모 등 stress성 환경에 적응된 종류들만 관찰될 뿐이다. 조명에 의해 골프장 주변이 오랜 기간동안 지속적으로 영향을 받을 경우 생태계의 구조가 변할 수 있기 때문이다.