

골프장 연못의 생태적 관리를 위한 환경특성 분석[†]

안득수* · 김창환**

*전북대학교 조경학과 · **익산대학 녹지조경과

Analyses of the Environmental Characteristics of Ponds in Golf Courses for Ecological Management

Ahn, Deug-Soo* · Kim, Chang-Hwan**

*Dept. of Landscape Architecture, Chonbuk National Univ.

**Dept. of Forest Landscape Architecture, Iksan National College

ABSTRACT

Pond management is a critical part of overall golf course management, both during growth and maintenance modes of turf care. This study investigated 48 ponds in nine 18- or 27-hole golf courses to analyze the environmental characteristics of ponds. The research process had three phases: (1) inventory and analysis of grading plans and drainage plans, (2) field verification and interviews with greenskeepers, and (3) analyses of water quality and statistics. All data were collected from May to August in 2004. The results of this study can be summarized as follows:

1. It is desirable to site a golf course in a small watershed with high watershed eccentricity to control storm water runoff efficiently and to minimize soil erosion during construction.
2. The siting and size of a pond should be determined through a land-use analysis of the watershed for the purpose of ecological management. The bigger the forest-to-golf course ratio, the better the water quality will be.
3. The size and capacity of each individual ponds varied and there were many somewhat longish rather than round ponds.
4. There were many differences among golf courses in naturalness of the ponds, and the correlation between naturalness and area of aquatic plants was very high.
5. Analyses of pond water quality indicated that the degrees of Dissolved Oxygen, Chemical Oxygen Demanded and Suspended Solids were relatively low values but Total Phosphorus and Total Nitrogen were too high. Therefore a systematic approach is needed to solve the problem. Pesticide residues were

[†] : 이 논문은 2003년도 한국학술진흥재단의 지원에 의한 연구임(KRF-2003-002-103403001).

not detected in all ponds.

6. Water depth and area of hydrophyte should be considered when designing an ecological pond.
7. All ponds used storm water as a main source of water supply and added underground water. Aquatic plants and physical methods such as water aeration and spray fountains were the main choices for maintaining a healthy aquatic environment.

Key Words : Ecological Golf Course, Watershed, Pond Management, Water Quality, Aquatic Plants

1. 서론

최근 활발하게 이루어지고 있는 골프장 건설은 단지 국내에만 국한된 것이 아니라 세계적인 추세이며 이러한 현상은 골프 인구의 급격한 증가, 지방자치단체의 세수 확대 및 농·산촌 진흥을 위한 수단으로서의 적극적 유치, 농산물의 과잉 생산으로 인한 유휴농지의 증가 등 여러 가지 복합적 요인들에 의한 것이다. 국내의 경우 소득의 증대, 주5일 근무제의 도입, 삶의 질을 추구하는 가치관으로의 전환, 경제력을 갖춘 노인 연령층의 증가 등으로 잠재 이용자는 급증할 것으로 예상되며 또한 지방자치단체에서도 고용 촉진, 세입 증대 및 관광객 유치를 통한 지역경제의 활성화를 위해서 골프장 건설에 적극적으로 나서고 있어 그동안 수도권에 집중되었던 골프장 건설이 최근에는 지방에서도 활발하게 진행되고 있다.

이러한 골프장은 수려한 자연경관에서 여가활동을 즐길 수 있는 유익한 기능을 가지고 있지만 적지에 조성되지 못할 경우 대단위 면적의 산림 파괴 및 훼손, 대규모의 지형 개변과 이에 따른 수계의 변형을 초래하여 생물서식처의 파괴로까지 이어질 수 있으며 과도한 농약 및 비료의 사용으로 인한 환경오염, 관개용수 확보를 위한 지하수 개발로 야기되는 용수의 고갈 등 환경적 문제점을 가지고 있어 최적 환경관리를 위한 사회적 요구가 비등하고 있다.

골프장을 건설하는데 있어서 먼저 기본적으로 고려해야 할 것은 개발의 대상이 되는 토지에 대해서 정확한 인식을 갖는 것이다. 토목기술이 진보하였다할지라도 대상지의 지형, 토질, 수계 특성, 식생조건 등을 무시할

수 없으며 오히려 그러한 조건들과 함께 토지이용의 변화에 의한 영향들을 정확하게 파악하고 이해함으로써 환경적으로 지속 가능한 골프장을 건설할 수 있을 것이다.

지속 가능한 자원관리는 주변의 토지에 대한 환경적 영향을 평가하고 관리하는 것뿐만 아니라 일련의 토지가 갖는 모든 자연자원에 관심을 가지고 적절히 관리하는 것을 의미하며 그것은 야생생물 서식처의 보존과 복원뿐만 아니라 인조환경도 포함한다. 미래의 골프장은 게임을 위한 최적의 운동조건을 제공하도록 건설되고 관리되어야 하지만 환경을 희생시켜서는 안 된다. 따라서 골프장 개발자 및 설계자는 야생생물, 서식처 및 인간이용의 요구를 통합하는 방향으로 토지의 특성을 주의 깊게 평가할 필요가 있으며 골프장은 토지위에 설계되는 것이 아니라 토지와 함께 설계되어야 한다 (Dodson, 2000).

골프장 하류에 입지한 하천은 골프장 연못이나 잔디를 경유하여 배수되는 우수가 유입되기 때문에 수량과 수질이 골프장의 운영에 의해 직접적인 영향을 받는다. 따라서 산에 입지한 골프장은 하천의 생태계를 단절하고 골프장의 배출수에 의해 하류의 하천을 오염시켜 하천에 서식하는 생물의 서식처를 변하게 하며 이러한 상황이 오래 동안 지속될 경우 오염에 내성인 종들만 생존하게 하여 종의 구성을 단순하게 만들어 자연적으로 회복이 어려운 상태에 도달한다(권영한 등, 2003). 골프장과 관련한 이러한 문제를 해결하기 위해서는 골프장 건설 및 관리에 관한 법적 규제의 강화, 골프장 사업자들의 적극적인 대처 등의 방법이 있겠으나 골프장을 생태적으로 조성하고 관리함으로써 문제를 근원적으로

해소하는 것이 바람직한 해결책이라 판단된다.

이러한 측면에서 골프장을 생태적으로 조성·관리하기 위해서는 적지선정 및 농약·비료의 사용을 줄이는 방안이 마련되어야 한다. 그러나 이러한 문제의 해결은 그리 단순한 것이 아니며 지속적인 연구와 노력을 통해서만이 얻어질 수 있을 것이다. 이러한 상황 하에서 볼 때 골프장 설계 시에 수문학적 관점에서 문제해결의 실마리를 찾는 것도 하나의 대안이 될 수 있다. 골프장의 개발 및 운영에 의한 수환경 변화의 평가는 단순히 수질, 수량 차원만이 아니라 전체 수역의 환경에 대한 종합적인 평가가 이루어져야 하는데 이 때에 무엇보다 중요한 요소가 우수의 유출과 관련이 깊은 골프장내의 연못이다.

골프장 연못은 환경보전을 위한 기능으로서 잔류 농약 및 비료를 우수와 함께 집수하는 역할을 하여 외부로의 유출을 차단하는 기능, 강우 시 우수 저류조로서의 기능, 갈수 시에는 잔디 및 수목의 관개를 위한 저수지로서의 기능과 함께 경기전략상 워터헤저드 및 경관요소로서의 기능도 가지고 있다. 그러나 워터헤저드나 경관요소로서의 연못도 수질이 양호하고 수량이 풍부할 때 제 기능을 다할 수 있기 때문에 골프장 연못은 생태적으로 건전할 때 본래의 제 기능을 충분히 발휘할 수 있을 것

이다.

지금까지의 골프장 관련 연구는 많은 분야에서 심도 있게 진행되어 왔다. 그 중에서 본 연구와 관련이 있는 생태 및 환경 분야에서의 국내의 연구를 살펴보면 크게 적지분석, 생태적 설계기법 그리고 운영관리 측면에서의 환경적 영향에 관한 연구로 분류할 수 있다(표 1 참조). 그러나 적지 선정에서부터 설계 및 관리 측면까지를 포함한 체계적인 연구는 이루어지지 못하고 있다.

본 연구는 첫째, 수문학적 측면에서 골프장 및 골프장 내 연못의 입지 특성을 분석하고 둘째, 골프장에 입지한 연못의 설계 측면과 관리 측면을 종합적으로 분석하여 수문학적 측면에서 골프장 연못을 생태적으로 관리하는데 필요한 연못의 입지여건과 환경특성을 도출하는데 목적이 있다.

III. 연구내용 및 방법

1. 연구내용 및 범위

본 연구의 내용은 크게 골프장 입지구역의 특성 분석, 골프장 연못의 입지여건 및 설계·관리적 특성, 연못의

표 1. 골프장의 생태 및 설계기법 분야의 국내외 연구

구분		저자(연도)
적지분석	평가모형 제시	김광두(2002)
	예측모형개발	안득수(1993)
	수문학적 측면에서의 적지분석	안득수(1999)
	적지선정	Aramburu and Escibano(1993), 조성국(1994)
설계기법	환경친화적 설계기법	주영규와 전수복(1994), 임상신(1996), 송창재(1999), 장정희(1999), 박주현(2000), 신민규(2000), 임지은(2001), 한두석(2001), 이활희(2003)
	골프장 연못	김동찬과 권오원(2001), 권오원(2002)
	그린설계 및 시공	이상재와 허근영(1999)
환경영향	야생동물 서식처 역할	Green and Marshall(1987), Terman(1997)
	연못의 수질관리	민권식(1998), 이용두 등(1998), Kunimatsu <i>et al</i> (1999)
	하류생태계의 영향	이병호 등(1992), 권영한(2002), 권영한 등(2003)
	농약관련분야	이서래 등(1996), 양승원(1997), 이상재 등(2001)
	토양적 영향	이인숙(1994), 이인숙과 김옥경(1994), 김호준과 양승원(2001)
	환경의 일반적 영향	이동근 등(1990), 조형훈(1998)
	환경성 평가	김영필(1992), 박주현(1999), 김광두 등(2003)

수질 및 식생분석, 연못의 관리에 관한 인터뷰 내용으로 이루어졌다.

연구대상지의 공간적 범위는 골프장 입지밀도와 자료수집의 용이성을 고려하여 경기도로 한정하였으며 시간적으로는 환경영향평가 개정이 18홀 이상의 골프장 개발 시에 환경영향평가 실시가 의무화된 1987년 7월 이후로 건설허가를 받은 회원제 골프장으로 제한하였다. 이러한 조건에 해당하는 18홀 이상의 골프장 중에서 먼저 무작위로 18개 골프장의 정지계획도와 배수체계도를 수집한 후 도면이 불명료하고 연구자료를 수집하는데 있어 골프장 관리자의 협조를 구하기 어려운 곳을 제외한 A(2002년), B(1994년), C(1993년), D(1993년), E(1994년), F(1991년), G(1993년), H(2003년), I(2000년) 등 골프장 9개소를 연구 대상지로 선정하였다. 골프장 입지 구역의 분석에는 회원제와 함께 인접한 대중골프장을 포함하여 분석하였고 연못의 분석에는 회원제 골프장으로 한정하였다. 회원제 골프장에 조성된 총 60개의 연못 중에서 연결하거나 인접하여 계류로 연결되어 해당 연못의 수질 특성 분석과 배수지역 설정이 애매한 12개의 연못을 제외한 48개의 연못을 분석대상으로 하였다(표 2 참조).

2. 연구방법

1) 골프장 입지 소유역의 지형적 특성 분석

구역의 관점에서 어떻게 골프장을 관리할 것인가를 결정하는 것은 수질을 관리하는데 있어 중요한 인자이다. 이것은 골프장내의 수질뿐만 아니라 골프장 밖 지역의 수질을 책임지는 첫 번째 단계이며 이를 성취하기 위해서는 골프장이 입지한 구역의 특성을 이해하지 않으면 안 된다(Dodson, 2005).

구역의 특성들은 크게 지형적 요소, 토지이용적 요소, 지표하의 요소로 구분할 수 있으나 본 연구에서는 일차적으로 지형적인 물리적 변수들을 중심으로 골프장이 입지한 소유역의 특성을 분석하고자 한다.

소유역을 크기, 기능 또는 저장 타입 등으로 한계를 정의하려는 많은 시도가 있었으나 수문학의 관점에서 소유역의 분명한 특성은 수로 흐름의 영향보다 육로 흐름의 영향이 침투 유출에 미치는 주요 인자라는 것이다. 즉, 소유역이란 구역이 매우 작아서 단기간의 높은 강우 강도와 토지이용에 대한 민감성이 유로 저장 특성에 의하여 억제되지 않는 곳이라고 정의된다(Black, 1991).

본 연구에서 소유역의 경계는 골프장 부지의 최저점을 기준으로 위쪽의 능선을 찾아가는 방법을 택하였다. 자료의 정밀도와 작업의 효율성을 고려하여 1:5,000의 지형도와 1:1,200의 골프장 정지계획도를 각각 1:3,000으로 확대·축소하여 오버래핑 후 분석을 실시하였다.

본 연구에서 다루는 구역의 지형적 특성과 분석방법은 다음과 같으며 추출된 자료는 기술통계를 이용하여 분석하였다.

표 2. 조사 대상 골프장의 연못 현황

골프장	규모(홀)	전체 연못 수	전체 연못 면적(m ²)	조사 연못 수	조사 연못 면적(m ²)	비고
A	18	6	23,009	6	23,009	
B	27	7	39,794	6	38,732	
C	18	4	20,856	3	4,468	퍼블릭 제외
D	18	5	24,181	4	22,720	
E	18	4	41,657	4	41,657	
F	18	9	17,757	9	17,757	
G	18	6	34,523	6	34,523	
H	18	9	39,951	6	18,622	
I	18	10	38,043	4	16,206	퍼블릭 제외
합계		60	279,771	48	217,694	

(1) 규모(size)

규모는 수문학적 설계를 위한 가장 중요한 유역특성이며(McCuen, 1998), 유역의 수문학적 거동(hydrologic behavior)의 최초평가에 있어서 필수적인 고려사항으로 연중산출량(total annual yield), 홍수 잠재력과 같은 수자원 매개변수의 평가와 수질, 수량, 평형하상(regimen) 등을 조절하는 토지관리방법을 어떻게, 언제, 어디에 적용할 것인가를 평가하는데 중요한 유역특성이다(Black, 1991). 규모는 디지털 구격기 X-PLAN 380dⅢ(Ushikata Mfg. Co., Ltd., 2002)를 이용하여 구하였다.

(2) 유역의 형상(watershed shape)

유역의 형상은 일반적으로 수문학적 설계방법에 있어서 직접적으로 사용되지는 않지만(McCuen, 1998), 소유역의 수문곡선, 하천의 거동(stream behavior) 등에 영향을 미치며 폭풍우시 침투유량에 대한 영향도 상당하다. 또한 유역의 형상은 평형하상과 보다 큰 유역의 일부인 소유역으로부터 오염물질 이동 등에 대한 효과를 고려할 때 중요한 유역 특성으로서 본 연구에서는 유역편심도(watershed eccentricity: τ)를 이용(Black, 1991)하여 분석하였다(그림 1 참조).

$$\tau = (|Lc^2 - W_L^2|)^{0.5} / W_L$$

여기서, Lc = 유출구에서 유역중심부까지의 거리

W_L = 유역중심에서 Lc 에 수직한 유역의 폭

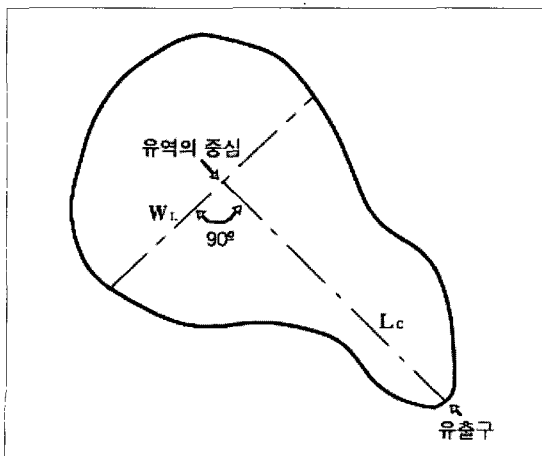


그림 1. 유역편심도

2) 연못의 수문학적 입지여건 분석

표면유출이나 육로흐름, 배출수는 지표수를 가지고 골프장과 다른 잔디체계 사이를 연결하는 중요한 요소이며 용해된 화학비료와 퇴적물을 수송한다(Balogh and Walker, 1992). 유출률, 유출량 및 유출시간은 표면유출로 수송되는 퇴적물과 화학물질의 형태와 양에 상당한 영향을 미치며 표면유출의 위치, 유출 패턴, 골프장 설계 및 배수체계, 그리고 반복적으로 화학제품이 사용되어지는 지역의 위치는 화학물질의 잠재적인 지표 및 지하 이동에 중요한 기여 인자들이다(Balogh and Walker, 1992). Kunimatsu *et al.*(1999)은 골프장에 사용된 화학비료 중에서 질소의 유출률은 32%라고 보고한 바 있다.

따라서 골프장내 우수 유출 특성을 파악하기 위하여 단위 연못으로 유입되는 배수면적의 규모 및 토지이용 현황, 배수체계도를 분석하였다. 유역면적과 토지이용 현황은 일차적으로 정지계획도와 배수체계도를 분석한 후 골프장 관리자와 동반하여 현장에서 확인하는 과정을 거쳤으며 토지이용현황은 숲, 잔디, 포장 및 건물, 계류 등으로 분류하였다.

3) 연못의 설계특성 분석

도면분석을 통하여 연못의 형상 및 단면, 수심, 평면적 크기와 담수량을 산정하였으며 골프장 관리자와 함께 현장조사를 통하여 수경시설, 호안처리방법, 공급수원 및 물의 순환시스템을 분석하였다. 연못의 형태는 경관적 측면과 생태적 측면에서 모두 중요한 요소이기 때문에 신장성(elongation, E)과 함께 형태지수(index of shape, D)를 구하여 계량화하였다(Forman, 1995).

$$E = \frac{w}{l}$$

여기서, w =폭, l =길이

$$D = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}}$$

여기서, P =둘레길이, A =면적

4) 연못의 식생분석

(1) 식생조사

식생조사는 국립지리원 발행 1:25,000 지형도와 1:5,000 지형도, 1:3,000 골프장 계획도를 이용하였으며 식물사회학적 조사를 실시하였다(임양재 등, 1984; 1990). 각 방형구에서 얻어진 자료로 표조작법을 이용하여 우점종과 식별종을 구분하여 식생단위를 분류(Muller-Dombois and Ellenberg, 1974; Kim and Yim, 1988)한 후 식생의 자연성 평가에 이용하였다.

표본구는 표본 추출 대상지가 균질하다고 인정되는 지역의 가장 전형적인 곳에 설치하였다. 표본구의 크기는 관목림, 초지를 구분하여 최소면적(minimal area)에 따라 설치하였고 표본구 내에서 출현하는 식물종의 기록은 관속식물에 한 하였다.

이러한 각 계층에서 출현하는 종에 대하여 브라운 브랑케(Braun-Blanquet, 1964)의 전추정법에 따라 피도(cover)와 군도(sociability)를 측정하여 기록하였다(Werger, 1974). 식물의 분류와 동정은 이창복(1980)의 대한식물도감, 이우철(1996)의 원색 한국기준식물도감 그리고 이영노(1996)의 한국식물도감을 참조하였다.

(2) 식생의 자연성 평가

연못식생의 자연성 평가를 위해 종 풍부도, 식생형태, 식물서식공간의 다양성, 연못 식생의 층위구조, 식생의 활력도, 수질 정화를 위한 식물의 활용 등 모두 6개의 항목으로 세분하여 설정하였으며 자연성 평가 지표 및 등급은 환경부(2001)의 제2차 전국자연환경조사지침, 김광두 등(2003)의 골프장 환경친화성 평가 등급 및 이창석 등(2003)의 하천식생의 평가 기준 등을 참고하여 작성하였다.

종 풍부도는 식물의 생태적 특징의 다양성을 중심으로 하여 식재 여부에 따라 3개의 등급으로 구분하였다. 식생형태는 자연식생과 인위적으로 조성된 식생의 여부, 식물서식공간의 다양성은 호안의 형태 및 자연식생의 도입 가능 여부에 따라 3개의 등급으로 구분하였다. 연못 식생의 층위구조는 동물 서식공간의 다양성, 식물 군락의 종조성적 다양성 등을 판단하기 위하여 단층구조에서 다층구조로 구분하였으며 식생의 활력도는 식생의 번식력과 생활환의 완성 여부로, 수질 정화를 위한 식물 활용에서는 골프장내 연못 식생의 생태적 기능으로 자연성을 평가하였다. 자연성에 대한 항목별 등급 구

표 3. 연못 식생의 자연성 평가를 위한 항목별 등급 구분 기준

평가지표	등급	등급 구분 기준
종 풍부도	1등급	자연식생으로서 습지식물, 추수식물, 부엽식물, 침수식물이 각각의 영역에서 피도 30% 이상 출현
	2등급	식재식물을 포함하여 수생식물과 습지식물이 피도 30% 이상 출현
	3등급	식재식물과 습지식물 출현
식생형태	1등급	자연식생 또는 대부분이 향토 수생식물로 식재
	2등급	반자연식생, 향토종식재와 외래수생식물 식재의 혼식
	3등급	외래종식재 또는 관리된 식생
식물 서식 공간의 다양성	1등급	다양한 생태적 특징을 나타낼 수 있으며 자연식생이 형성될 수 있는 곳, 자연상태와 매우 가까운 호안구조
	2등급	반자연상태의 연못, 수변·습지식물과 추수식물이 자랄 수 있거나 수변·습지식물은 자랄 수 없으나 부엽·침수식물은 자랄 수 있는 곳
	3등급	호안의 형태가 직각으로 수생식물이 자랄 수 없거나 콘크리트 등 인공구조물로 식물이 생육할 수 없는 상태
연못 식생의 층위구조	1등급	다층(층위구조가 3층)
	2등급	30%가 3층구조이거나 전체적으로 2층구조
	3등급	부분적으로 2층구조이며, 전체적으로 단층구조 단층(층위구조가 1층)
식생의 활력도	1등급	수생식물이 잘 번성하고 생활환이 규칙적인 식물
	2등급	수변·습지 식물이 잘 번성하나 생활환이 불규칙적인 식물, 일부 침수식물이 번성하여 생활이 규칙적임
	3등급	생활환을 완결시킬 수 없거나 생육도 불안한 식물
수질 정화를 위한 식물 활용	1등급	수질정화와 경관적 가치를 동시에 담당하고 있거나 수질 정화를 어느 정도 담당하고 있는 경우
	2등급	수질정화를 위하여 인위적으로 식생을 관리하거나 수질정화보다는 종의 경관적 가치만을 고려
	3등급	식재된 수생식물과 습생식물이 없으며 수질정화와 식생과도 무관

분기준은 표 3과 같으며 차후 보다 많은 연구를 통해 항목의 추가·변경 및 과학적 산출근거를 위한 보완 작업이 필요하다고 판단된다.

(3) 식물현존량

표 4. 수질분석 항목 및 방법

분석항목	분석방법
투명도	지름 30cm 투명도판 사용
용존산소(DO)	용존산소측정기 YSI-85(YSI Inc., 2002)
온도	용존산소측정기와 동일
화학적산소요구량(COD)	과망간산칼륨에 의한 화학적 산소요구량
부유물질(SS)	유리섬유 여지법
총질소(TN)	자외선 흡광광도법
총인(TP)	흡광광도법(아스코르빈산 환원법)
농약	가스크로마토그래프법

자료: 환경부, 2001: 107-252.

환경부 녹지자연도 등급 사정 규정에 의하여 녹지자연도 등급을 분류하였으며 분류된 녹지자연도 등급을 바탕으로 일본 녹지국제조사에서 발표된 Anonymus 수를 사용하여 식물현존량을 산정하였다. 다만, 수중의 침수식물은 키 작은 초본류로 분류하여 녹지자연등급 4급으로 산정하였다.

5) 연못의 수질분석

연못의 수질오염 정도를 파악하기 위하여 수질오염 공정시험방법에 의하여 분석을 실시하였다(표 4 참조). 용존산소와 온도, 투명도는 현장에서 측정하였으며 다른 항목은 시료를 채취하여 분석하였다. 잔류농약 분석대상은 Fenitrothion, Parathion, Chlorthalonil, Chlorpyrifos, Endosulfan, Diazinon으로 한정하였다. 시료는 2004년 7월 26일부터 8월 9일 사이에 채취하였으며 동일 기간에 경우는 없었다.

6) 연못의 관리적 특성 분석

연못의 수질관리에 관한 특성을 분석하기 위하여 현장조사 및 골프장 관리자와의 인터뷰를 실시하였다. 인터뷰 내용은 수질 정화처리 방법, 조류 발생 정도, 어류 사육 여부, 식물 식재 여부, 연못수의 공급원 및 관개용으로의 사용 여부 및 기타 연못의 수질과 관련한 사항들로 구성되었다.

III. 결과 및 고찰

1. 골프장 입지 소유역의 지형적 특성 분석

연구대상 골프장 부지의 규모는 946,088~1,518,000 m²의 범위이며 이들 골프장이 입지한 소유역의 규모는 1,274,732~2,368,729m²의 범위이다. 소유역내 골프장 부지의 비율은 최소 60.45%에서 최고 94.57%까지 대상지에 따라 상당한 차이를 보였다.

스피어만의 상관관계분석 결과 소유역의 규모는 골프장 규모와 유의적인 상관관계($r=0.483, p=0.187$)가 없는 것으로 나타났다. 골프장 단위면적당 유역의 규모는 골프장이 입지한 소유역의 수와 높은 상관관계($r=0.796, p=0.010$)가 있어 다수의 소유역에 입지한 골프장일수록 전체 유역의 면적이 넓다는 것을 알 수 있다. 골프장 4곳은 1개의 소유역, 5곳은 2~6개의 복수 소유역에 입지하였는데 특히 골프장 G와 I의 경우는 유역의 최고점이 골프장내에 위치함으로써 각각 5, 6개의 소유역으로 이루어져 있다. 그러나 유역 내 최고점과 골프장 단위면적당 유역 규모와는 유의적인 상관관계($r=-0.633, p=0.067$)가 성립하지 않았다.

골프장이 다수의 소유역에 입지할수록 유역의 통합적 관리 및 우수처리 측면에서 효율성이 매우 낮을 것으로 판단된다. 따라서 골프장 건설의 첫 단계인 입지 선정에서부터 단일 소유역에 입지하도록 하는 것이 친환경 골프장 조성의 시발점이 될 것이다.

Lc의 값이 W_L의 값에 접근하면 유역편심도(τ)는 0에 접근한다. 즉, 낮은 유역편심도는 높은 침투홍수량 가능성과 관련이 있으며 Lc 또는 W_L의 값이 커지면 우수가 균일하게, 동시에, 그리고 완전하게 유역을 커버한다는 경험적 가정 하에 높은 유역편심도 값과 낮은 침투홍수량과 관련하여 유역편심도는 무한하다(Black, 1991). 따라서 골프장 입지 선정 시에 유역편심도를 고려한다면 골프장 조성 시에 강우로 발생할 수 있는 산사태나 토사 유출의 양을 줄일 수 있을 것이다.

이러한 측면에서 9개 골프장이 입지한 22개 소유역을 분석한 결과 유역편심도는 전체적으로 0.218~0.998의 범위에 해당하였으나 0.218~0.292의 낮은 범위에 해당하는 3개의 유역은 높은 침투홍수량 가능성이 있는 것으로 판단된다(표 5 참조).

표 5. 골프장 입지 소유역의 특성

구분	유역면적(m ²)		골프장 면적(m ²)	골프장 면적/유역 면적(%)	유역 면적/골프장 면적(%)	유역형상			유역표고(m)		
	전체	부분				Lc(m)	W _L (m)	τ	최고점	최저점	표고차
A	1,316,856	1,316,856	1,079,841	82.00	121.95	764	1,310	0.812	591	156	435
B	2,318,691	598,562	1,401,732	60.45	165.42	432	1,000	0.902	415	140	275
		585,026				503	1,208	0.909			
		1,135,103				337	903	0.928			
C	1,545,079	1,545,079	1,461,257	94.57	105.74	1,282	1,324	0.250	469	78	391
D	1,416,357	582,121	1,036,161	73.16	136.69	525	504	0.292	385	84	301
		834,235				670	892	0.660			
E	1,384,804	1,384,804	1,034,715	74.72	133.83	588	1,227	0.878	403	160	243
F	1,662,317	859,114	1,047,029	62.99	158.77	604	1,045	0.791	325	78	247
		803,203				816	703	0.589			
G	1,408,700	343,105	946,088	67.16	148.90	527	375	0.987	199	91	108
		345,043				582	412	0.998			
		35,444				180	139	0.823			
		462,498				493	607	0.583			
		222,610				334	373	0.218			
H	1,274,732	1,274,732	1,155,000	90.61	110.37	887	1,040	0.522	630	137	493
I	2,368,729	248,611	1,518,000	64.08	156.04	364	458	0.607	256	80	176
		279,734				215	534	0.915			
		803,185				486	1,100	0.897			
		272,107				293	520	0.826			
		272,166				370	278	0.878			
		492,926				550	489	0.515			

2. 연못의 수문학적 입지여건 분석

연못의 면적은 최소 677m²에서 최대 30,138m²까지 다양하나 전체 연못 중 68.75%가 1,000~5,000m²의 규모에 해당하였으며 연못별 담수량도 최소 612톤에서 최대 120,552톤까지 연못에 따라 상당한 차이가 있으나 54.17%가 1,000~10,000톤의 범위에 포함되었다.

생물적 구성요소라는 점에서 볼 때 연못은 자기 충족적이라고 생각이 되나 그 대사속도, 연간을 통한 상대적인 안정도는 태양에너지의 입사, 특히 물이나 유기물의 유역으로부터 유입에 의하여 주로 결정된다. 따라서 수체 자체만이 아니라 유역 전체를 최소의 단위로 생태계를 간주하지 않으면 안 된다. 따라서 연못의 수질오염

과 그 해결은 물 그 자체만을 유의해서는 발견할 수 없으며 우리들이 수자원을 황폐화하는 유역관리를 충분히 하지 못하는데 그 원인이 있다(조규성 등, 1991).

그러므로 골프장 연못의 수질을 관리하는데 있어서 유역의 규모와 토지이용은 매우 중요한 요소라 판단된다. 연못의 유역면적을 골프장별로 분석하면 F 골프장의 경우 평균 26,346m²로 소규모이나 E 골프장은 277,723m²로 규모가 매우 큰 것으로 나타났다. 그러나 골프장별로 연못수 톤당 유역면적을 보면 D 골프장이 5.8m²/t으로 가장 작고 A 골프장이 22.9m²/t으로 가장 큰 유역을 가지고 있다.

연못별로 분석하면 10m²/t 이하가 37.5%, 10~20m²/t이 31.25% 등 20m²/t 이하의 연못이 68.75%에 해

당하여 대체적으로 연못의 유역 규모가 작은 것으로 나타났다. 연못수의 톤당 유역면적이 가장 작은 연못은 D-4, F-4로 0.2m²/t이며 가장 큰 연못은 A-1로 86.4m²/t이다. 이와 같이 단위 담수량별 유역의 규모는 연못 간에 많은 차이가 있었다.

연못별 유역의 토지이용현황은 크게 숲, 잔디, 포장 및 건물, 계류로 분류하였다. 대부분 골프장 연못 유역의 토지이용은 잔디가 많은 부분을 차지하고 있으며 특히 C, I 골프장은 90%를 상회하였다. 그러나 H, E 골프장은 숲이 50%를 넘어 상대적으로 높은 토지이용을 보였다.

연못에 따라 유역에 숲이 없는 연못도 12개소나 되어

전체의 25%에 해당하였으며 특히 F 골프장의 경우 대부분의 유역에 숲이 없는 것으로 조사되어 설계에서 이에 대한 고려가 없었던 것으로 판단된다. 반면에 A-2, A-3, H-6 등은 90%를 넘는 많은 면적이 숲으로 이루어져 있으며 A-1, F-1, D-1, E-4, H-1, H-5 등도 숲의 면적이 70%를 넘어 상대적으로 높은 토지이용을 보였다.

전체 토지이용 중 포장면적은 골프장별로 최소 1.13%에서 최대 5.91%의 비율을 보였으며 F-2 연못은 토지이용 중 포장 및 건물 면적 비율이 30.69%로 높아 강우 시 부유물질이 곧바로 연못에 유입될 것으로 예상된다. 단위 연못의 유역 중 계류가 차지하는 비율은 아주 낮은 것으로 파악되었다(표 6 참조).

표 6. 연못 유역의 규모 및 토지이용 분석

구분	연못면적 (m ²)	담수량 (톤)	유역면적(m ²)		유역의 토지이용(m ²)							
					숲		잔디		포장·건물		계류	
			면적	면적 /톤	면적(%)	면적 /톤	면적(%)	면적 /톤	면적(%)	면적 /톤	면적(%)	면적 /톤
A-1	1,054	1,753	151,462	86.4	134,410(88.74)	76.7	15,833(10.45)	9.0	222(0.15)	0.1	997(0.66)	0.6
A-2	2,284	4,267	85,566	20.1	83,484(97.57)	19.6	1,759(2.06)	0.4	0	0.0	323(0.38)	0.1
A-3	3,128	6,132	157,917	25.8	152,828(96.78)	24.9	5,089(3.22)	0.8	0	0.0	0	0.0
A-4	3,726	12,313	289,194	23.5	42,498(14.70)	3.5	243,140(84.08)	19.7	3,556(1.23)	0.3	0	0.0
A-5	8,374	13,210	183,064	13.9	10,243(5.60)	0.8	167,199(91.33)	12.7	2,407(1.31)	0.2	3,215(1.76)	0.2
A-6	4,443	9,331	209,225	22.4	28,731(13.73)	3.1	167,091(79.86)	17.9	11,286(5.39)	1.2	2,117(1.01)	0.2
평균	3,835	7,834	179,405	22.9	75,366(42.01)	9.6	100,019(55.75)	12.77	2,912(1.62)	0.4	1,109(0.62)	0.1
B-1	2,510	10,040	173,251	17.3	111,282(64.23)	11.1	61,437(35.46)	6.1	532(0.31)	0.1	0	0.0
B-2	4,852	12,130	149,188	12.3	43,259(29.00)	3.6	104,421(69.99)	8.6	1,508(0.71)	0.1	0	0.0
B-3	3,245	9,735	166,865	17.1	69,404(41.59)	7.1	92,485(55.43)	9.5	4,976(2.98)	0.5	0	0.0
B-4	20,223	40,446	285,554	7.1	102,195(35.79)	2.5	182,242(63.82)	4.5	1,118(0.39)	0.0	0	0.0
B-5	5,668	11,336	274,264	24.2	8,373(3.05)	0.7	238,084(86.81)	21.0	27,807(10.14)	2.5	0	0.0
B-6	2,234	6,702	102,647	15.3	24,833(24.19)	3.7	76,418(74.45)	11.4	1,396(1.36)	0.2	0	0.0
평균	6,455	15,065	191,962	12.7	59,891(31.20)	4.0	125,848(65.56)	8.4	6,223(3.24)	0.4	0	0.0
C-1	2,127	10,635	156,360	14.7	8,350(5.34)	0.8	146,829(93.90)	13.8	1,182(0.76)	0.1	0	0.0
C-2	1,664	3,328	67,576	20.3	4,819(7.13)	1.4	61,593(91.15)	18.5	1,164(1.72)	0.3	0	0.0
C-3	677	877	36,264	41.4	0	0.0	35,665(98.35)	40.7	599(1.65)	0.7	0	0.0
평균	1,489	4,947	86,733	17.5	4,390(5.06)	0.9	81,362(93.81)	16.4	982(1.13)	0.2	0	0.0
D-1	3,178	12,712	245,687	19.3	216,207(88.00)	17.0	18,755(7.63)	1.5	9,833(4.00)	0.8	892(0.36)	0.1
D-2	2,003	6,009	69,043	11.5	29,708(43.03)	4.9	36,428(52.76)	6.1	2,907(4.21)	0.5	0	0.0
D-3	4,549	11,827	372,047	31.5	34,706(9.33)	2.9	308,862(83.02)	26.1	28,479(7.65)	2.4	0	0.0
D-4	12,990	90,930	16,354	0.2	1,203(7.36)	0.0	14,802(90.51)	0.2	349(2.13)	0.0	0	0.0
평균	5,680	30,370	175,783	5.8	70,456(40.08)	2.3	94,712(53.88)	3.1	10,392(5.91)	0.3	223(0.13)	0.01

(표 6. 계속)

구분	연못면적 (m ²)	담수량 (톤)	유역면적(m ²)		유역의 토지이용(m ²)							
					숲		잔디		포장·건물		계류	
			면적	면적 /톤	면적(%)	면적 /톤	면적(%)	면적 /톤	면적(%)	면적 /톤	면적(%)	면적 /톤
E-1	30,138	120,552	753,406	6.2	387,318(51.41)	3.2	354,886(47.10)	2.9	11,203(1.49)	0.1	0	0.0
E-2	7,059	30,353	199,087	6.6	91,895(46.16)	3.0	104,504(52.49)	3.4	2,688(1.35)	0.1	0	0.0
E-3	1,560	4,680	12,546	2.7	0	0.0	12,546(100)	2.7	0	0.0	0	0.0
E-4	2,900	3,977	145,851	36.7	111,813(76.66)	28.1	33,041(22.65)	8.3	997(0.68)	0.3	0	0.0
평균	10,414	39,891	277,723	7.0	147,757(53.20)	3.7	126,244(45.46)	3.2	3,722(1.34)	0.1	0	0.0
F-1	1,550	2,069	72,986	35.3	64,237(88.01)	31.0	8,581(11.76)	4.1	168(0.23)	0.1	0	0.0
F-2	4,997	6,496	25,567	3.9	0	0.0	17,317(67.73)	2.7	7,847(30.69)	1.2	403(1.58)	0.1
F-3	2,736	4,925	25,858	5.3	0	0.0	24,857(96.13)	5.0	102(0.39)	0.0	899(3.48)	0.2
F-4	1,492	2,238	426	0.2	0	0.0	426(100)	0.2	0	0.0	0	0.0
F-5	701	612	7,282	11.9	0	0.0	6,554(90.0)	10.7	0	0.0	728(10.0)	1.2
F-6	2,181	1,850	50,956	27.5	4,277(8.39)	2.3	46,382(91.02)	25.1	296(0.58)	0.2	0	0.0
F-7	892	1,070	31,011	29.0	0	0.0	30,466(98.24)	28.5	545(1.76)	0.5	0	0.0
F-8	1,607	1,376	8,641	6.3	0	0.0	8,345(96.57)	6.1	296(3.43)	0.2	0	0.0
F-9	1,601	1,328	14,384	10.8	0	0.0	13,768(95.72)	10.4	179(1.24)	0.1	437(3.04)	0.3
평균	1,973	2,440	26,346	10.8	7,613(28.89)	3.1	17,411(66.09)	7.1	1,048(3.98)	0.4	274(1.04)	0.1
G-1	7,683	23,049	274,399	11.9	82,197(29.96)	3.6	178,809(65.16)	7.8	13,393(4.88)	0.6	0	0.0
G-2	714	2,499	41,708	16.7	11,980(28.72)	4.8	27,999(67.13)	11.2	1,729(4.15)	0.7	0	0.0
G-3	5,903	14,758	144,753	9.8	81,542(56.33)	5.5	60,778(41.99)	4.1	2,433(1.68)	0.2	0	0.0
G-4	15,163	53,071	125,842	2.4	18,812(14.95)	0.4	92,494(73.50)	1.7	14,537(11.55)	0.3	0	0.0
G-5	2,822	7,055	75,291	10.7	7,002(9.30)	1.0	66,474(88.29)	9.4	1,816(2.41)	0.3	0	0.0
G-6	2,238	6,714	75,976	11.3	44,605(58.71)	6.6	31,014(40.82)	4.6	357(0.47)	0.1	0	0.0
평균	5,754	17,858	122,995	6.9	41,023(33.35)	2.3	76,261(62.01)	4.3	5,711(4.64)	0.3	0	0.0
H-1	4,923	26,695	485,149	18.2	366,485(75.54)	13.7	114,786(23.66)	4.3	2,993(0.62)	0.1	885(0.18)	0.0
H-2	4,571	15,127	124,564	8.2	54,764(43.96)	3.6	65,755(52.79)	4.3	4,045(3.25)	0.3	0	0.0
H-3	3,690	12,739	57,052	4.5	0	0.0	55,414(97.13)	4.3	664(1.16)	0.1	974(1.71)	0.1
H-4	1,361	5,509	22,624	4.1	7,607(33.62)	1.4	14,275(63.10)	2.6	743(3.28)	0.1	0	0.0
H-5	2,215	6,555	174,203	26.6	123,943(71.15)	18.9	45,067(25.87)	6.9	5,193(2.98)	0.8	0	0.0
H-6	1,862	2,938	5,911	2.0	5,484(92.78)	1.9	325(5.50)	0.1	102(1.73)	0.0	0	0.0
평균	3,104	11,594	144,917	12.5	93,047(64.21)	8.0	49,270(34.00)	4.2	2,290(1.58)	0.2	310(0.21)	0.03
I-1	5,366	10,645	93,765	8.8	3,383(3.61)	0.3	88,492(94.38)	8.3	1,890(2.02)	0.2	0	0.0
I-2	1,398	2,615	13,702	5.2	0	0.0	13,227(96.53)	5.1	475(3.47)	0.2	0	0.0
I-3	6,754	19,152	38,863	2.0	0	0.0	38,117(98.08)	2.0	746(1.92)	0.0	0	0.0
I-4	2,688	5,103	109,877	21.5	11,792(10.73)	2.3	95,504(86.92)	18.7	2,581(2.35)	0.5	0	0.0
평균	4,052	9,379	64,052	6.8	3,794(5.92)	0.4	58,835(91.86)	6.3	1,423(2.22)	0.2	0	0.0

골프장내 연못 간의 연계성을 분석한 결과 크게 세 가지 타입으로 분류할 수 있다(그림 2 참조). 골프장 A,

D, G는 각각의 연못에서 곧바로 부지 밖으로 우수가 배출되는 a 타입이며 골프장 C, F는 각각의 연못에서 나

은 우수가 저류조를 통하여 배출되는 b 타입이었다. 그리고 골프장 B, E, H, I의 경우 연못에서 곧바로 배출되고 일부는 다른 연못을 거쳐 유출되는 c 타입에 해당하였다. 우수의 효율적 이용측면과 환경문제를 고려한다면 연못의 우수가 다시 대형의 저류조를 통하여 배출되는 유형인 c 타입이 바람직할 것으로 사료된다.

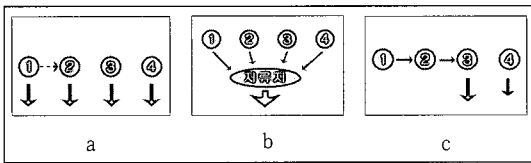


그림 2. 연못의 배수체계 모식도

3. 연못의 설계특성 분석

연못의 설계 특성을 파악하기 위하여 면적, 폭, 길이, 신장성, 둘레길이, 형태지수, 최대수심, 담수량, 가장자리의 단면 및 처리방법 등을 조사하였다. 조사대상 연못의 평균면적을 골프장별로 분석하면 최저 1,489m²에서 최고 10,414m²까지 광범위하게 분포하나 A, C, F, H, I 골프장과 같이 유사한 크기의 연못들로 이루어진 골프장과 B, D, E, G 골프장과 같이 대규모 연못이 도입되는 경우도 있다. 연못의 폭은 10~50m가 52.08%로 가장 많고 길이는 50~100m가 52.08%, 100~150m가 18.75%를 차지하였다.

연못의 형상을 분석하기 위하여 실시한 신장성과 형태지수를 분석한 결과, 신장성은 골프장별로 평균 0.37~0.55의 범위에 해당하여 유사한 것으로 보이나 신장성 지수별 연못 빈도를 보면 0.4 이하가 41.67%, 0.4~0.6 범위가 39.58%, 0.6 이상이 18.75%로 조사대상 연못 대부분은 원형이나 정사각형보다는 길쭉한 형태인 것으로 파악되었다. 연못별로 분석하면 E-3와 G-6 연못은 신장성이 0.80에 가까워 원형에 가까웠으며 B-4, I-1, G-4, F-7, E-1의 연못은 0.20 이하로 세장형 연못에 가깝다.

형태지수도 골프장별 평균을 비교하면 1.21~1.56으로 큰 차이가 없으나 연못별로 분석하면 완전한 원형에 해당하는 1.00에 가까운 연못은 E-3, B-2, G-6이며 B-4, I-1, G-4 연못은 2.00 이상으로 호안에 굴곡이 많은 형

상이거나 세장형에 속한다.

신장성과 형태지수를 동시에 고려하여 분석하면 신장성은 높고 형태지수는 낮은 E-3, G-6 연못은 호안의 선형이 단순하면서 원형에 가까운 형상에 속하며 신장성과 형태지수가 높은 F-2와 F-6 연못은 기본적인 틀은 원형에 가까우나 호안에 굴곡이 많은 형상이다. 신장성은 낮고 형태지수가 높은 B-4, E-1, G-4, I-1 연못은 세장형이면서 호안에 굴곡이 많은 형상의 연못이다.

형상이 단순하지 않으면서 가장자리가 사면형으로 된 연못은 자연스럽게 수심에 많은 변화를 줄 수 있어 다양한 수생식물이 서식할 수 있는 공간을 제공할 수 있어 생태연못으로서의 가치가 매우 높을 것으로 판단된다.

연못이나 호수의 깊이는 조류와 다른 수생식물의 생장에 영향을 미치며 5피트보다 낮은 깊이의 연못은 햇빛이 바닥까지 투과되기 때문에 결과적으로 조류가 발생한다. 연못이 깊을수록 조류 문제는 줄어들며 얇은 호수나 연못은 여름에 수온이 상승하여 관개용으로 사용할 경우 잔디에 해를 입힐 수도 있다(Barrett *et al.*, 2003). 따라서 골프장 연못의 수심은 골프장을 생태적으로 관리하는데 중요한 디자인 요소다.

연못의 수심에 대한 분석결과를 골프장별로 보면 1.4~4.8m의 범위로 대부분이 3~4m의 깊이에 해당되나 F 골프장은 수심이 평균 1.4m로 매우 낮아 여타의 골프장 보다 조류 발생 빈도가 높을 것으로 예상된다. 연못의 평균 담수량을 골프장별로 보면 최소 2,932톤에서 최대 43,773톤까지 분포하였다.

연못 호안의 단면은 사면형, 수직형 및 2단형으로 분류하였다. 골프장에 따라 사면형 또는 수직형만을 사용하는 경우가 많으나 일부 골프장에서는 혼합하여 사용하였으며 연못별로 보면 사면형이 54.17%, 수직형이 41.67%였다. 호안처리 재료는 자연사면 형태의 자연재료가 47.92%, 콘크리트, 콘크리트에 자연석 또는 발파석 붙이기, 방부목, 호박돌 찰쌓기 등의 인공재료가 41.67%를 차지하였으며 자연재료와 인공재료를 부분적으로 결합한 연못도 10.41%에 해당하였다(표 7 참조).

4. 연못의 식생분석

1) 연못식생의 자연성 평가

표 7. 연못의 설계 특성

구분	면적 (m ²)	폭 (m)	길이 (m)	신장성	돌레길이 (m)	형태지수	최대수심 (m)	담수량 (톤)	가장자리 단면	호안재료(일부)
A-1	1,054	25	50	0.50	126	1.09	3.0	1,753	사면형	자연사면(자연석)
A-2	2,284	37	73	0.51	193	1.14	3.0	4,267	사면형	자연사면(자연석)
A-3	3,128	37	100	0.37	250	1.26	3.0	6,132	사면형	자연사면(자연석)
A-4	3,726	40	107	0.37	293	1.36	6.0	12,313	사면형	자연사면
A-5	8,374	71	136	0.52	435	1.34	2.0	13,210	사면형	자연사면(자연석, 방부목)
A-6	4,443	32	144	0.22	332	1.40	3.0	9,331	사면형	자연사면(모래)
평균	3,835	40	102	0.42	272	1.27	3.3	7,834		
B-1	2,510	29	88	0.33	208	1.17	4.0	10,040	수직형	콘크리트
B-2	4,852	70	95	0.74	257	1.04	2.5	12,130	수직형	콘크리트
B-3	3,245	46	98	0.47	227	1.13	3.0	9,735	수직형	콘크리트
B-4	20,223	43	552	0.08	1,283	2.55	2.0	40,446	수직형	콘크리트
B-5	5,668	41	160	0.26	423	1.59	2.0	11,336	수직형	콘크리트
B-6	2,234	32	60	0.53	179	1.07	3.0	6,702	수직형	콘크리트
평균	6,455	44	176	0.40	430	1.43	2.8	15,065		
C-1	2,127	29	80	0.36	196	1.20	5.0	10,635	수직형	콘크리트 자연석 붙이기
C-2	1,664	25	83	0.30	200	1.38	2.0	3,328	수직형	콘크리트 자연석 붙이기
C-3	677	24	34	0.71	99	1.07	2.0	877	사면형	자연사면 · 백자갈
평균	1,489	26	66	0.46	165	1.22	3.0	4,947		
D-1	3,178	50	80	0.63	211	1.06	4.0	12,712	2단형	자연사면
D-2	2,003	33	73	0.45	188	1.19	3.0	6,009	2단형	자연사면
D-3	4,549	34	142	0.24	343	1.43	2.6	11,827	수직형	방부목
D-4	12,990	99	169	0.59	466	1.15	7.0	90,930	수직형	호박돌 칠쌓기
평균	5,680	54	116	0.48	302	1.21	4.2	30,370		
E-1	30,138	80	425	0.19	1,107	1.80	4.0	120,552	수직형	자연석 쌓기(자연사면, 침목)
E-2	7,059	76	114	0.67	319	1.07	6.5	30,353	사면형	자연사면
E-3	1,560	52	64	0.81	142	1.01	3.0	4,680	수직형	콘크리트
E-4	2,900	34	83	0.41	258	1.35	2.0	3,977	사면형	자연사면(자연석)
평균	10,414	61	172	0.52	457	1.31	3.9	43,773		
F-1	1,550	29	48	0.60	146	1.05	1.8	2,069	사면형	자연사면(자갈깔기)
F-2	4,997	55	104	0.53	423	1.69	2.0	6,496	사면형	자연사면(자연석)
F-3	2,736	40	84	0.48	210	1.14	1.8	4,925	수직형	콘크리트
F-4	1,492	28	61	0.46	158	1.15	1.5	2,238	수직형	콘크리트 자연석붙이기
F-5	701	25	43	0.58	109	1.16	1.2	612	사면형	자연사면(자연석)
F-6	2,181	36	82	0.44	242	1.46	1.0	1,850	사면형	자연사면(자연석)
F-7	892	12	71	0.17	158	1.50	1.2	1,070	수직형	콘크리트 괴석붙이기
F-8	1,607	32	61	0.52	156	1.10	1.0	1,376	사면형	자연사면(자연석)
F-9	1,601	24	77	0.31	179	1.26	1.0	1,328	사면형	자연사면
평균	1,973	31	70	0.45	198	1.28	1.4	2,932		

(표 7. 계속)

구분	면적 (m ²)	폭 (m)	길이 (m)	신장성	둘레길이 (m)	형태지수	최대수심 (m)	담수량 (톤)	가장자리 단면	호안재료(일부)
G-1	7,683	48	161	0.30	402	1.29	3.0	23,049	수직형	방부목
G-2	714	19	36	0.53	101	1.06	3.5	2,499	수직형	방부목
G-3	5,903	46	147	0.31	356	1.31	2.5	14,758	수직형	방부목(콘크리트)
G-4	15,163	53	334	0.16	890	2.04	3.5	53,071	수직형	방부목 (콘크리트 자연석붙이기)
G-5	2,822	42	81	0.52	207	1.10	2.5	7,055	수직형	방부목
G-6	2,238	45	57	0.79	174	1.04	3.0	6,714	수직형	콘크리트 자연석붙이기
평균	5,754	42	136	0.43	355	1.31	3.0	17,858		
H-1	4,923	46	117	0.39	305	1.23	8.0	26,695	사면형	자연사면(자연석)
H-2	4,571	43	123	0.35	304	1.27	5.0	15,127	사면형	자연사면(자갈갈기)
H-3	3,690	30	117	0.26	266	1.24	5.0	12,739	사면형	자연사면(자갈갈기)
H-4	1,361	38	62	0.61	149	1.14	5.0	5,509	사면형	자연사면(자연석)
H-5	2,215	34	82	0.41	215	1.29	4.0	6,555	사면형	자연사면(자연석)
H-6	1,862	38	52	0.73	166	1.09	2.0	2,938	사면형	자연사면
평균	3,104	38	92	0.46	234	1.21	4.8	11,594		
I-1	5,366	30	198	0.15	548	2.11	3.5	10,645	사면형	자연사면 · 콘크리트 발파석 붙이기
I-2	1,398	26	58	0.45	159	1.20	3.5	2,615	사면형	자연사면
I-3	6,754	67	110	0.61	476	1.63	4.0	19,152	사면형	자연사면(발파석)
I-4	2,688	27	96	0.28	239	1.30	3.0	5,103	사면형	자연사면(발파석)
평균	4,052	38	116	0.37	356	1.56	3.5	9,379		

현장조사와 문헌조사를 통한 식생학적 평가에서 추출한 형질들을 기능적 관점에서 6개의 평가지표로 세분하였다.

자연성 평가를 위한 형질분석 결과는 표 10과 같다. 3개의 등급으로 구분된 자연성 평가 결과에서 종풍부도는 A골프장이 최상급인 1등급이 3개로 가장 많았으며 B, D, F, G 골프장은 최하등급인 3등급이 많았다. 식생의 형태는 9개 골프장 전체에서 대체적으로 2등급과 3등급이 많아 연못식생이 관리된 식생임을 보여주고 있다. 식물서식공간의 다양성은 종 풍부도가 높은 A, I, F, H 골프장에서 1등급이 1~2개 조사되어 식물서식공간의 다양성이 종 풍부도와 매우 밀접한 관계가 있는 것으로 나타났다.

연못식생의 층위구조는 다층구조가 거의 조사되지 않아 층위구조는 비교적 단순한 것으로 나타났다. 식생의 활력도는 종 풍부도, 서식공간의 다양성이 높은 A,

H, I 골프장이 1등급과 2등급의 비율이 높아 이 지역들이 비교적 자연 상태의 식생이 다른 지역들보다 많은 식물들이 안정적으로 생활환을 마칠 수 있는 환경이 조성되어 있는 것으로 판단된다. 수질정화를 위한 식물활용은 A, H, I 골프장이 가능하거나 이용하고 있는 것으로 조사되었으나 대부분의 골프장에서 연못의 수질정화는 식생에 전혀 의존하지 않는 것으로 판단된다.

종합적으로 연못식생 자연성 평가에서 비교적 높게 평가된 골프장은 A, H, I 골프장 등이며 6개의 평가항목을 비교하면 '수질정화를 위한 식물활용' 항목에서만 2등급 연못의 수가 3등급보다 많고 나머지 5개 항목에서는 모두 3등급이 상대적으로 많은 것으로 나타나 전체적으로 자연성은 낮은 것으로 평가되었다(표 8 참조).

2) 연못의 식생면적과 현존량

조사대상 48개 연못의 총 면적은 217,694m²이며 연못

표 8. 연못식생의 자연성 평가지표에 의한 가치등급

평가지표 및 등급	종 풍부도			식생형태			식물 서식공간의 다양성			연못식생의 층위구조			식생의 활력도			수질정화를 위한 식물활용			종합			
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
골프장																						
A (6)	3	3	0	0	6	0	2	4	0	1	5	0	4	2	0	2	4	0	12	24	0	
B (6)	0	1	5	0	2	4	0	2	4	0	2	4	0	2	4	1	1	4	1	10	25	
C (3)	0	1	2	0	1	2	0	1	2	0	0	3	0	1	2	0	1	2	0	5	13	
D (4)	0	0	4	0	0	4	0	0	4	0	1	3	0	0	4	0	0	4	0	1	23	
E (4)	0	2	2	0	2	2	0	1	3	0	1	3	0	1	3	1	2	1	1	9	14	
F (9)	1	0	8	1	1	7	1	3	5	0	3	6	1	2	6	1	7	1	5	16	33	
G (4)	2	0	2	0	2	2	1	1	2	0	4	0	2	1	1	1	1	2	6	9	11	
H (6)	0	0	6	0	0	6	0	0	6	0	0	6	0	0	6	0	5	1	0	5	31	
I (6)	2	1	3	1	3	2	1	4	1	1	2	3	2	3	1	2	1	3	9	14	13	
합계	8	8	32	2	17	29	5	16	27	2	18	28	9	12	27	8	22	18	34	93	163	

(): 골프장 내 연못의 숫자.

내 식생면적은 23,896m²로 조사되었다. 연못면적에 대한 식생면적은 10.98%로서 낮은 비율이며 식생의 현존량은 43.75톤으로 산출되었다.

골프장별 총 연못면적 대비 식생면적을 보면 A 골프장이 40.5%로서 매우 높은 식피율을 보이고 있으며 I 골프장과 F 골프장도 다른 골프장에 비해 다소 높게 나타났다. 그러나 조사된 골프장의 대부분은 10% 미만의 식생면적 비율을 보이고 있어 골프장내 연못식생은 매우 빈약한 것으로 조사되었다. 특히 B 골프장과 D 골프장은 각각 2.3%, 1.0%로서 연못 내 식생은 생태적 측면보다 경관적 측면을 위한 것으로 판단된다. 이들 9개 골프장 연못의 식생면적은 연못의 자연성 평가 결과와 밀접한 상관관계를 나타내고 있어 자연성이 높게 평가된 A와 I는 식생면적의 비율이 높으며 낮은 평가를 받은 G, C, B, D 골프장은 식생의 면적 비율이 낮았다.

연못별로 식생면적 비율을 보면 F-6 연못은 식생면적 비율이 95.0%로서 연못 대부분이 검정말로 강하게 우점되어 있다. 그러나 검정말의 경우 연못의 수중에 분포되어 있긴 하나 키 작은 1년생 초본으로서 녹지자연등급 4등급에 해당될 뿐만 아니라 키 큰 초본으로서 녹지자연등급 5등급에 해당하는 부들의 식생면적이 넓지 않아 현존량은 3.17톤으로 산출되어 식피율이 67.0%, 55.0%, 45.0%인 A-6, A-5, I-1 연못의 현존량보다 낮았다. 현존량이 높은 A-5, A-6, I-1 연못은 식피율이 비교

적 높고 침수식물, 부엽식물, 추수식물의 식물군락 조성이 다양하며 자연식생이 잘 발달된 연못들이다. 그러나 B-6 연못은 식생면적 비율이 40.0%로 비교적 높고 연못에 분포하는 수생식물군락이 다양함에도 불구하고 녹지자연등급 4등급에만 해당되어 현존량이 1.33톤으로 낮게 산출된 반면에 E-1 연못과 G-4 연못은 식생면적 비율이 3.0%, 6.0%로 매우 낮은 식피율을 보였으나 전체연못의 면적이 넓어 현존량은 B-6 연못보다 높은 2.10톤과 1.74톤으로 산출되었다. 식생이 전혀 없는 연못도 10개소로 전체 연못의 20.83%나 되었다(표 9 참조).

이러한 결과로 볼 때 연못 내 식물의 현존량은 다양한 수생식물 분포가 큰 영향을 미치고 있음을 알 수 있다. 특히 연못 내 수중의 침수식물, 부엽식물의 분포는 연못 내 식피율을 높일 뿐만 아니라 현존량을 크게 증가시켜 수중의 수질오염물질 제거에 상당한 영향을 줄 것으로 판단된다. 따라서 골프장내 연못의 설계 시 식생분포에 영향을 주는 수심, 연못가장자리의 구배, 연못 내 식물의 활착조건, 호안의 재료 등을 반드시 고려해야 할 것으로 사료된다.

결과적으로 볼 때 자연성이 높은 연못은 식물의 활착이 양호한 연못환경과 밀접한 관련이 있어 식생의 분포면적을 넓힌 것으로 판단된다. 그러나 골프장내 연못의 다양한 기능을 고려하여 볼 때 식생의 면적, 자연성, 군락의 다양성, 식물의 종수 등 식생 측면만으로 골프장내 연못의 가

치를 평가한다는 것은 무리가 있을 것으로 사료된다.

그럼에도 불구하고 연못의 위치상 보존림이나 러프 지역과 연계된 부분에는 수생식물을 식재하여 연못과 주변 환경과의 생태적, 경관적 연결성을 강화시키도록 하고 수질 정화에도 기여하도록 하며 경기와 관련이 있

는 페어웨이 쪽은 경기력과 경관적 측면에서 수생식물을 배제하거나 일부 수생식물만을 도입함으로써 전체적으로 생태적, 경관적, 경기적 측면을 동시에 고려하는 것은 골프장 연못의 생태적 설계 및 관리에서 중요한 부분이라 판단된다.

표 9. 연못의 식생면적과 현존량

구분	연못면적 (m ²)	주요 식물군락	출현 군락수	식생면적 (m ²)	식생면적 비율(%)	녹지자연등급		현존량 (톤)
						4등급 (m ²)	5등급 (m ²)	
A-1	1,054	노랑어리연꽃, 수련, 부들, 줄, 사마귀풀, 노랑꽃창포	6	484	46.0	432	52	0.76
A-2	2,284	노랑어리연꽃, 미국가막사리	2	274	12.0	160	114	0.50
A-3	3,128	노랑어리연꽃, 노랑꽃창포, 부들, 골풀, 미국가막사리	5	345	11.0	63	282	0.74
A-4	3,726	달뿌리풀, 털물참새피, 부들, 노랑꽃창포, 미국가막사리	5	634	17.0	224	410	1.28
A-5	8,374	부들, 노랑어리연꽃, 물옥잠, 꽃창포, 수련	5	4,606	55.0	3,601	1,005	7.70
A-6	4,443	부들, 물옥잠, 검정말, 꽃창포, 개구리밥, 노랑어리연꽃	6	2,977	67.0	1,422	1,555	5.73
합계	23,009		29	9,320	40.5	5,902	3,418	16.71
B-1	2,510	.	.	.	.	.	.	.
B-2	4,852	.	.	.	.	.	.	.
B-3	3,245	.	.	.	.	.	.	.
B-4	20,223	.	.	.	.	.	.	.
B-5	5,668	.	.	.	.	.	.	.
B-6	2,234	좁개구리밥, 나도겨풀, 수련, 자라풀	4	894	40.0	894	.	1.33
합계	38,732		4	894	2.3	894	0	1.33
C-1	2,127	.	.	.	.	.	.	.
C-2	1,664	가래, 말즘, 수련	3	166	10.0	166	.	0.25
C-3	677	부레옥잠, 수련	2	20	3.0	20	.	0.03
합계	4,468		5	186	4.2	186	0	0.28
D-1	3,178	갈대, 노랑꽃창포, 여뀌바늘	3	159	5.0	.	159	0.37
D-2	2,003	노랑꽃창포, 갈대, 애기부들	3	60	3.0	.	60	0.14
D-3	4,549	.	.	.	.	.	.	.
D-4	12,990	.	.	.	.	.	.	.
합계	22,720		6	219	1.0	0	219	0.51
E-1	30,138	갈대	1	904	3.0	.	904	2.10
E-2	7,059	말즘, 갈대, 노랑꽃창포	3	1,481	21.0	1,058	423	2.56
E-3	1,560	.	.	.	.	.	.	.
E-4	2,900	말즘, 노랑꽃창포	2	1,102	38.0	1,015	87	1.71
합계	41,657		6	3,487	8.4	2,073	1,414	6.37
F-1	1,550	수련, 검정말	2	47	3.0	16	31	0.09
F-2	4,997	부레옥잠, 노랑꽃창포, 달뿌리풀	3	300	6.0	150	150	0.57
F-3	2,736	줄, 부들, 달뿌리풀, 노랑꽃창포	4	137	5.0	.	137	0.32
F-4	1,492	수련, 노랑꽃창포, 검정말	3	8	0.5	45	45	0.17

(표 9. 계속)

구분	연못면적 (m ²)	주요 식물군락	출현 군락수	식생면적 (m ²)	식생면적 비율(%)	녹지자연등급		현존량 (톤)
						4등급 (m ²)	5등급 (m ²)	
F-5	701	부레옥잠, 노랑꽃창포	2	28	4.0	21	7	0.05
F-6	2,181	검정말, 부들	2	2,072	95.0	1,963	109	3.17
F-7	892	수련, 노랑꽃창포	2	54	6.0	27	27	0.10
F-8	1,607	달뿌리풀, 노랑꽃창포	2	32	2.0	.	32	0.07
F-9	1,601	말즘, 검정말, 노랑꽃창포, 부들	4	128	8.0	80	48	0.23
합계	17,757		24	2,806	15.5	2,302	586	4.77
G-1	7,683	갈대	1	230	3.0	.	230	0.53
G-2	714	물옥잠, 노랑꽃창포, 곶풀	3	85	12.0	71	14	0.15
G-3	5,903	수련, 갈대	2	354	6.0	177	177	0.67
G-4	15,163	물옥잠, 부들	2	910	6.0	455	455	1.74
G-5	2,822		.	.	.	.	.	.
G-6	2,238	부들, 수련, 물옥잠	3	269	12.0	157	112	0.49
합계	34,523		11	1,848	5.4	860	988	3.58
H-1	4,923	갈대, 꽃창포, 부들, 여뀌	4	493	10.0	148	345	1.02
H-2	4,571	갈대	1	137	3.0	.	137	0.32
H-3	3,690	부들, 꽃창포, 여뀌	3	259	7.0	74	185	0.54
H-4	1,361	말즘, 갈대, 부들	3	313	23.0	204	109	0.55
H-5	2,215	갈대, 부들, 미국가막사리	3	155	7.0	.	155	0.36
H-6	1,862	갈대, 꽃창포, 부들, 줄	4	652	35.0	56	596	1.46
합계	18,622		18	2,009	10.8	482	1,527	4.25
I-1	5,366	애기가래, 갈대, 달뿌리풀, 부들	4	2,415	45.0	1,342	1,073	4.48
I-2	1,398	검정말, 애기부들, 쯤부들, 갈대, 달뿌리풀	5	280	20.0	140	140	0.53
I-3	6,754	갈대, 노랑꽃창포	2	270	4.0	.	270	0.63
I-4	2,688	갈대, 사마귀풀, 미국가막사리	3	162	6.0	81	81	0.31
합계	16,206		14	3,127	19.3	1,563	1,564	5.95

표 10. 연못 내 출현군락 횟수

횟수	출현군락
16	노랑꽃창포, 부들
15	갈대
10	수련
6	검정말, 달뿌리풀
5	꽃창포, 노랑어리연꽃, 말즘, 물옥잠, 미국가막사리
3	부레옥잠, 줄
2	곶풀, 사마귀풀, 애기부들, 여뀌
1	가래, 개구리밥, 나도겨풀, 애기가래, 여뀌바늘, 자라풀, 쯤개구리밥, 쯤부들, 퉁물참새피

연못 내 출현군락의 횟수를 분석하면 노랑꽃창포와 부들이 16회로 33.33%의 연못에 출현하였으며 다음으로 갈대 15회, 수련 10회 순으로 나타나 이들 식물이 곶프장 연못 내 수생식물로 선호되고 있음을 알 수 있다 (표 10 참조).

5. 연못의 수질분석

연못수의 부영양화 및 부유물질의 혼입 정도를 파악하기 위하여 투명도(transparency)를 측정하였다. 가장 자리의 수심이 너무 얇아 측정이 불가능했던 5개소를 제외한 43개소 연못의 측정 결과를 보면 대부분의 100

cm 전후의 투명도를 보였으나 F 골프장만이 68cm 정도로 낮은 투명도를 보였는데 이는 다른 골프장의 연못과 비교해 상대적으로 낮은 수심과 관계가 있는 것으로 판단된다. 특히, F-3 연못의 경우 29cm의 매우 낮은 투명도를 보여 부영양화와 함께 많은 부유물질이 혼입된 것으로 판단된다. H-5와 D-1 연못은 180cm 전후의 높은 투명도를 보였다.

수중의 용존산소(Dissolved Oxygen: DO)는 대기 중 산소의 자연적 용해, 조류나 수생생물의 광합성 작용에 의하여 증가하고 수중 분산물의 환원작용, 동식물의 호흡작용 및 미생물에 의한 유기물의 분해작용 때문에 감소한다(김좌관, 2003). 따라서 DO 농도를 파악하는 일은 해당 수체의 수질이 좋고 나쁨을 판단하는 가장 중요한 지표 중의 하나이다. 골프장별로 보면 A 골프장을 제외한 대부분의 골프장이 호소수질환경기준의 DO 1등급 기준인 7.5mg/ℓ를 상회하며 연못별로 보면 F-4, H-6, B-2 연못은 15mg/ℓ 전후의 높은 농도를 보였으며 1등급 이하인 연못은 A-5, A-6, A-1 연못 등 A 골프장을 중심으로 10곳(20.83%)에 해당한다.

화학적 산소요구량(COD)은 A 골프장이 3.2mg/ℓ로 가장 낮았으며 B, I 골프장이 각각 8.8mg/ℓ, 8.7mg/ℓ로 높게 나타났다. 연못별로 고찰하면 D-1, D-2, A-4, A-3, A-2 연못 등은 호소수질환경기준 2등급 기준인 3mg/ℓ 이하, F-1, H-1, A-6, A-1 연못 등 20곳(41.67%)은 3등급 기준인 6mg/ℓ 이하, G-4, F-9, I-3 연못 등 11곳(22.92%)은 4등급인 8mg/ℓ 이하이며 5등급(10mg/ℓ 이하)을 벗어난 연못도 G-5와 D-3 연못 등 6곳(12.5%)으로 나타나 연못 간 COD 측정치에 많은 차이가 있었다.

부유물질(SS)을 골프장별로 보면 E, A, H, D 골프장이 호소수질환경기준 2등급인 5mg/ℓ 이하로 나타났으나 G골프장은 3~4등급보다 많은 16.5mg/ℓ로 높게 나타났다. 연못별로 보면 A-6, E-3, H-5, H-6 연못은 호소수질환경기준 1등급인 1mg/ℓ 이하이며 A-2, C-3, A-1 연못 등 15곳(31.30%)은 2등급인 5mg/ℓ 이하, E-1, F-6, F-7 연못 등 24곳(50.0%)은 3~4등급에 해당하였다. 그러나 G-6, F-3, G-2 연못 등은 20mg/ℓ 이상으로 부유물질이 매우 많은 것으로 나타났다. 골프장 및 스키장에 설치된 우수처리시설의 방류수 수질기준은 부

유물질량 10mg/ℓ 이하로 규정하고 있는데 조사대상 48곳 중 36곳(75.0%)은 이 기준 이하인 것으로 나타나 부유물질(SS)은 큰 문제가 되지 않을 것으로 판단된다.

총질소(TN)는 골프장별로 1.797~5.058mg/ℓ의 범위로 호소수질환경기준과 비교할 때 모두 5등급인 1.500mg/ℓ를 초과하며 특히 B 골프장은 5.058mg/ℓ로 매우 높게 나타나고 있다. 그러나 대부분의 골프장에서 연못 간 TN 함유량에 많은 차이가 있다. 연못별로 볼 때 호소수질환경기준 1등급인 0.200mg/ℓ 이하에 해당하는 연못은 없으며 2등급인 0.400mg/ℓ 이하에 해당하는 연못도 단지 D-1 하나이며 3등급인 0.600mg/ℓ 이하에 속하는 연못도 F-5, G-6 등 2곳이다. 전체 연못 중 5등급 1.500mg/ℓ 이하에 속하는 연못이 모두 13곳(27.08%)에 불과할 뿐 아니라 특히 B-1, G-3, F-2, F-3, B-4, H-2, B-3 연못 등은 총질소가 5.000mg/ℓ 이상으로 높아 전체적으로 연못의 총질소 문제를 해결하기 위한 체계적인 접근방법이 요구된다 하겠다.

총인(TP)은 골프장별로 0.209~0.467mg/ℓ의 범위로 호소수질환경기준과 비교할 때 모두 5등급 0.150mg/ℓ를 초과하며 특히 E, G, I 골프장은 0.400mg/ℓ를 초과하여 여타의 골프장에 비해 높은 총인 수치를 보이고 있다. 연못별로 볼 때 호소수질환경기준 1등급 0.010mg/ℓ 이하에 해당하는 연못은 G-6, D-1, C-1 3곳이며 2등급 0.030mg/ℓ 이하와 3등급 0.050mg/ℓ 이하에 해당하는 연못도 각각 D-2와 F-2 뿐이다. 전체 연못 중 5등급 0.150mg/ℓ 이하에 속하는 연못이 모두 19곳(39.59%)에 해당하고 F-9, G-3, I-4, D-3, A-6 연못 등은 5등급 기준에 5배가 넘는 0.750mg/ℓ 이상으로 높아 총인 관리를 위한 대책이 요구된다(표 11 참조).

비료성분의 연못 유입을 줄이기 위한 방안으로 연못 주변에 식생여과지대(vegetative filter strip)를 설치(이도원, 1994)하거나 연못을 중심으로 4.5~7.5m 두께의 무시비지역(no fertilization zone)의 조성(White, 2000), 또는 표면 유출에 의한 비료의 운반을 고려하여 잔디지역의 비료살포 농도를 차별화하는 방법도 대안이 될 수 있을 것이다.

본 연구에서 조사한 항목인 DO, COD, SS, TN, TP를 종합적으로 고려하여 호소수질 환경기준과 연못 수질을 비교할 때 2등급에 해당하는 연못은 D-1 하나이며 4등

표 11. 연못의 수질 분석

구분	분석항목							
	투명도(cm)	용존산소 (mg/ℓ)	온도(℃)	화학적산소 요구량(mg/ℓ)	부유물질 (mg/ℓ)	총질소 (mg/ℓ)	총인(mg/ℓ)	잔류농약
A-1	102	6.02	26.5	3.8	3.0	2.331	0.224	N.D.
A-2	112	7.10	27.5	2.8	1.5	0.990	0.486	N.D.
A-3	114	7.95	27.7	2.6	6.5	1.630	0.196	N.D.
A-4	86	6.50	27.4	2.4	4.0	1.864	0.536	N.D.
A-5	122	3.30	28.3	4.2	8.0	2.360	0.096	N.D.
A-6	136	5.84	27.6	3.6	0.5	1.880	0.752	N.D.
평균	112	6.12	27.5	3.2	3.9	1.843	0.382	
B-1	109	8.66	31.5	8.4	3.0	8.230	0.052	N.D.
B-2	68	14.20	33.0	11.2	7.5	4.352	0.465	N.D.
B-3	111	9.90	31.3	9.2	10.0	5.590	0.632	N.D.
B-4	94	10.30	33.3	8.8	12.0	6.230	0.321	N.D.
B-5	89	10.10	32.6	8.0	10.0	3.445	0.265	N.D.
B-6	104	6.10	31.7	7.2	4.5	2.500	0.059	N.D.
평균	96	9.87	32.2	8.8	7.8	5.058	0.299	
C-1	156	9.90	30.4	5.6	9.5	2.321	0.010	N.D.
C-2	91	8.40	31.3	7.8	10.5	1.650	0.096	N.D.
C-3	측정곤란	9.40	30.4	4.8	2.0	3.392	0.563	N.D.
평균	124	9.23	30.7	6.1	7.3	2.454	0.223	
D-1	179	8.38	24.6	2.0	3.0	0.320	0.008	N.D.
D-2	114	8.20	25.0	2.0	3.6	0.630	0.012	N.D.
D-3	60	8.30	26.5	10.4	8.8	4.322	0.752	N.D.
D-4	144	8.24	25.5	4.4	4.5	2.630	0.063	N.D.
평균	124	8.28	25.4	4.7	5.0	1.976	0.209	
E-1	82	9.17	31.2	5.2	5.5	1.990	0.265	N.D.
E-2	114	8.30	31.0	4.0	3.0	0.997	0.536	N.D.
E-3	71	8.71	31.9	7.6	0.5	3.211	0.496	N.D.
E-4	71	10.29	29.9	5.0	3.5	2.140	0.569	N.D.
평균	85	9.12	31.0	5.5	3.1	2.085	0.467	
F-1	61	9.52	27.2	3.2	12.0	2.862	0.060	N.D.
F-2	76	6.88	29.0	8.4	15.2	7.560	0.032	N.D.
F-3	29	12.51	29.1	17.6	28.0	6.531	0.053	N.D.
F-4	73	16.10	29.1	6.0	10.5	3.112	0.109	N.D.
F-5	83	8.47	27.0	5.2	9.0	0.523	0.089	N.D.
F-6	측정곤란	13.40	30.9	5.2	5.5	1.233	0.056	N.D.
F-7	89	8.10	29.6	9.2	5.5	0.680	0.191	N.D.
F-8	측정곤란	10.62	29.5	4.8	4.5	0.960	0.076	N.D.
F-9	66	7.86	29.3	6.4	7.0	2.363	1.231	N.D.
평균	68	10.38	29.0	7.3	10.8	2.869	0.211	

(표 11. 계속)

구분	분석항목							
	투명도(cm)	용존산소(mg/ℓ)	온도(℃)	화학적산소요구량(mg/ℓ)	부유물질(mg/ℓ)	총질소(mg/ℓ)	총인(mg/ℓ)	잔류농약
G-1	66	11.50	30.9	8.0	18.5	3.370	0.500	N.D.
G-2	53	7.20	29.1	8.0	23.5	2.560	0.601	N.D.
G-3	측정곤란	7.81	31.0	9.2	12.0	7.620	0.851	N.D.
G-4	132	8.60	32.1	6.2	5.0	0.996	0.115	N.D.
G-5	86	8.61	31.1	10.2	10.5	3.336	0.471	N.D.
G-6	94	8.86	30.5	7.6	29.5	0.600	0.006	N.D.
평균	86	8.88	30.8	8.2	16.5	3.080	0.424	
H-1	89	7.30	31.4	3.4	3.0	4.560	0.536	N.D.
H-2	80	8.80	33.3	4.0	9.5	5.849	0.465	N.D.
H-3	165	6.90	33.0	6.0	5.0	4.013	0.232	N.D.
H-4	56	8.90	34.1	4.2	10.0	2.330	0.075	N.D.
H-5	186	9.50	33.4	7.0	0.5	0.839	0.198	N.D.
H-6	측정곤란	14.50	30.7	5.0	0.5	0.990	0.563	N.D.
평균	115	9.32	32.7	4.9	4.8	3.097	0.345	
I-1	51	13.64	30.7	13.6	8.5	1.526	0.068	N.D.
I-2	110	9.22	30.2	4.0	6.0	2.103	0.569	N.D.
I-3	111	12.10	29.9	6.8	13.0	2.450	0.231	N.D.
I-4	82	10.93	29.9	10.4	10.0	1.110	0.765	N.D.
평균	89	11.47	30.2	8.7	9.4	1.797	0.408	

N.D.: Not detected.

급은 D-2, F-5, F-8 등 3곳, 5등급은 F-6, G-4, G-6 등 3곳에 해당하는 것으로 나타났다(표 12 참조). 이는 수질조사항목 전체를 종합적으로 분석할 때 골프장 연못의 수질이 양호하지 않다는 것을 의미하는 것이라 사료된다. 골프장 주요 사용 농약의 연못수내 잔류량 검사에서는 모든 연못에서 잔류농약이 검출되지 않아 골프장에서의 농약 사용으로 인한 환경오염문제는 크지 않은 것으로 판단된다.

골프장 연못의 수질에 영향을 미치는 요인은 크게 입지적 측면, 기후적 측면, 관리적 측면, 설계적 측면으로 분류할 수 있다. 입지적 요인은 연못 유역의 크기, 형상, 경사도, 토지이용, 토양조건 등이 있으며 기후적 요인으로는 강우의 여부, 강우량, 강우강도, 강우지속시간, 강우빈도 및 시기, 관리적 요인으로는 농약이나 비료의 살포량, 살포시기, 살포빈도, 살포장소, 연못수의 보충량 및 보충시기, 보충수의 수질, 연못수질관리방법 등

이 있으며 설계적 요인으로는 연못의 규모나 형상, 담수량, 수심 그리고 식생 등 다양한 요인이 있다고 판단된다. 여기에서 관리적 요인과 기후적 요인이 동일한 조건이라 할지라도 이들 두 요인이 어떻게 결합하느냐에 따라 수질에 미치는 영향은 크게 달라질 수 있다. 이처럼 모든 골프장, 특히 같은 골프장일지라도 연못에 따라 모든 상황(예를 들어 동일한 양의 비료를 살포했다라도 연못을 중심으로 어느 정도 떨어져 있는 지역이나에 따라 연못에 유입되는 양이 다르기 때문)은 다르게 된다.

본 연구의 경우, 실험실이 아닌 필드에서 자료를 수집하여 이루어진 것이기 때문에 골프장 연못의 수질에 영향을 미치는 이러한 모든 요인을 고려하는 데는 많은 제약이 따른다. 따라서 기후적 요인을 고려하는 측면에서는 일기예보를 통해 강우가 전혀 없는 기간을 선정하여 48개 연못의 시료를 채취하였으며 연못 유역의 크기 및 토지이용 등 입지적 요인과 여러 가지 설계적 요인을 이

표 12. 연못수질의 호소수질환경기준과의 비교분석

구분	등급	이용목적별 적용대상	COD		SS		TP		TN	
			기준(mg/ℓ)	빈도(%)	기준(mg/ℓ)	빈도(%)	기준(mg/ℓ)	빈도(%)	기준(mg/ℓ)	빈도(%)
생활 환경	I	상수원수 1급 자연환경보전	1 이하	-	1 이하	4(8.33)	0.010 이하	3(6.25)	0.200 이하	-
	II	상수원수 2급 수산용수 1급 수영용수	3 이하	5(10.42)	5 이하	15(31.25)	0.030 이하	1(2.08)	0.400 이하	1(2.1)
	III	상수원수 3급 수산용수 2급 공업용수 1급	6 이하	20(41.66)	15 이하	24(50.00)	0.050 이하	1(2.08)	0.600 이하	2(4.2)
	IV	공업용수 2급 농업용수	8 이하	11(22.92)			0.100 이하	12(25.00)	1.0 이하	8(16.7)
	V	공업용수 2급 농업용수	10 이하	6(12.50)	쓰레기 등이 떠있지 아니할 것	-	0.150 이하	2(4.17)	1.5 이하	2(4.2)
등급 외			-	6(12.50)	-	5(10.42)	-	29(60.42)	-	35(72.9)

용하여 수질과의 상관관계분석을 실시하였다.

연못 및 유역특성과 수질검사 결과와의 상관관계분석 결과, COD는 단위 유역 면적당 숲 면적과 $r = -0.388$ ($p = 0.006$)의 부적 상관관계가 있는 것으로 나타나 유역 면적 중 숲 면적이 커질수록 COD는 낮아지며 단위 유역 면적당 잔디 면적과는 $r = 0.384$ ($p = 0.007$)의 정적 상관관계가 있어 잔디면적이 증가할수록 COD는 높아지는 경향이 있다. 단위 연못 면적당 숲 면적과도 $r = -0.332$ ($p = 0.021$)의 부적 상관관계가 있어 연못면적 대비 유역의 숲 면적이 커질수록 COD는 낮아진다. 따라서 골프장내 보존림 및 인공 숲을 연못 유역에 적절히 배치시킴으로써 강우 시 생태적으로 건전한 우수가 연못에 유입되도록 하여 연못의 수질관리에도 도움이 되

고 또한 주변 수림과의 연계성을 강화함으로써 야생생물 서식처로서의 기능도 제고하는 것이 바람직할 것으로 판단된다. COD는 설계적 요인 중 연못 최대수심과도 $r = -0.301$ ($p = 0.038$)의 부적 상관관계가 있어 연못의 수심이 깊을수록 낮아지는 경향을 보였다. TN은 단위 연못 면적당 연못 내 식생면적과 $r = -0.291$ ($p = 0.045$)의 부적 상관관계가 있어 연못 내 식생면적이 커질수록 TN은 감소하는 경향을 보였다. 따라서 수생식물을 이용한 생물학적 방법은 연못의 TN을 제거하는 하나의 방법이 될 수 있을 것이다(표 13 참조).

그러나 연못의 수질에 영향을 미치는 요인은 단순한 것이 아니고 여러 가지 요인이 복합적으로 기인하고 있어 골프장 입지 선정에서부터 운영 관리에 이르기까지

표 13. 연못 및 유역특성과 수질의 상관관계분석

(n=48)

구분	숲면적 /유역면적	잔디면적 /유역면적	숲면적 /연못면적	연못내 식생면적 /연못면적	연못 최대수심
화학적산소요구량 (COD)	-0.388 ($p = 0.006$)	0.384 ($p = 0.007$)	-0.332 ($p = 0.021$)	N.S.	-0.301 ($p = 0.038$)
총질소 (TN)	N.S.	N.S.	N.S.	-0.291 ($p = 0.045$)	N.S.

N.S.: Not Significant at $\alpha = 0.05$.

과학적이고 체계적인 접근을 통한 문제해결이 바람직하다고 판단된다.

6. 연못의 관리특성 분석

연못수의 관리는 용수를 어떻게 확보하고 수질을 어떻게 유지하여 경관적, 생태적 가치를 향상시키며 아울러 평상시 또는 갈수기에 관개용수로 사용하는가 하는 문제이다. 연못의 수원을 분석하면 모든 연못이 우수를 기본으로 하고 있으며 H 골프장과 I 골프장은 각각 모든 연못에 계곡수와 저수지 물을 각각 사용하였으나 대부분의 골프장은 연못에 따라 다른 방법으로 수자원을 확보하고 있다. 연못별로 볼 때 우수와 계곡수를 사용하는 경우가 18곳(37.5%)으로 가장 많고 다음이 우수와 지하수 16곳(33.33%), 우수와 저수지 6곳(12.5%) 순이었다.

골프장에서의 계곡수 사용은 하류지역의 이용에 피해를 주지 않는 범위 내에서 이루어져야 하며 인근 저수지 물을 사용한다거나 부지 내에 저수지를 확보하여 사용하는 방법도 지하수 고갈 문제를 해결하는 좋은 방법이라 판단된다. 그러나 골프장 우수 배출수의 환경문제를 해결하고 동시에 관개용수 문제를 해결하기 위해서는 2~3중 구조의 연못 체계를 갖추는 것이 바람직할 것으로 판단된다. 저수지에서의 물의 체류시간은 식물플랑크톤의 증식에 깊은 관계를 가지고 있는데 Reynolds (1984)의 조사에 의하면 식물플랑크톤이 2배로 증가하는데 배양조건하에서는 0.5~3일 정도 걸린다. OECD (1982)에서는 체류시간이 3~5일이면 플랑크톤은 증가하지 않는다고 했다. 따라서 식물플랑크톤의 증식속도에 비해 체류시간이 짧으면 저수지에서의 플랑크톤이 충분히 늘기 전에 호소에서 유출되어 버리고 이상 발생은 일어나지 않는다(류재근 등, 2002). 이러한 원리를 이용하여 지하수나 계곡물을 곧바로 관개용수로 사용하지 않고 먼저 기존 연못물을 관개용수로 사용한 후 지하수나 계곡물로 다시 연못을 채워줌으로서 자연스러운 상태에서 연못의 수질을 일정하게 유지시킬 수 있을 것이다. 그리고 골프장 최하단에 저류시설(detention facilities)을 설치하여 강우 시 골프장 유출수의 부지 밖 배출을 차단하고 관개를 위한 용수로 활용하는 것이 바람

직할 것으로 판단된다.

수질정화방법으로는 대부분의 골프장에서 폭기장치나 자체순환 및 인접연못과의 순환을 통한 물리적 방법을 사용하고 있으며 F 골프장과 H-6 연못은 응집제 사용, A-5 연못은 산화방법, G-4, G-5, H-4 연못은 이온처리방법 등 화학적 방법을 도입하여 수질을 정화하고 있다. 생물학적 방법으로는 미생물처리방법과 수생식물을 이용하는 방법이 사용되고 있는데 전체 연못 중 36곳(75.00%)은 수생식물을 이용하고 5곳(10.42%)은 미생물처리, 2곳(4.17%)은 수생식물과 미생물처리를 동시에 이용하고 있어 전체 연못 중 43곳(89.58%)이 생물학적 방법을 이용하고 있다. 종합적으로 볼 때 골프장 연못의 수질 정화는 물리적 방법과 생물적 방법이 주로 병행되고 있는 것으로 나타났다.

연못은 골프장 관개용수의 주요한 공급원이다. 연못의 용량은 잔디관리 요구에 충분해야 하고 불가피한 손실을 극복해야 하며 관개용으로 사용하기 위한 연못의 저장용량은 잔디요구량, 유효수량, 자연 증발량, 적용효율성, 예상유입량, 누출 등 다수의 상호관련 인자들에 의존한다(Pira, 1997).

연못수를 관개용으로 활용할 경우 어느 정도 수위저하가 일어나는데 저장시설의 면적이 크면 클수록 수위저하는 줄어든다. 연못의 경우 중요한 고려 사항은 골프 경기와의 관련성으로 관개용이면서 경관용으로 사용하는 연못은 비교적 만수위를 유지해야만 하며 그렇지 못할 경우 골프장의 질을 저하하는 요소가 될 것이다. 경기와 관련이 있는 연못의 수위저하 최대치는 30cm가 권고되고 있는데 이것은 경기 중에 볼품없는 호안의 모습을 차단하고 매력없는 식생의 성장을 막을 수 있기 때문이다(Barrett *et al.*, 2003). 따라서 관개를 고려할 경우 연못의 크기는 여러 가지 요인들을 고려하여 결정하는 것이 바람직하다.

여기에서 유의해야 할 것은 관개용수로 사용하고자 할 때 부유물질, 총질소, 인, 칼륨, pH, BOD/COD, 용존고형물질 등에 대한 수질분석을 통하여 관개용수로서의 적절여부를 결정해야 하며(USGA, 1994) 적절한 질소의 관리는 특별히 중요한데 너무 많거나 적은 질소는 여러 가지 잔디의 병충해를 조장할 수 있기 때문이다(Sachs and Luff, 2002).

연못수의 관개용수 활용여부를 분석한 결과 골프장별로 크게 미사용, 향시사용, 일시사용으로 분류되는데 A, B, C 골프장은 미사용, D, E 골프장의 일부 연못은 향시사용, F, G, H, I 골프장은 갈수기에 일시 사용하였다. 이러한 결과를 볼 때 대체적으로 골프장 연못의 관개용수를 위한 저수지로서의 기능은 많지 않은 것으로 파악되었다.

연못의 방수방법은 골프장별로 다양했으나 벤토나이트다짐보다는 방수 슈트를 사용하는, 골프장이 상대적

으로 많았으며 골프장에 따라서는 연못별로 벤토나이트나 슈트를 선택적으로 사용하고 있다. 조류는 모든 골프장에서 발생하고 있으며 특히 골프장 B, C, D, F, G에서는 모든 연못에서 발생하고 있어 조류가 골프장 연못의 수질을 관리하는데 커다란 장애요인이 되고 있는 것으로 파악되었다. 골프장 연못 내 어류양식 유무를 보면 모든 골프장에서 양식하고 있으며 연못별로 분석하면 전체 연못의 79.17%에 해당하였다(표 14 참조).

표 14. 연못의 수자원 관리방법

구분	수원 공급원	방수방법	수질정화방법			관개용수 활용	조류 발생	어류양식
			물리적방법	화학적방법	생물학적방법			
A-1	우수, 계곡수	슈트	자체순환(폭포 1)		수생식물	×	×	○
A-2	우수, 계곡수	슈트	폭기장치(1)		수생식물	×	×	○
A-3	우수, 계곡수	슈트	폭기장치(1)		수생식물	×	×	×
A-4	우수, 오수처리한 물	슈트			수생식물	×	○	○
A-5	우수	슈트	폭기장치(3), 자체순환	산화	수생식물	×	×	○
A-6	우수, 계곡수	슈트	폭기장치(1), 자체순환		수생식물	×	×	○
B-1	우수, 계곡수	콘크리트, 슈트	폭기장치(1)		미생물처리	×	○	○
B-2	우수, 계곡수	콘크리트, 슈트	폭기장치(1)		미생물처리	×	○	○
B-3	우수, 계곡수	콘크리트, 슈트	폭기장치(1)		미생물처리	×	○	○
B-4	우수, 지하수(갈수기), 계곡수	콘크리트, 슈트	B-5와 순환(폭포 2)		미생물처리	×	○	○
B-5	우수, 지하수(갈수기)	콘크리트, 슈트	B-4와 순환		미생물처리	×	○	○
B-6	우수, 지하수(갈수기)	콘크리트, 슈트	폭기장치(1)		미생물처리, 수생식물	×	○	×
C-1	우수, 지하수	슈트	폭기장치(3)			×	○	○
C-2	우수, 저수지	슈트	폭기장치(1)		수생식물	×	○	○
C-3	우수, 저수지	벤토나이트	자체순환(폭포 1)		미생물처리, 수생식물	×	○	×
D-1	우수, 계곡수	콘크리트, 슈트	폭기장치(2), D-2와 순환(폭포 1)		수생식물	×	○	○
D-2	우수, 계곡수	슈트	D-1과 순환		수생식물	×	○	○
D-3	우수, 오수처리한 물	콘크리트, 슈트	폭기장치(2)			×	○	×
D-4	우수, 지하수	콘크리트, 슈트	폭기장치(8), 자체순환			○	○	×
E-1	우수, 계곡수	진흙	폭기장치(4), E-4와 순환(폭포 1)		수생식물	○	○	○
E-2	우수, 계곡수	진흙	폭기장치(1)		수생식물	○	×	○
E-3	우수	슈트	폭기장치(2)			×	×	○
E-4	우수, 계곡수	진흙	E-1과 순환(폭포 1, 물레방아 1)		수생식물	×	×	○
F-1	지하수, 우수, 계곡수	슈트, 시멘트	폭기장치(1)	응집제	수생식물	○(갈수기)	○	○

(표 14. 계속)

구분	수원 공급원	방수방법	수질정화방법			관개용수 활용	조류 발생	어류양식
			물리적방법	화학적방법	생물학적방법			
F-2	지하수, 우수	벤토나이트	폭기장치(3), 자체순환(폭포 3)	응집제	수생식물	○(갈수기)	○	○
F-3	우수, 오수처리물	쉬트, 시멘트	폭기장치(3)	응집제	수생식물	○(갈수기)	○	○
F-4	지하수, 우수	쉬트, 시멘트	자체순환(폭포 2)	응집제	수생식물	○(갈수기)	○	○
F-5	지하수, 우수	벤토나이트	폭기장치(1), 자체순환	응집제	수생식물	○(갈수기)	○	○
F-6	지하수, 우수	벤토나이트	폭기장치(1), 자체순환(폭포 1)	응집제	수생식물	○(갈수기)	○	○
F-7	지하수, 우수	쉬트, 시멘트	폭기장치(1)	응집제	수생식물	○(갈수기)	○	○
F-8	지하수, 우수	벤토나이트	폭기장치(1)	응집제	수생식물	○(갈수기)	○	○
F-9	지하수, 우수	벤토나이트	폭기장치(1), 자체순환(폭포 1)	응집제	수생식물	○(갈수기)	○	○
G-1	지하수, 우수, 계곡수	쉬트, 시멘트	폭기장치(4)		수생식물	○(갈수기)	○	○
G-2	지하수, 우수	쉬트, 시멘트	폭기장치(1)		수생식물	○(갈수기)	○	○
G-3	지하수, 우수	쉬트, 시멘트	폭기장치(2)		수생식물	○(갈수기)	○	○
G-4	지하수, 우수	쉬트, 시멘트	자체순환(폭포 1)	이온처리	수생식물	○(갈수기)	○	○
G-5	지하수, 우수	쉬트, 시멘트	폭기장치(1)	이온처리		○(갈수기)	○	○
G-6	지하수, 우수	쉬트, 시멘트	폭기장치(1)		수생식물	○(갈수기)	○	○
H-1	우수, 계곡수	벤토나이트, 흙다짐	자체순환(폭포 1)		수생식물	○(갈수기)	×	×
H-2	우수, 계곡수	벤토나이트, 흙다짐	폭기장치(1)		수생식물	○(갈수기)	×	○
H-3	우수, 계곡수	벤토나이트, 흙다짐	자체순환(폭포 1)		수생식물	○(갈수기)	○	×
H-4	우수, 계곡수	벤토나이트, 흙다짐		이온처리	수생식물	○(갈수기)	○	○
H-5	우수, 계곡수	벤토나이트, 흙다짐			수생식물	○(갈수기)	○	×
H-6	우수, 계곡수	벤토나이트, 흙다짐		응집제	수생식물	×	○	○
I-1	우수, 저수지	쉬트, 흙	폭기장치(5)		수생식물	○(갈수기)	○	×
I-2	우수, 저수지	쉬트, 흙	폭기장치(1)		수생식물	○(갈수기)	○	×
I-3	우수, 저수지	쉬트, 흙	폭기장치(3)		수생식물	○(갈수기)	×	○
I-4	우수, 저수지	쉬트, 흙	폭기장치(2)		수생식물	○(갈수기)	×	○

IV. 결론 및 제언

골프장 연못의 생태적 관리에 필요한 자료를 얻기 위하여 골프장 입지 및 연못의 환경특성을 분석한 본 연구의 결론은 다음과 같다.

1. 골프장 배출수를 효율적으로 관리하기 위해서는 골프장이 단일 소유역에 입지하는 것이 바람직하며 건설 중에 강우로 인한 산사태나 토사 유출량을 줄이기 위해서는 높은 유역원심도의 유역에 조성하는 것이 타당하다.

2. 단위 연못에 대한 유역의 면적이 대체적으로 작을 뿐 아니라 유역 중에 보존림이나 인공으로 조성된 숲의 비율이 낮아 연못을 생태적으로 지속가능하게 유지하는데 어려움이 있는 것으로 판단된다. 따라서 골프장 연못의 경관적, 경제적 측면의 역할에 더하여 생태적 가치를 제고하고 야생생물 서식처로서의 기능을 강화하기 위해서는 설계 초기부터 지형 및 단위 연못 유역의 토지이용에 대한 체계적인 분석을 통하여 연못의 위치 및 규모를 결정해야 한다.

3. 연못의 면적과 담수용량은 연못에 따라 다양하였으

며 형태는 원형보다는 세장형이, 호안은 복잡한 것보다는 비교적 단순한 것이 많은 것으로 나타났다. 연못의 수심은 일부를 제외하고는 3~4m에 해당하여 조류발생을 억제하는데 유리한 것으로 판단된다. 호안은 사면형과 수직형이 비슷하게 조사되었으나 사면형과 수직형을 혼합하고 원형보다는 세장형으로 건설하는 것이 수생식물을 이용한 수질정화 능력과 경관적 가치를 향상시키는데 유리할 것이다.

4. 연못식생의 종 풍부도, 식생의 형태, 공간 다양성, 층위구조, 활력도, 수질정화능력 등 6개 항목으로 연못식생의 자연성 평가를 실시한 결과 골프장 사이에 많은 차이가 있었으며 연못의 자연성과 식생의 면적은 매우 밀접한 관련이 있었다.
5. 연못의 수질분석 결과 DO, COD, SS는 비교적 양호하였으나 TN과 TP의 분석치는 높게 나타나 체계적인 해결방법을 모색해야 할 것으로 판단된다. 주요 농약들이 잔류성 검사에서 검출되지 않은 것으로 볼 때 골프장 배출수에서 큰 문제가 되는 것은 농약이 아니라 비료성분인 것으로 판단된다.
6. 골프장 연못의 수질은 유역 측면에서는 숲 면적의 규모에 따라 영향을 받고 설계적 측면에서는 연못의 깊이, 연못 내 식생면적 등과 관련이 있으므로 연못 설계 시에는 이러한 요소들을 충분히 고려해야 할 것이다.
7. 모든 연못은 우수와 계곡수 또는 우수와 지하수나 저수지 물을 연못의 수원으로 사용하고 있으며 주로 물리적 방법과 생물적 방법으로 수질을 관리하고 있다. 그리고 연못의 물을 관개용으로 항시 사용하는 연못은 많지 않으며 관개용수와 연못용수는 별도로 관리되고 있는 것으로 나타나 이들 두 요소의 통합적 관리를 통한 수자원의 효율적 이용방안이 마련되어야 할 것으로 판단된다.

본 연구는 골프장 입지와 연못의 입지, 설계 및 관리 특성의 분석을 중심으로 골프장 연못의 생태적 관리를 위한 자료를 얻고자 실시하였다. 그러나 자료수집의 어려움으로 연못의 수질에 영향을 미칠 수 있는 관리적 요인들, 비료나 농약의 살포량과 살포시기, 살포빈도 및 연못수의 보충량, 보충시기, 보충수의 수질, 그리고 한정된 연구기간으로 인하여 수질분석을 위한 시료 채취시

기 및 채취빈도의 다양화 등 수질에 영향을 미칠 수 있는 여러 가지 변수들을 충분히 고려하지 못하였다. 추후 골프장 연못에 대하여 관리적 요인들을 바탕으로 연중 수질 모니터링을 통한 보다 체계적이고 구체적인 연구가 이어졌으면 한다.

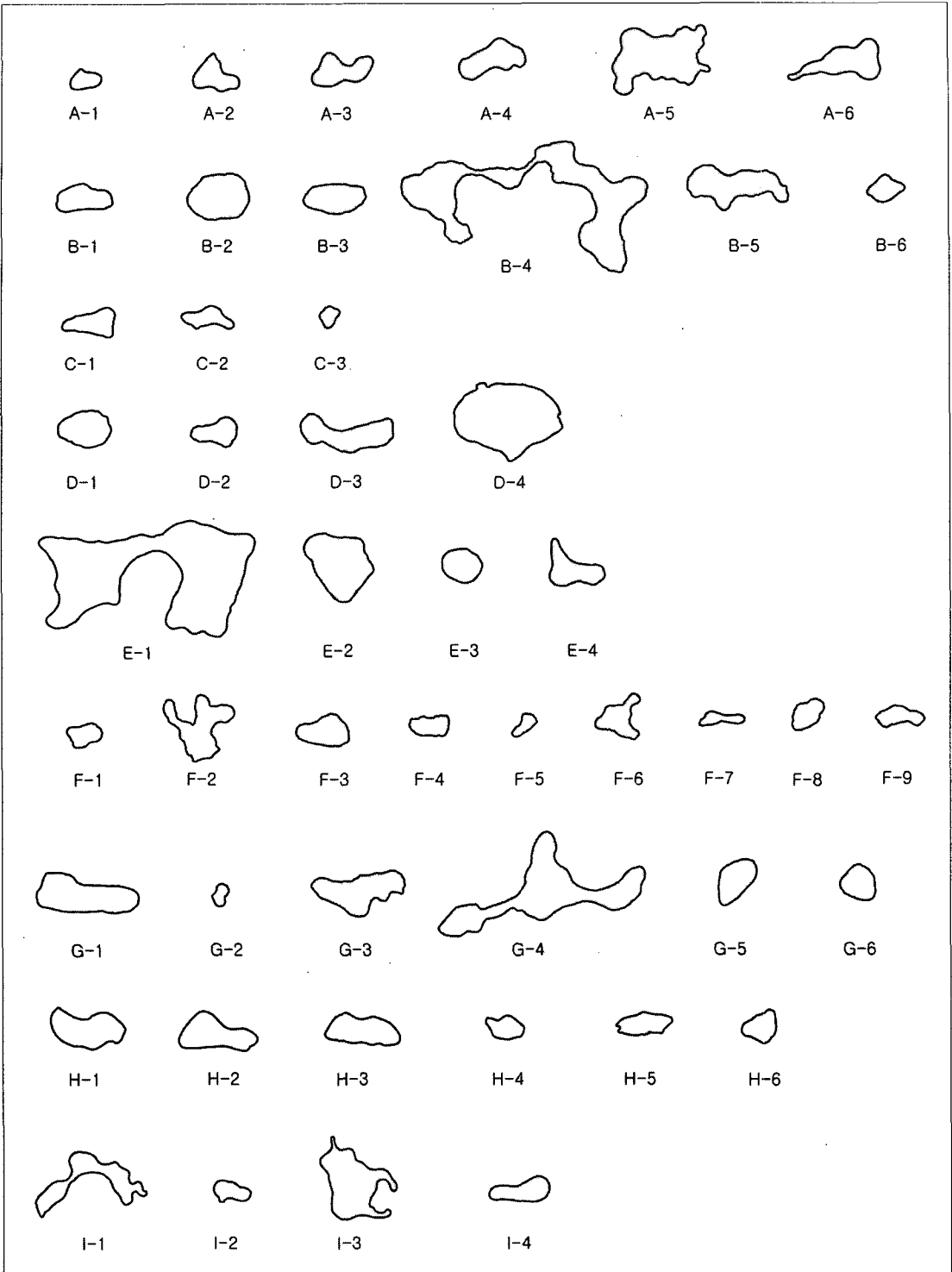
인용문헌

1. 김광두(2002) 환경친화적인 골프장 조성을 위한 생태적 평가 연구. 상명대학교 대학원 석사학위논문.
2. 김광두, 방광자, 강현경(2003) 수도권지역 골프장의 환경친화성 평가. 한국조경학회지 31(5): 20-30.
3. 김동찬, 권오원(2001) 골프장 연못의 관리만족도를 위한 설계기준. 한국조경학회지 29(5): 84-91.
4. 김영필(1992) 골프장 건설의 환경평가에 관한 연구. 고려대학교 대학원 석사학위논문.
5. 김좌관(2003) 수질오염개론. 서울: 도서출판 동화기술.
6. 김호준, 양승원(2001) 골프장의 환경적 영향에 대한 이해. 한국산디학회지 15(1): 21-30.
7. 권영한(2002) 골프장 건설시 환경영향 및 평가방안. 한국환경정책평가연구원 정책보고서.
8. 권영한, 노태호, 이성진, 박재홍, 심명호(2003) 골프장 운영시 생태계에 미치는 영향분석. 한국환경정책평가연구원 정책보고서.
9. 권오원(2002) 골프장 연못의 관리만족도를 위한 설계기준. 경희대학교 대학원 석사학위논문.
10. 류재근, 박혜경, 정명숙, 임연택, 공동수, 안승구, 김우구, 박제철, 신윤근, 허우명 역(2002) 호수공학. 岩佐義朗 編著 Engineering Limnology. 서울: 도서출판 동화기술.
11. 민권식(1998) 골프장 내 연못의 수질개선에 관한 연구. 한양대학교 환경대학원 석사학위논문.
12. 박주현(2000) 골프장 조성의 친환경적 조성에 관한 연구. 고려대학교 자연자원대학원 석사학위논문.
13. 박준현(1999) 골프장 건설로 인한 자연파괴와 환경오염에 관한 연구. 서울대학교 환경대학원 도시·환경고위정책과정 제5기 논문집. pp. 3-21.
14. 송창재(1999) 골프장 설계기법 연구. 서울대학교 환경대학원 석사학위논문.
15. 신민규(2000) 쓰레기 매립지를 활용한 환경친화적 대중골프장 설계. 서울대학교 환경대학원 석사학위논문.
16. 안득수(1993) 골프장 조성을 위한 지형변화 예측모델 개발에 관한 연구. 경희대학교 대학원 석사학위논문.
17. 안득수(1999) 골프장 조성시 소유역의 지형적 특성에 미치는 영향 분석. 한국조경학회지 27(2): 41-50.
18. 양승원(1997) 국내 골프장의 농약 사용추이. 한국산디학회지 11(3): 149-159.
19. 이도원(1994) 골프장의 유지관리와 생태화-환경문제와 생물다양성에 대하여-. 한국산디학회 및 한국생태학회 1994 심포지움 자료집. pp. 19-20.
20. 이동근, 향천마사, 임방능, 김귀곤, 최영주, 이주원(1990) 골프장 개발에 따른 환경영향평가에 관한 연구-한국과 일본의 문화적 비교분석-. 한국조경학회지 18(2): 1-13.
21. 이병호, 김성득, 조홍제, 조태규(1992) 골프장의 유출수가 하계수류에

미치는 영향. 대한토목학회논문집 12(3): 239-251.

22. 이상재, 허근영(1999) 한국골프 코스 그린의 설계 및 시공 특성에 관한 연구. 한국잔디학회지 13(4): 181-190.
23. 이상재, 허근영, 사공영보(2001) 국내 골프 코스에서 사용되는 농약 및 비료의 환경적 영향. 한국잔디학회지 15(2): 87-104.
24. 이서래, 한대성, 이미경(1996) 골프장의 농약잔류 허용기준 설정을 위한 자료. 한국환경농학회지 15(2): 262-272.
25. 이영노(1996) 한국식물도감. 서울: 교학사.
26. 이용두, 허 목, 현해남(1998) 오존을 이용한 골프장 연못의 수질 관리. 수처리기술 6(3): 113-119.
27. 이우철(1996) 원색 한국기초식물도감. 서울: 도서출판 아카데미서적.
28. 이인숙(1994) 경기도 골프장의 코스별 토양의 화학적 특성. 한국잔디학회지 8(1): 25-28.
29. 이인숙, 김옥경(1994) 개장년도에 따른 골프코스 토양의 미생물 활성. 한국잔디학회지 8(3): 167-177.
30. 이창복(1980) 대한식물도감. 서울: 향문사.
31. 이창석, 오종민, 이남주 역(2003) 하천환경과 수변식물(식생의 보전과 관리). 奥田重俊 佐木木寧 河川環境と水邊植物. 서울: 동화기술.
32. 이활희(2003) 친환경적 골프코스를 위한 전산기법의 적용. 연세대학교 대학원 석사학위논문.
33. 임상신(1996) 시화지구개발지역내 토취장을 활용한 대중골프장 설계. 서울대학교 환경대학원 석사학위논문.
34. 임양재, 김정언, 이남주, 김용범, 백광수(1990) 한라산국립공원 식물 군집의 식물사회학적 분류. 한국생태학회지 13(2): 101-130.
35. 임양재, 이은복, 고재기(1984) 주왕산의 식생. 한국자연보존협회 조사보고서 23: 75-86.
36. 임지은(2001) 사흘시 월곶지구 환경 친화적 대중골프장 설계. 서울대학교 환경대학원 석사학위논문.
37. 장정희(1999) 쓰레기 매립지를 활용한 환경친화형 골프장 계획에 관한 연구. 홍익대 건축도시대학원 석사학위논문.
38. 조규성, 김원, 강상준, 김창환 역(1991) 생태학. Odum, E. P., Fundamentals of Ecology. 서울: 형설출판사.
39. 조성국(1994) 전통 골프장 입지선정에 대하여. 한국잔디학회지 8(1): 53-89.
40. 주영규, 전수복(1994) 환경영향을 고려한 골프코스 전산설계기법. 한국잔디학회지 8(3): 179-192.
41. 조형훈(1998) 골프로 인한 환경폐해 현상과 그 대책. 영남대학교 교육대학원 석사학위논문.
42. 한두석(2001) 환경친화적 골프장 조성에 관한 연구-절개 비탈면 녹화 및 생태연못의 조성 사례를 중심으로-. 경원대학교 환경정보대학원 석사학위논문.
43. 환경부(2001) 제2차 자연환경조사지침(식물상, 식생).
44. 환경부(2001), 수질오염공정시험방법(환경부 고시 제2001-170호).
45. Aramburu, M. P. and R. Escibano(1993) Golf: a conflicting recreational activity in the Madrid Autonomous Area (Spain). Landscape and Urban Planning 23: 209-220.
46. Balogh, J. C. and W. J. Walker(1992) Golf Course Management and Construction: Environmental Issues, Chelsea: Lewis Publishers.
47. Barrett, J., B. Vinchesi, R. Dobson, P. Poche, and D. Zoldoske (2003) Golf Course Irrigation: Environmental Design and Management Practices. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
48. Black, P. E.(1991) Watershed Hydrology. New Jersey: Prentice Hall.
49. Braun-Blanquet, J.(1964) Pflanzensociologie. 3. Aufl, Springer. New York: Wien.
50. Dodson, R. G.(2000) Managing Wildlife Habitat on Golf Courses. Chelsea: Ann Arbor Press.
51. Dodson, R. G.(2005) Sustainable Golf Course. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
52. Forman, R. T. T.(1995) Land Mosaics: the Ecology of Landscapes and Regions. New York: Cambridge University Press.
53. Green, B. H. and I. C. Marshall(1987) An assessment of the role of golf courses in Kent, England, in protecting wildlife and landscapes. Landscape and Urban Planning 14: 143-154.
54. Kim, J. U. and U. J. Yim(1988) Phytosociological classification of plant communities in Mt. Naejang, Southwestern Korea. Korea Journal of Botany 31(1): 1-31.
55. Kunimatsu, T., M. Sudo, and T. Kawachi(1999) Loading rates of nutrients discharging from a golf course and a neighboring forested basin. Water Science Technology 39: 99-107.
56. Mcuen, R. H.(1998) Hydrologic Analysis and Design(2nd ed.). New Jersey: Prentice Hall.
57. Muller-Dombois, D. and H. Ellenberg(1974) Airns and Methods of Vegetation Ecology. New York: John Wiley & Sons, Inc.
58. OECD(1982). Eutrophication of Waters-Monitoring, Assessment, and Control.
59. OECD(1993) OECD core set of indicators for environmental performance reviews. Environment Monographs 83: 30-31.
60. Pira, E.(1997) A Guide to Golf Course Irrigation System Design and Drainage. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
61. Reynolds, C. S. (1984) The ecology of freshwater phytoplankton. Cambridge: Cambridge University Press.
62. Sachs, P. D. and R. T. Luff(2002) Ecological Golf Course Management. Chelsea: Ann Arbor Press.
63. Terman, M. R.(1997) Natural links: naturalistic golf courses as wildlife habitat. Landscape and Urban Planning 38: 183-197.
64. United States Golf Association(1994) Wastewater Reuse for Golf Course Irrigation. Chelsea: Lewis Publishers.
65. Werger, M. G. A.(1974) On concepts and techniques applied in the Z rich-Montpellier method of vegetation survey. Bothalia. 11: 309-323.
66. White, C. B.(2000) Golf Course Construction, Renovation and Grow-In. Chelsea: Ann Arbor Press.

부록 1. 골프장 언뭇의 형상



부록 2. 골프장 연못의 현존식생도 예

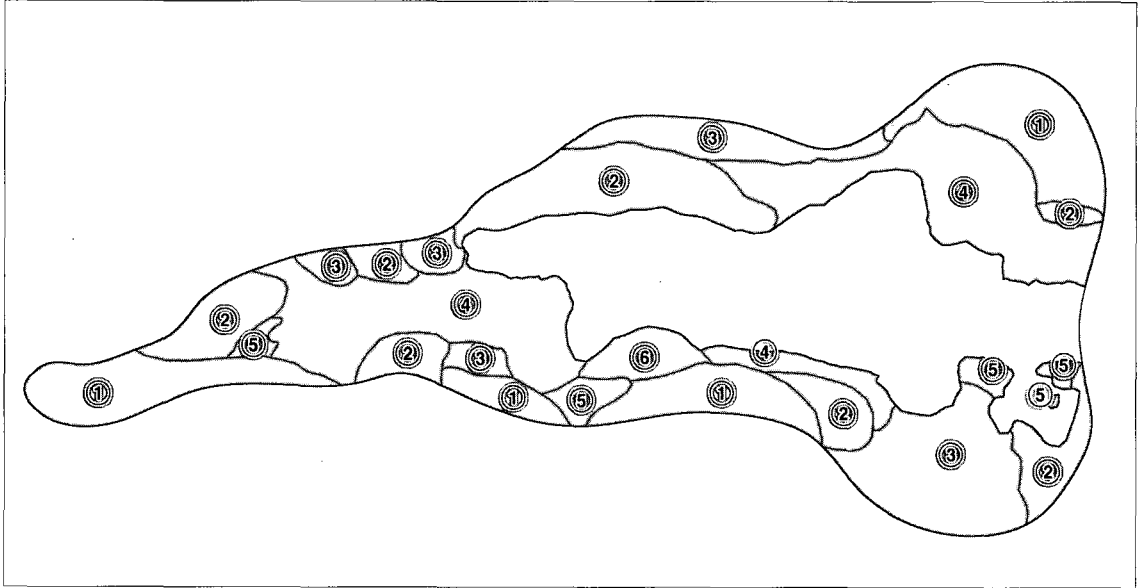


그림 1. A-6 연못

범례: ① 부들군락: ② 물옥잠군락: ③ 꽃창포군락: ④ 검정말군락: ⑤ 개구리밥군락: ⑥ 노랑어리연꽃군락

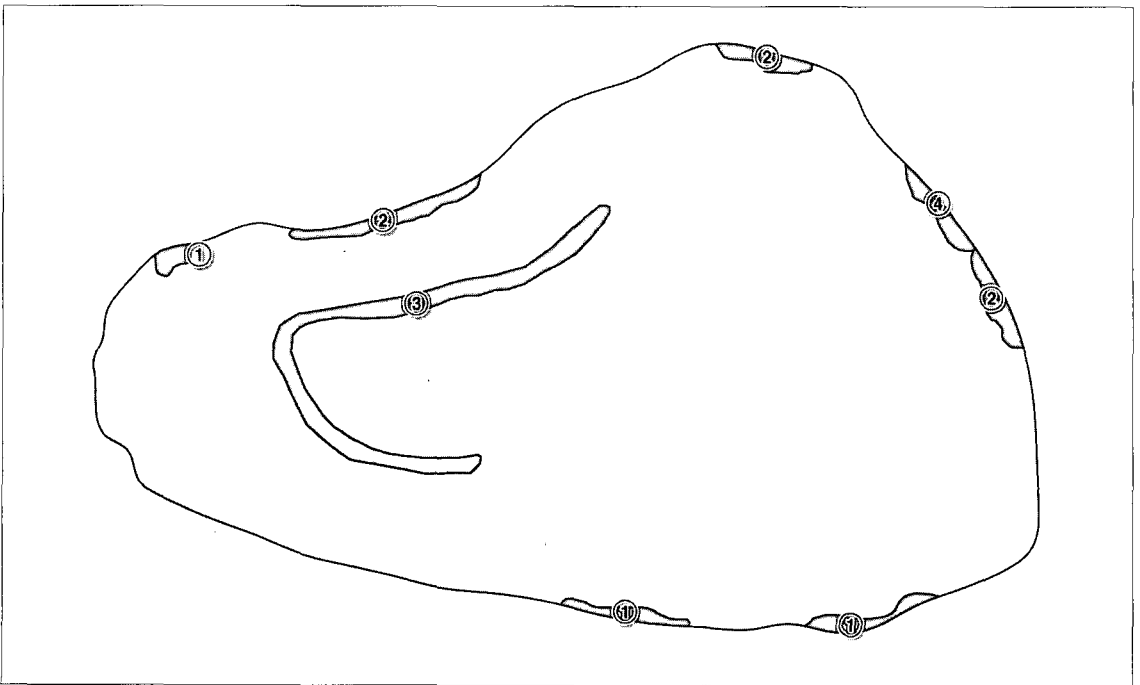


그림 2. F-3 연못

범례: ① 노랑꽃창포군락: ② 부들군락: ③ 줄군락: ④ 달뿌리풀군락