

〈증설〉

## 골프장 건설시 생태계에 미치는 영향 분석

권영한\* · 노태호

한국환경정책·평가연구원

### Analysis of Effects on Ecosystem for Golf Course Construction

Young H. Kwon, Tae Ho Ro

Korea Environment Institute

#### 서론

##### 연구의 배경

골프는 아직 대중화가 안된 레저운동이지만 최근 골프를 즐기는 인구수가 늘어 골프시설을 확충할 필요가 있다는 주장이 대두되고 있다. 골프장은 문화관광부의 체시법 제2조에 의하면 등록 신고 체육시설로 규정되어 있으며, 전국 등록 신고 체육시설 면적 중 83%를 차지하고 있어 1인당 차지하는 면적이 가장 넓은 시설이다. 2003. 6월 현재 골프장수 또는 예정부지는, 운영중인 골프장수가 165개소, 환경영향평가 협의 후 공사 중이거나 미착공한 골프장수가 96개소, 2003년 6월 현재 평가(검토) 진행 중인 골프장수가 22개소 등 총 283개소이다.

우리나라의 토지는 산지가 약 67% 차지하고 있으며 농경지 개발이 제한되어 골프장 입지로써 산지를 선택해 왔다. 그러나 국내의 지형특성상 산지에서 골프장 공사는 과도한 지형훼손

을 유발하며 동식물의 서식지 훼손뿐 아니라 골프장 조성으로 인하여 발생하는 모든 영향이 수계의 생태계에 집중되는 것이다. 특히 일반사람들은 골프장 건설시 하류 하천의 생태계를 오염시킨다는 비난과 논란이 있어 왔으나 그에 대한 구체적인 증거를 제시하는 경우가 드물다.

##### 연구의 목적

본 연구의 목적은 1) 기 협의된 골프장사업의 환경영향평가서 검토의견을 토대로 골프장 조성시 생태계의 영향을 분석·평가하고 고려해야 할 내용을 도출하며, 2) 협의된 2개 사업의 환경영향평가서의 동식물상 협의의견과 저감대책이 건설 완료된 현장에서 제대로 반영되었는지 여부를 확인하여 골프장 건설시 영향을 파악하고, 3) 운영 중에 있는 골프장 주변 하천의 지표종인 저서성무척추동물상의 변화를 조사하였다. 즉, 골프장 배출수가 저서동물에 미치는 영향을 분석하였다.

※본 초록은 “골프장 운영시 생태계에 미치는 영향 분석, 2003, KEI”에서 일부 발췌하였음

\*Corresponding author. Tel : 02-380-7660

E-mail : yhkwon@kei.re.kr

## 연구 방법

### 환경영향평가서 검토의견 분석 및 현장확인조사

현재까지 협의된 골프장 조성사업 중 일부를 선정하여 환경영향평가서의 생태계의 보완의견 내용을 토대로 골프장 건설시 중요한 입지상 문제점과 저감대책 수립시 문제점 등을 분석하였다.

기 협의된 사업 중 환경영향평가서가 3차 보완서까지 작성되었던 사업을 선정하여 보완검토내용과 협의내용을 정리·분석하였으며, 저감대책과 보호대책에서 검토된 문제점을 토대로 골프장 조성시 고려할 사항들을 제시하였다.

기 협의된 사업 중 현재 사업이 마무리되었거나 건설 중인 2개 사업을 선정하여 협의시의 의견과 저감대책이 제대로 건설에 반영되었는지 여부를 현장조사를 통하여 확인하였다.

### 저서성 무척추동물 현지조사

#### 조사대상 골프장

기 운영중인 골프장 8곳을 선정하여 생태계에 미치는 영향을 확인하기 위하여 수환경 변화 및 수질의 지표성이 뛰어난 저서성 대형무척추동물상을 조사 분석하였다. 선정 기준은 골프장으로부터의 배출수가 다른 오수에 영향을 받는지 여부와 자연상태의 대조구(control)의 존재 여부가 최우선으로 고려되었으며 운영기간, 농약사용량, 위치 등 여타 요인들을 고려하여 선정하였다(그림 1).

#### 조사지점 및 방법

수서곤충류를 비롯한 대부분의 저서성 대형무척추동물은 태어나서 재생산 활동을 시작하기까지 대략 1년의 기간이 요구된다. 따라서 저서성 대형무척추동물의 군집분석이나 이들을

이용한 생물모니터링은 최소한 1년을 단위로 계절별 또는 월별로 조사를 수행하는 것이 바람직하다. 그러나 우리나라처럼 여름에 강우가 집중되고 겨울에 하천이 결빙되는 기후적 조건에서는 생물들의 활동시기를 고려하여 생물상 조사를 수행하는 것이 불가피하다. 생물상의 정확한 파악을 위해서는 일반적으로 각 개체군이 충분히 성숙하여 우화하기 직전 또는 우화중인 4-6월경이나 우기가 지나고 새로 생산된 개체들이 어느 정도 자라 종동정이 가능해지는 시기인 9-11월경에 조사하는 것이 효과적이다. 본 조사는 이러한 점을 참작하여

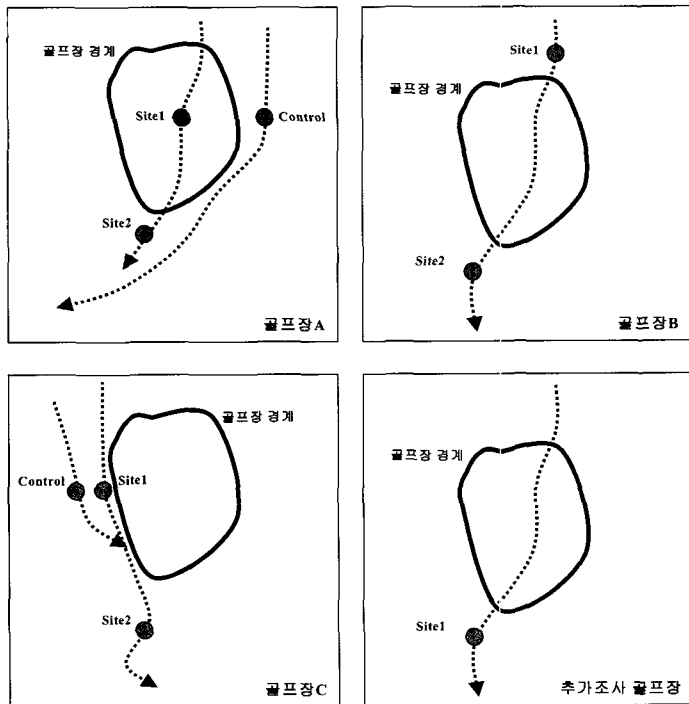


그림 1. 골프장별 조사정점(지점)의 위치 개념도  
(실선: 골프장의 외곽 경계, 점선 및 화살표: 계류 및 유하방향)

표 1. 저서성대형무척추동물의 조사지점 개황

주요항목	골프장A	골프장B	골프장C	골프장D	골프장E	골프장F	골프장G	골프장H
형태	회원제	회원제	회원제	회원제	회원제	회원제	회원제	회원제
소재지	경기 남부	경기 중부	경기 북부	경기 중부	경기 중부	경기 북부	경기 남부	경기 남부
홀수	18	18	27	18	36	18	36	36
운영기간	10년 이하	10년 이하	10-20년	30년 이상	30년 이상	10년 이하	10-20년	10-20년
면적 (㎡)	130만	98만	150만	86만	140만	84만	260만	128만
2002년화학물질 사용량(Kg/ha)	5	22	16	23	29	17	28	26
사용화학물질수	21	12	7	23	25	7	5	20
내부수계 포함 여부 (O, X)	O	O	O	O	O	O	O	O
외곽 수계존재 여부 (O, X)	O	O	O	O	O	O	O	O
유출수량	보통	풍부	적음	적음	적음	보통	적음	보통
분류수량	보통	풍부	적음	적음	보통	보통	보통	보통
수계의 타 교란인자	없음	없음	없음	없음	없음	없음	없음	없음

우기에 접어들기 전인 2003년 5월 20일과 21일과 2002년 10월 중순 2회에 걸쳐 수행되었다. 조사지점의 개황은 표 1에 나타나 있다. 대조구는 고도, 수계의 규모 및 물리적 구조의 유사성을 최대 고려하였으며, 비교의 객관성 확보를 최우선 조건으로 하여 선정하였다. 시료 채취는 정량적인 분석과 정성적인 분석을 위하여 2가지 방법을 사용하였다. 정밀한 표본획득을 위해 다양한 미소 서식지를 최대한 포함시켰으며, 종 다양성 분석을 위한 충분한 자료를 확보한 것으로 사료된다. 각 조사지점에서의 담수 대형무척추동물의 정량적 채집은 Surber net(30×30cm, 망목 0.5mm)로 지점별 유수생태계의 특성을 가급적 가장 잘 나타내는 곳, 즉 유속이 빠른 곳(riffle)과 보통인 곳(run)을 선정하여 총 2회 정량채집을 하였다. 정성적 채집은 hand scoop(지름 17.8cm, 망목 1mm)를 사용하여 가능한 모든 미소서식처에서 실시하였다. 채집된 대형무척추동물은 Kahle's 용액에 고정하여 2-3일후 80% ethanol에 옮겨 보존하였으며 종의 동정은 기존의 검색표

(McCafferty, 1981; Kawai, 1985; 윤, 1988; 윤, 1995; Merrit and Cummins, 1996)를 이용하였고, 파리류 중 Chironomidae의 경우는 Wiederholm(1983)을 참고하여 체장, 체색, ventral tubles의 유무 및 강도의 형태 등 외부 형태적 특징을 고려하여 임의로 아과 수준까지 동정하였다.

### 결과 및 고찰

#### 골프장 건설에 따른 생태계 영향

##### 평가서 분석 사례

골프장 조성시 생태계 영향을 분석하기 위해 5개 기 협의된 사업의 환경영향평가서(3차 보완서가 제출된 사업) 보완의견을 분석하였다. 동·식물상 세부내용이 보완이 진행되는 과정에서 의견이 반영되었거나 3차 보완서가 작성되는 원인이 되기도 하여 검토의견의 내용과 같은 영향을 중심으로 골프장 조성에 따른 문제점을 파악할 수 있다.

표 2에서 제시된 총 보완의견 수는 97개였으

표 2. 협의된 골프장 사업의 환경영향평가서 보완검토의견 분석

항목	세부내용	A	A'	B	B'	C	C'	D	D'	E	E'	계	
지형·지질	현황조사	○		○		○		○		○	○'	7	
	사면발생(절성토고) 최소화			○	◎	○		○	◎	○	◎'	8	
	사면안정대책	○		◎				○				3	
동·식물	현황조사	○	◎'	○	◎'	○	◎	○		○	◎'	12	
	양호한 수림 보존(녹지8등급 등)			○	◎		◎	○				5	
	훼손수목의 최소화(이식 등)	○		○	◎	○		○		○	○'	9	
	보호수의 보호대책							○	◎'			3	
	보호동물의 보호대책	○	◎'		◎							4	
	생태축(통로) 보존대책					○	◎'					3	
	서식지훼손 최소화		◎'				◎'					4	
	담수생태계 영향 저감대책					○	◎'					3	
수리·수문	저류지(재해방지용, 재활용) 계획					○	◎	○				3	
	홍수시 유출증가로 인한 영향					○		○				2	
	지하수 공급계획 및 영향예측	○	◎			○		○	◎	○	◎	7	
	수용하천 및 주변지역에 영향					○	◎					2	
	용수공급계획					○	◎		◎'			4	
수질	지표수 수질현황									○		1	
	토사농도, 오수발생량 등							○	◎			2	
	비료, 농약 사용량 추정	○		○		○	◎	○		○		6	
	비료, 농약의 영향 저감방안			○		○	◎	○		○	◎	6	
	토사유출 저감대책	○				○	◎					3	
계			8	7	8	8	15	16	12	5	8	10	97

○: 1차 보완검토의견, ◎: 2차 보완검토의견, ○': 3차 보완검토의견, □: 협의의견  
 알파벳은 골프장을 나타냄, 숫자는 의견의 개수를 나타냄, ( )의 숫자는 %를 나타냄

며, 항목별로 동·식물의견의 횟수 43회(46%)였으며 1차보완의견이 제시된 총 횟수는 18회, 2차보완의견은 13회, 3차보완의견은 12회가 제시되었다. 내용별로는 현황조사에 대한 의견이 가장 많았는데 의견의 반영률이 낮은 것을 나타내고 있고 다음으로 훼손수목의 저감에 대한 의견이었다. 골프장사업별로는 A골프장에 대한 의견은 9회, B골프장은 10회, C골프장은 15회,

D골프장은 3회, E골프장은 6회로 골프장 사업별로 차이가 있었다. 표에서 나타나듯이 골프장 조성시 환경에 영향을 가장 많이 주는 요인(중점항목)이 생태계와, 지형·지질, 수리·수문, 수질 등 자연환경과 관련된 항목이라고 말할 수 있다.

골프장 조성시 생태계 측면에서 고려할 사항은 표 3과 같다.

표 3. 골프장 조성시 생태계 측면에서 고려할 중점 사항

항목	고려할 사항
동·식물	양호한 수림 보존(녹지자연도 8등급의 훼손 등), 코스간 자연식생 보존
	훼손수목의 최소화(이식 등), 조경계획에 이식수목 최대한 사용
	보호수의 보호대책, 수관폭 보다 더 이격하여야 함
	법적보호동물의 보호대책(동물의 서식지 주변은 원형보존)
	생태축(통로) 보존대책 (골프장 경계가 생태축에서 충분히 이격되도록 수림대를 원형보존)
	서식지훼손 최소화(도래지, 집단 서식지는 최대한 보존)
담수생태계 영향 저감대책(공사시 buffer zone 설치, 토사유출 저감대책, 골프장에서 발생하는 오염물질이 외부 수계로 유출되지 않도록 배수관거를 철저히 분리하여 시공)	

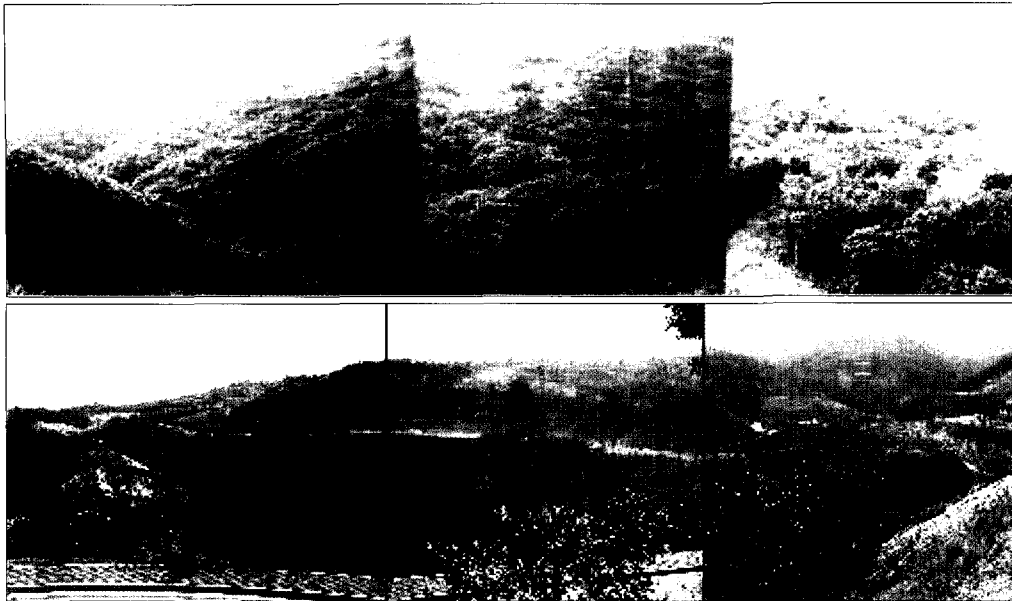


그림 2. 골프장 건설 전·후의 모습

골프장 건설시 지형변화와 식생의 훼손은 상당히 심하다. 골프장 건설전과 후를 비교해 본 결과 기존의 지형은 절·성토로 인하여 크게 변화된 상태이며 규모도 30m 이상 되는 곳도 있다(그림 2). 급경사를 이루고 있는 계곡의 형태는 성토로 인하여 변화되었으며 계곡의 생태계는 원형보존이 거의 불가능하므로 일부 식생만 존치되는 등 코스 조성으로 인하여 자연환경은 완전히 사라졌다. 골프장 조성시 자연환경에 대한 영향의 심각성 정도와 보존여부는 입지선정 단계에서 신중히 검토할 필요가 있다.

#### 골프장 운영시 생태계에 미치는 영향

운영시 골프장은 인위적으로 관리된 상태를 유지하기 때문에 자연상태의 생물들이 이용하기에는 부적절한 환경이다. 즉 골프장 주변에 펜스가 쳐 있을 경우 동물들의 이동이 단절될 수 있고, 펜스가 없더라도 골프장은 동물들이 이용하기에 자연스럽지 못한 환경이다. 골프장 내에 보존림이 존재할 지라도 인위적인 교란이

이루어져 동물들이 서식하기에 적절하지 못할 수 있다. 조류의 경우 이동의 기착지로서 보존림을 이용할 수 있지만 서식지로서 적절하지 않은 듯 하다. 왜냐하면 잔디와 수목에 살충제를 사용할 경우 조류의 먹이가 되는 곤충류들이 다양하게 서식하지 못하기 때문일 것이다. 또한 양서·파충류는 기피동물로서 출현시 제거되거나 격리되어 이들의 서식이 거의 불가능하다. 골프장내 pond는 농약과 비료가 섞인 초기 우수가 유입되는 곳이므로 그런 환경에서 생존할 수 있는 생물만이 서식할 수 있다. 최종 방류가 되는 하천의 경우 저서성무척추동물의 조사결과에서와 같이 생물상에 지속적인 영향을 주고 있다.

#### 저서성무척추동물의 군집에 미치는 영향

##### 출현분류군에 따른 군집의 유형

본 조사를 통하여 살펴본 골프장과 관련된 수계에서 출현한 저서성 대형무척추동물의 종수는 골프장에 따라 작게는 8종에서 많게는 59종

표 4. 정량자료를 근거로 한 골프장별 출현종수의 조사시기에 따른 차이

	A1	A2	Ac	B1	B2	C1	C2	Cc	
출현 종수	2002 2003	27 31	35 43	28 32	30 32	28 38	1 12	41 33	31 28
총출현종수		43	52	51	43	53	12	49	42
공통출현종수		15	28	18	19	23	1	25	17
우기후 출현종수에 대한 공통출현종수 비율		56%	80%	64%	63%	82%	100%	60%	55%
공통출현종 중 특성군 I에 속하는 종수		5	18	9	10	13	1	11	10
공통출현종 중 특성군 II에 속하는 종수		5	4	2	5	4		9	3
공통출현종 중 특성군 III에 속하는 종수		3	4	4	2	2		4	3

\* (공통출현종수/우기 직후 출현종수)×100

으로 큰 차이를 보였다. 각 골프장 별로 출현분류군수를 살펴보면, 골프장 D에서는 2문 2강 2문 8과 15종이, 골프장 E에서는 3문 4강 5목 9과 13종이, 골프장 F에서 4문 5강 7목 12과, 17종이, 골프장 C에서 3문 4강 8목 26과 55종이, 골프장 B에서 4문 5강 11목 34과 58종이, 골프장 A에서 3문 4강 10목 30과 63종이, 골프장 G에서 4문 5강 12목 25과 34종이, 그리고 골프장 H에서 4문 4강 11목 14과 27종이 각각 출현하였다.

본 조사대상 중 선행연구에 대상이 되었던 곳은 모두 3곳으로 골프장 A, 골프장 B, 그리고 골프장 C이었다. 이들 중 골프장 C를 제외한 나머지 정점에서는 전반적으로 2002년 10월 조사보다 이번 조사에서 더 많은 종이 출현하였다(표 4). 골프장 C의 경우에는 C1에서만 출현종수의 증가가 나타났을 뿐 나머지 두 정점에서는 다소 감소한 양상을 보였다. 일반적으로 하천생태계의 경우에는 저서성 대형물척추동물 군집의 형성에 있어 drift 현상이 큰 역할을 한다. 우리나라의 경우, drift 현상은 우기를 통하여 집중적으로 발생하며 우기가 끝남에 따라 상류에서 drift한 개체들이 서서히 정착단계를 거치기 시작한다. 정착단계가 진행됨에 따라 출

현종수는 서서히 증가하게 되며 대체로 다음 우기 직전에 높은 출현종수를 보이는 경향이 있다. 따라서 우기가 끝난 직후와 우기 전의 생물상에는 출현종수에 있어서 다소의 차이가 발생한다. 이러한 점은 본 결과에서도 잘 나타났다. 두 조사시기의 출현종을 분류학적 측면에서 살펴본 결과, 전체 출현종 중 지난 조사와 이번 조사에서 공통적으로 출현한 종의 비율은 8-54%의 범위를 보였다. 이 중 최소치를 보인 C1의 결과를 제외하면 35-54%의 범위로 공통출현종의 비율이 높아졌다. 그리고 10월 출현종 중 금번 조사에서 출현한 종의 비율을 살펴보면, 55-100%의 높은 비율을 보임을 알 수 있었다. 이는 우기가 지난 후 대부분의 종이 성공적으로 회복하여 우화하기 전까지 서식함을 보여주며, 각 정점의 수환경이 비교적 안정된 상태를 나타내는 결과이다.

각 조사정점별 출현종수를 살펴보면(표 5), D에서 총 15종이 출현하였으며, 이중 7종이 정량조사를 통하여 채집되었으며, 나머지 8종은 정성조사를 통하여 채집되었다. E에서는 총 14종이 출현하였으며 정량조사에서는 13종이 확인되었으며 정성조사에서만 출현한 종은 또아리물달팽이 단 1종이었다. F에서는 총 17종이

표 5. 골프장별 분류군에 따른 출현종수

	D	E	F	C	B	A	G	H
곤충류외	1	6	5	3	7	4	6	5
하루살이목	3	-	3	19	13	18	6	3
잠자리목	-	-	-	-	-	1	-	1
강도래목	-	-	-	5	7	6	2	1
뱀잠자리목	-	-	-	-	-	1	1	1
딱정벌레목	1	2	-	1	2	5	2	1
파리목	9	6	6	15	14	11	8	7
날도래목	1	-	3	12	15	17	9	8
총출현종수	15	14	17	55	58	63	34	27

출현하였으며, 정량조사에 의하여 12종이 확인되었고 정성조사에서만 출현한 종은 5종이었다. C1에서 출현한 종수는 총 13종이었으며, 이들은 모두 정량조사를 통하여 확인되었다. C2에서는 총 33종이 출현하였으며, 이 중에서 30종이 정량조사에서 확인되었고 나머지 3종은 정성조사에서만 출현하였다. Cc에서는 총 28종이 출현하였으며, 정량조사에서 확인된 종수는 21종이었고, 정성조사에서만 출현한 종은 총 7종이었다. B1에서 출현한 총종수는 32종이었으며, 정량조사에서 확인된 종은 23종이었고 나머지 9종은 정성조사에서만 출현하였다. B2에서는 총 38종이 출현하였으며, 정량조사에서는 31종이 출현하였고 정성조사에서만 확인된 종은 7종이었다. A1에서는 31종이었으며, 정량조사에서 확인된 종수는 26종이었고 정성조사에서만 확인된 종수는 5종이었다. A2에서는 총 43종이 출현하였으며, 이중 정량조사에서 확인된 종이 39종이었고 정성조사에서만 확인된 종은 4종이었다. Ac에서는 총 34종이 확인되었으며, 정량조사에서는 31종이 확인되었고 정성조사에서만 출현한 종은 3종이었다. G에서는 총 33종이 출현하였고, 이중 29종은 정량조사에서 확인되었고 나머지 4종은 정성조사에서만 확인되었다. H에서 출현한 총 종수는 27종이었으며, 정량조사에서 출현한 종은 총 26종이었고 정성조사에서만 출현한 종은 1종이었다.

군집지수분석

우점도 이외에 저서성 대형무척추동물 군집 분석에 흔히 이용되는 군집지수로 종다양도지수, 풍부도지수, 및 균등도지수 등이 있다. 이들은 생물군집의 다양성의 척도로서 개발된 것으로 서로간의 단점을 보완하고 있다. 본 조사를 통하여 산출된 종다양도지수는 1.31에서 3.68까지의 범위를 보였다(표 6). 일반적으로 종다양도가 다소 낮은 것으로 판단되는 종다양도 2.00 이하인 정점은 총 2개 지점으로 정점 D과 F이 포함되었다. 종다양도가 양호한 것으로 판단되는 2.00-3.00의 범위에 속하는 정점은 총 4개 정점으로 C1, C2, G, 그리고 H이 해당되었다. 나머지 7개 정점들은 모두 종다양도지수가 3.00 이상의 수치를 보여 종다양성 측면에서 매우 양호한 것으로 나타났다. 풍부도지수는 1.27에서 4.88까지의 범위를 보였다. 대부분의 정점이 4.00 이상의 수치를 보여 풍부한 종과 개체수현존량을 보인 것으로 나타났다. 종풍부도가 매우 낮은 것으로 판단되는 정점은 D과 F로서 두 정점 모두 2.00이하의 수치를 기록하였다. 균등도지수는 0.53에서 1.23까지의 범위를 보였다. 각 종의 개체수현존량에 있어 가장

표 6. 각 조사정점에서 도출된 군집지수

정점	종다양도 Shannon's H'	풍부도 Margalef's R1	균등도 Pielou's J'
D	1.94	1.27	1.00
E	3.05	2.73	1.23
F	1.31	1.90	0.53
C1	2.13	2.48	0.85
C2	2.98	4.21	0.88
Cc	3.11	4.04	1.02
B1	3.41	4.08	1.09
B2	3.68	4.18	1.07
A1	3.13	4.88	0.96
A2	3.40	4.85	0.93
Ac	3.65	4.79	1.06
G	2.36	4.19	0.71
H	2.54	2.69	0.94

불균형을 보인 정점은 F로서 0.53의 낮은 수치를 보였다. E, Cc, B1, B2, 그리고 Ac 등은 1.00 이상의 균등도를 보여 다른 정점들에 비해 높은 수치를 보였다.

이 세가지 지수를 종합하여 각 정점을 살펴보면, 정점 F이 종다양도와 균등도에서 가장 낮은 수치를 보임을 알 수 있었다. 이는 본 정점의 출현종수가 적은 편(17종)이며, 다양도는 높은 편이었다는 전술한 결과와 부합하고 있다. D은 풍부도의 측면에서 가장 낮은 수치를 보였는데, 이는 총출현종수는 15종이지만 정량채집을 통하여 출현한 종이 7종에 불과하고 이 중에서 실지렁이류와 깔따구류 두 종이 매우 높은 개체수현존량을 보였다는 점에 큰 영향을 받은 것으로 사료된다. 각 군집지수의 최고치는 각각 다른 정점에서 나타났다. 종다양도는 B2에서 3.68로 최고치를 나타내었고, 풍부도는 A1에서 4.88로, 그리고 균등도지수는 E에서 1.23의 수치로 최고치를 보였다. 이는 이미 전술한 분석내용(본 정점에서 출현한 소수의 출현종들은 전반적으로 낮은 개체수현존량을 보이며, 각 종간에 개체수현존량의 차이가 적은 편이다)과 잘 부합하는 결과라고 판단된다.

#### 군집의 우점종 및 우점도 비교

출현종의 생태적 기능을 파악한 상태에서 각 정점의 우점종 및 우점도를 산출하면 그 정점의 수환경이 갖는 미소서식처의 다양성 및 건전성을 추정할 수 있다. 본 조사의 대상 정점들의 우점종은 유기물 오염에 내성이 있는 종에서 청정하천의 지표종까지 각 정점에 따라 다양하였으며, 우점도지수는 0.29에서 0.87의 범위를 보였다. 가장 높은 우점도를 보인 곳은 F로서 0.87의 수치를 보였고 다음으로 D이 0.76, C1과 G이 0.71, H이 0.62, C2가 0.58, A1이 0.54, Cc가 0.52, E과 A2가 0.50, B1이 0.46, Ac가 0.35, 그리고 B2가 0.29로서 가장 낮은 우점도를 보였다(표 7). 전반적으로 골프장 배출수의 영향을 받는 정점들에서는 유기물 오염에 내성이 강한 종들이 우점하는 양상을 보였으며, 이는 골프장 배출수에 유기물이 많이 포함되어 있음을 보여주는 결과라 하겠다. 유기물 오염의 경우, 다른 무기물이나 화학적 오염에 비해 효과가 빠르게 나타나지는 않지만 서서히 생태계 내의 생물군집의 다양성을 단순화하여 유기물 내성종의 우점을 높이는 결과를 초래하게 된다.

표 7. 각 정점에서의 우점종과 우점도지수

정점	제1우점종	제2우점종	우점도 지수
D	<i>Limnodrilus gotoi</i>	<i>Chironominae sp.1</i>	0.76
E	<i>Chironominae sp.6</i>	<i>Chironominae sp.1</i>	0.50
F	<i>Baetis fuscatus</i>	<i>Tanypodinae sp.</i>	0.87
C1	<i>Nemoura KUa</i>	<i>Chironominae sp.1</i>	0.71
C2	<i>Chironominae sp.1</i>	<i>Tanypodinae sp.</i>	0.58
Cc	<i>Gammarus sp.</i>	<i>Nigrobaetis bacillus</i>	0.52
B1	<i>Ecdyonurus kibunensis</i>	<i>Gammarus sp.</i>	0.46
B2	<i>Antocha KUa</i>	<i>Chironominae sp.1</i>	0.29
A1	<i>Gammarus sp.</i>	<i>Nigrobaetis bacillus</i>	0.54
A2	<i>Chironominae sp.1</i>	<i>Nemoura KUb</i>	0.50
Ac	<i>Nigrobaetis bacillus</i>	<i>Chironominae sp.1</i>	0.35
G	<i>Limnodrilus gotoi</i>	<i>Tanypodinae sp.</i>	0.71
H	<i>Baetis fuscatus</i>	<i>Hydropsyche kozhantschikovi</i>	0.62



고도에 따른 부착조류량의 변화

고도에 따른 각 정점의 위치와 부착조류량을 분석한 결과, 고도가 높은 정점에서 부착조류의 양이 적은 반면 고도가 낮은 정점에서 부착조류가 많은 것으로 나타났다(그림 3). 고도를 기준으로 각 정점을 구분하면 크게 3개 그룹으로 구분된다. C1, Cc, A1, B1, 그리고 C2 등은 고도 200m 이상에 위치한 정점이었으며, Ac, A2, B2, 그리고 G 등은 고도 100-200m의 범위를 보였으며, 마지막으로 H, F, D, 그리고 E 등은 고도 100m 이하에 위치한 정점이었다. 이들 지점에서 부착조류량을 단순화하여 비교하면 높은 고도에 위치한 5개 정점 중 1개 정점(A1)에서만 부착조류가 약간 출현하였고, 나머지 정점에서는 보이지 않았다. 반면에 저고도의 정점들에서는 4개 정점 모두 부착조류가 출현하였고 그 중 3개 정점에선 상당히 많은 양의 부착조류가 관찰되었다. 중간 고도에 속하는 정점들에서는 부착조류가 나타나지 않는 정점이 한 군데(Ac)가 있었고 나머지 정점에서는 많은 양의 부착조류가 관찰되었다. 정점의 고도에 따른 위치에 따라 부착조류에 있어 분명한 차이가 있음을 잘 보여주는 결과라 하겠다. 이들 정점들이 모두 동일한 수계에 위치한다고 가정한다면, 이러한 양상은 매우 자연스러운 양상이라 하겠다. 자연하천에서도 하류로 진행함에 따라 생물에 의해 쉽게 이용될 수 있는 유기물의 양은 서서히 증가하게 된다. 자연하천에서 관찰되는 중·하류에서의 부착조류량의 증가는 이를 대변하는 결과인데, 본 조사정점간의 관계에서도 이러한 양상이 보인다는 점은 매우 흥미롭다. 따라서 이러한 양상을 정량적으로 조사·분석한다면 각 정점에 대한 유기물오염 정도를 보다 정확하게 판단할 수 있을 것이다. 즉, 자연성이 높은 하천을 대조구로 선정하여 부착조류량의 고도에 따라 측정을 하고 본 조사정점을 대상으로 부착조류에 대한 정량조사를 실시

한다면, 유사한 고도에서 자연하천과 각 조사정점간의 직접적인 비교가 가능하며 이를 통하여 보다 정밀한 결과를 산출할 수 있을 것이다.

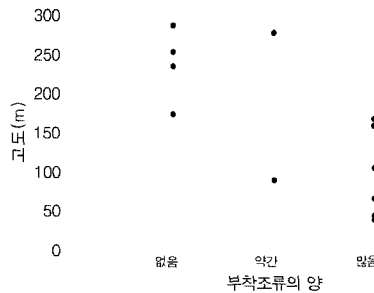


그림 3. 각 정점의 고도 및 부착조류량

결론

골프장 건설시 영향 및 대책

- 가. 골프장 조성시 벌목이 진행된 후 대규모의 절·성토가 발생하는 지역은 지형의 변화가 심하게 된다. 이것은 사면안정성과 토사 유출과 연관이 있다.
- 나. 개발지역 내 원형보존지의 생태계(산림, 담수)는 보존되기 어렵다.
- 다. 토사유출을 대비하여 침사지 조성시 용량이 충분치 않을 경우 토사유출의 영향이 심각할 수 있다.
- 라. 신규로 준공된 골프장의 성토사면이나 기존 수계로 생태계에 영향을 미치는 누출수가 배출될 수 있다.
- 마. 사면 발생지역의 자연수림을 최대한 이용하고 대규모 절·성토를 줄이도록 설계·시공한다. 장마전 혹은 폭우전에 잔디의 식재를 마무리하고 사면의 표토가 유실되지 않도록 구배를 완화하는 등 대책을 강구하며 맹암거 등을 설치한다. 코스내 원형보존지역이 생태계를 유지하는 수림대로 이용될 수 있

도록 시공한다. 가급적 많은 수목을 이식한다. 하류 하천의 생태계가 유지되기 위해서는 계곡수의 공급이 유지되어야 한다. 게릴라성 폭우를 대비하여 충분한 면적의 침사지가 필요하며 다단계 등으로 설치한다. 담수생태계(서식지)는 미소립자의 오타물질에 의해 파괴되므로 토사(미립자)의 유출을 최대한 줄여야 한다. 골프장으로부터 배출되는 오염물질은 하천생태계에 위해하므로 원인을 찾아 수계로 유출되지 않도록 하여야 한다.

**조사점점의 수환경 자연성 평가**

앞선 그림 2에서 청정하천지표종과 오염내성종의 군집 내 종수 비율을 이용하여 조사점들이 크게 3가지의 그룹으로 구분됨을 살펴본다. 그리고 이로써 각 그룹에 속한 점점의 수환경과 군집특성을 간단히 알아보았는데, 여기에서는 보다 세밀한 분석을 통하여 각 점점의 자연성 평가 및 결론을 도출하고자 한다. 이를 위하여 정량조사에서 출현한 종수 및 개체수, 생물지수, 종다양도지수, 우점도지수, 풍부도지수, 균등도지수, 그리고 자연하천의 지표인 EPT 그룹(하루살이, 강도래 그리고 날도래)의 군집에서의 출현종수 및 개체수현존량 비율 등을 기초 자료로 각 지점간의 상관계수를 산출하고 이를 근거로 점점간의 유사성을 분석하였다. 분석결과의 명확성을 위하여 자연하천의 기준으로서 강원도에 위치하는 방태천을 선정하였고 인위적 영향을 많이 받는 하천의 기준으로 경기도에 위치하는 경안천을 각각 대조구로 이용하여 각 점점에서의 자료와 함께 분석하였다. 골프장 인근 지역은 이미 인위적인 영향을 다소 받는 지역이므로 대표적인 청정하천인 방태천의 상류를 기준으로 하면 비교가 어려우므로 방태천 대조구 자료는 비교적 마을 등이 위치한 점점에서 조사한 자료를 이용하였다. 경안

천의 경우도 하류 점점의 결과가 본 조사의 결과에 비해 너무 많은 차이를 보이는 바 상류 점점의 자료를 대조구 자료로서 활용하였다.

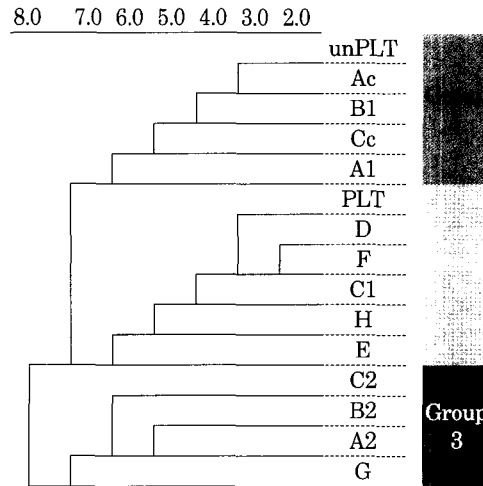


그림 4. 상관계수를 이용한 각 점점의 그룹화 (unPLT: 청정하천대조구, PLT: 오염하천대조구)

유사도를 분석하여 집피분석을 시행한 결과, 본 조사의 점점은 하천의 자연성에 따라 크게 3가지 그룹으로 구분되었다(그림 4). 제1그룹은 청정하천 대조구인 방태천 점점, 점점 Ac, B1, Cc, 그리고 A1 등으로 형성되었다. 우점종으로 나타난 하루살이류는 전형적인 계류형이거나 제한된 미소서식처에서 출현하는 종으로 이들의 출현은 본 점점들에서 청정 계류의 자연성이 유지되고 있으며, 다양한 미소서식처를 보유하고 있음을 잘 보여주는 결과이다.

제2그룹은 인위적 교란을 받는 하천 대조구인 경안천 점점, D, F, C1, H 그리고 E이 형성하였다. 이들 점점은 무엇보다도 전체 점점의 평균에 훨씬 못미치는 출현종수(정량자료:12-17종, 정성 및 정성자료:13-27종)가 특징적이었다. 우점종의 경우는 점점 H에서 제2우점종으로 출현한 줄날도래류(Hydropsyche koshzntschikovi)와 C1에서 제1우점종으로 출

현한 강도래류(Nemoura KUa)를 제외하면 모두 유기물오염에 대한 내성이 강한 실지렁이류, 개똥하루살이, 각다귀류, 그리고 깔따구류였다.

제3그룹은 C2, B2, A2, 그리고 G로 형성되었다. 이들은 자연하천 대조구 및 오염하천 대조구와 큰 연관성을 보이지 않는 그룹이었다. 이들 정점들은 공통적으로 많은 출현종수(정량자료: 28-39종, 정량 및 정성자료: 33-43종)와 매우 높은 개체수현존량(3502.8-14011.2개체/m)을 보였다. 우점종은 정점 A2에서 제2우점종으로 나타난 강도래류(Nemoura KUb)를 제외하면 실지렁이류 그리고 깔따구류 등 모두 유기물오염 내성종이었다.

**수질분석**

**수질조사지점 및 분석방법**

조사지점은 저서성무척추동물의 조사지점과 동일하며, 조사방법은 수질조사의 기본항목(BOD, COD, TN, TP, SS 등)을 분석하기 위하여 적절한 량의 시료를 플라스틱병에 채취하였으며 시료의 분석은 수질오염공정시험방법

(환경부, 2000)을 따랐다.

그림 5의 하천들은 골프장 방류구 조사지점으로 원래 상류의 계류로서 청정지역이었으나 골프장에서 유출된 오염물질로 인하여 계류의 하상이 유기물(부착조류)로 덮혀 하천의 생물 서식공간을 훼손되어 있다.



그림 5. 골프장 F의 방류구 조사지점(대부분 골프장 방류구의 유기물(부착조류) 퇴적이 그림과 유사함)

**저서성무척추동물 조사결과와 연계성**

전반적으로 골프장 배출수의 영향을 받는 정점들에서는 유기물오염에 내성이 강한 종들이 우점하는 양상을 보였다. 이는 유기물이 많이

표 8. 현장수질측정 및 실험실 분석결과

시료 \ 항목	pH	BOD (mg/l)	COD (mg/l)	SS (mg/l)	T-N (mg/l)	T-P (mg/l)
골프장 D	8.0	2.0	3.6	7.2	6.163	0.029
골프장 E	8.1	1.3	4.5	2.4	3.590	0.614
골프장 F	7.9	1.6	3.5	2.4	1.008	0.024
골프장 Cc	7.5	0.6	0.8	0.8	1.426	0.005
골프장 C1	7.1	0.7	5.2*(3.0)**	22.0	3.029	0.005
골프장 C2	7.8	0.6	1.5	0.8	2.798	0.010
골프장 B1	7.6	0.9	1.5	0.8	1.541	0.005
골프장 B2	7.6	0.7	1.7	2.4	2.832	0.091
골프장 A1	7.7	2.9	3.1	9.2	4.963	0.106
골프장 A2	7.9	1.3	2.2	1.6	2.515	0.034
골프장 Ac	8.0	0.8	2.9	2.4	2.501	0.010
골프장 G	7.3	0.7	2.0	2.4	0.600	0.038
골프장 H	8.0	2.5	4.5	8.8	1.661	0.043

주) \* : 당초 채수된 COD분석용 시료 대상 분석결과

\*\* : T-N/T-P 분석용 시료 대상 분석결과

Goal of total P: < 0.02mg/l- most freshwater is between 0.01 and 0.05mg/l

Goal of total N: typical range s for total nitrogen in waters is from 0.3 to 2 mg/l

포함된 골프장 배출수에 서서히 적용된 생물군집이 우점적으로 나타난 결과라 하겠다. 유기물에 의해 교란으로 서식지가 변화되고 종 다양성이 감소되어 생태계의 건전성을 잃게 되는데 이러한 원인을 밝혀서 대책을 마련하는 것이 중요하다.

### 골프장 운영시 육수생태계에 미치는 영향 및 대책

#### (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 지하 관거 또는 맹암거를 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. 제2장에서 나타난 결과에 의하면 저서성무척추동물의 종구성, 우점종, 서식환경이 원래 수계의 생태계와 아주 다른 것은 이러한 이유 때문일 것이다.

#### 개체수현존량의 변화

각 분류군 별로 조사시기에 따라서 개체수현존량이 다소 차이를 보였다. 가장 큰 차이를 보인 분류군은 파리목으로 2002년에 비해 2003년에 높은 개체수현존량을 보였다. 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 개체수현존

량을 보임을 알 수 있었다(t-test 쌍체비교 단측 검정,  $t_{2, 0.05} = 3.09, p < 0.05$ ). 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.

#### 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.

#### 서식지의 변화

상류정점, 하류정점 및 대조정점을 두어 조사한 골프장의 조사결과를 근거로 판단할 때, 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 아니라 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 내성

이 강한 종들만이 생존하는 수계로 변화해 갈 것으로 예상되며, 결국 현재보다 매우 낮은 종 다양성을 보이게 될 것이다.

**우점종과 우점도의 변화**

전반적으로 골프장 배출수의 영향을 받는 정점들에서는 유기물오염에 내성이 강한 종들이 우점하는 양상을 보였으며, 이는 골프장 배출수에 유기물이 많이 포함되어 있음을 보여주는 결과라 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. C1의 높은 우점도 및 낮은 출현종수 그리고 유기물오염내성종의 우점화현상 등은 골프장 유출수와 깊은 연관을 가질 것이라 사료된다. A1과 A2는 동일한 수계에 위치하는 정점들로 상하류간의 연관성을 어느 정도는 유지하면서도 인위적 영향에 의한 차이를 보여주었다. 상류 정점인 A1에서는 옆새우류와 깔장하루살이가 각각 제1우점종과 제2우점종으로 나타났고 하류 정점인 A2에서는 유기물오염 내성종인 깔따구류와 청정하천 지표종인 강도래류가 각각 제1우점종과 제2우점종으로 나타났다.

**조사정점의 자연성 변화**

골프장의 상류나 대조구는 자연성이 높은 반면, 배출수에 영향을 받는 조사정점들의 자연성은 상대적으로 낮은 것으로 나타났다. 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 중국에는

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 9는 비료의 지속적인 사용

**표 9.** 비료사용이 생태환경에 미치는 가능한 영향들

항목	영향의 내용
식 생	지역 고유식물 종들은 고농도의 유기물에 민감할 수 있음
야생동물	서식지 및 수환경이 고농도의 유기물에 의해 쇠퇴할 수 있음
토 양	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.

이 생태계 전반에 영향을 줄 수 있음을 보여 주고 있다.

[육수생태계에 미치는 영향에 대한 대책

골프장의 운영시 악화된 하천의 수질과 육수 생태계에 미치는 영향을 저감하기 위해서는 골프장의 입지 단계부터 청정지역의 수계는 피하는 것이 최선의 대책이다. 골프장 운영시 아래의 저감방안들이 골프장 설계와 공사, 그리고 운영시 대책수립에 도움을 주고 영향을 줄일 수 있는 규제 수단이 될 수 있지만, 가장 중요한 것은 골프장 운영자의 환경관리에 대한 의지에 달려 있음을 알 수 있다. 이는 같은 대책을 수립하더라도 골프장마다 운영기간에 관계없이 육수생태계에 미치는 오염물질의 영향 정도가 다른 이유가 될 수 있다.

시공측면의 대책으로 계곡수는 분리관거를 통하여 하류로bypass하게 하여야 한다. 갈수기에도 유지용수가 하류로 흘러 가도록 조치해야 한다. 재활용 저수지의 물은 오염될 가능성이 많기 때문에 가능한 하류로 유입되지 않도록 하는 것이 바람직하다. 계곡수와 우수 등을 차집하는 관거가 구조적으로 안정되게 시공한다. 골프장의 잔디에서 오염물질이 수계로 유입되

지 않도록 한다. 골프장의 인위적인 조성지에 생태계를 복원하여 자연상태를 도입하고 관리하려는 노력이나 방법들이 외국에서 시행되고 있으나, 아직 국내의 골프장에서는 그러한 개념이 고려되지 않고 있다. 다만 골프장 조성시 생태계를 고려한 골프장을 조성하려는 친환경적인 설계가 시도 중에 있으며 생태골프장 조성의 활성화에 대한 문제점과 개선책이 강조되고 있다.

기존 수계의 자연성과 연결성을 보전

수계를 포함하여 골프장을 건설하더라도 기존 수계의 자연성은 유지하고 상류부터 하류까지 생태계가 연결되도록 조성하여야 한다. 특히 수역에는 각종 생물(식물, 어류, 저서생물, 플랑크톤)이 서식할 수 있는 환경을 조성해 주어야 한다. 그러기 위해서는 수역 한쪽의 산림은 수계와 연계하여 보존할 필요가 있다. 포유류, 조류, 양서·파충류, 곤충류 등도 서식하기 위해서는 섭취할 수 있는 물이 필요하며 채식 위해서 수변의 공간이 필요한 종들이 상당히 많다.

수계를 따라 buffer zone 설치

습지와 수계는 비료관리가 잘못되면 악영향을 받기 쉽다. 생태계에 과도한 질소와 인이 유

표 10. 수질관리를 위한 측정항목과 허용범위

측정항목	허용범위	비고
가시도와 탁도	sechi disc로 측정할 경우 배경을 초과하지 않아야 한다	부유물질이 많거나 플랑크톤이 번성할 경우 탁도가 증가하며 생산성과 온도를 낮춘다.
질소	수체에 따라 범위가 다양하다. (담수에 있어서 TN의 일반적인 범위는 0.3에서 2 mg/ℓ (ppm)이다.)	질소는 담수의 생산성에 영향을 주는 중요한 요소이다. 유기물 축적의 원인이 된다.
아질산염/질산염	범위는 다양하나, 목표치는 0.5mg/ℓ 이다.	호수나 pond에서 측정되는 질소의 혼한 형태이다
암모니아	일반적으로 낮다.	지표수에 자연적으로 존재한다. 물의 pH가 8 이상인 경우 생물에 독성이 있다.
TP	목표치는 0.02 mg/ℓ 이하이다. 대부분의 담수에서 농도는 0.01과 0.05 mg/ℓ 사이이다.	인은 생물대사에 중요한 역할을 하므로 식물생산을 제한하는 요소이고, 주로 외부로부터 유입되므로 유입된 후 제거하는 것보다 사전에 유입을 막는 것이 좋다.



그림 6. 수계로 유입되는 화학물질(비료, 농약 등)의 저감 전략(수계: 자연성 및 자연생태계를 유지하도록 조성, buffer zone: 고유 식물을 식재하여 잘 자라도록 유지 관리, 모든 골프코스 에 도입할 필요가 있음, less mowing zone: 화학물질이 직접 수계로 유입되는 것을 방지)

입될 경우 부영양화와 과도하게 수생식물(개구 리밥 등)이 번식할 경우 산소를 줄여서 생태계를 훼손시킨다. 비료의 과다한 사용은 수계에 영향뿐 아니라 다른 생태환경에도 영향을 미칠 수 있다(표 9). 골프장 운영시 수계로 비료와 농약 등이 유입되는 양을 최소화하기 위하여 수계의 주변에는 buffer zone을 설치하거나 수역 주변에는 잔디를 덜 깎는 지역을 설정하여 완충작용을 할 수 있도록 관리한다. 화학물질을 살포할 경우 수계 주변에서는 최소한의 양을 국지적으로 필요한 부분만 처리하는 방법도 병행한다(그림 6). 이러한 경우 비료의 성분이 천천히 분비되는 종류를 사용하여 관리할 필요도 있다.

**초기 우수 저류지를 설치**

본 조사를 통하여 가장 눈에 띄는 문제는 저류지의 부영양화와 골프장 하류 하상에 유기물의 축적인데 골프장에서 유출되는 유기물 성분(N, P 등)이 수계로 유출되지 않도록 철저히 관리할 필요가 있다. 이를 위해 초기 우수는 고농도의 오염물질을 함유하고 있으므로 초기 우수

저류지를 별도로 만들어 관리하여야 한다. 방법은 저류된 물을 일정 기간 보관한 후 주변 잔디에 관수하고, 사용한 후 저류지는 깨끗하게 청소하여 불필요한 오염을 방지하여야 한다.

**토양의 산성화를 주기적으로 검사**

잔디의 생육은 토양의 pH에 좌우될 수 있으므로 주기적으로 토양의 pH를 체크하여 산성일 경우 pH를 조정해 줄 필요가 있다. 잔디의 생육이 나쁠 때 더 많은 비료와 농약을 사용한다.

**골프장 내와 최종방류구의 수질을 주기적으로 모니터링**

골프장 내의 pond 등 수계와 최종 저류지, 최종방류구에서 주기적으로 수질을 측정하여 부영양화와 부적절한 오염물질로 인해 수계의 생태계에 미치는 영향을 저감하여야 한다. 표 10은 수질관리를 위한 측정항목과 허용범위를 나타낸다.

**비료 및 농약을 적게 쓰도록 한국의 골프장에 적절한 잔디 품종 개발**