

골프코스에서 강수량, 관수량 및 시비관리가 연못의 수질 변화에 미치는 영향

김영선* · 함선규

에이엠잔디연구소

The Effect of Rainfall, Irrigation and Fertilizer Application on Water Properties of Pond in Golf Course

Young-Sun Kim* and Suon-Kyu Ham

Turfgrass Research Institute, AMENC Co. Ltd, Inchoen, Korea

ABSTRACT

This study was conducted to investigate the effect of rainfall, irrigation and fertilizer application on water qualities of pond in golf course from May in 2007 year to November in 2008 year. For survey of water quality, it was sampled at 10~12 sites(irrigation site 2, drainage site 3, and hazard site 5~7) of SKY72 G.C and evaluated with analysis items such as pH, electrical conductivity(EC), DO, SS, T-N, PO₄-P, K, Ca, Mg, Na, SAR, BOD and COD.

Results obtained were summarized as follows:

The value of pH, EC, DO, T-N, PO₄-P, K, Ca, Mg, Na and SAR was in dry season, but those of SS, BOD and COD in the rainy season. N and P concentration of pond water showed 1.2~28.8mg/L and 0.005~0.172mg/L, respectively, and so it was higher than eutrophication level of lakes and marshes recommended by the Ministry of Environment in Korea. As a result of correlation analysis, EC in the water was significantly($P<0.01$) related items such as K, Ca, Mg, Na, SAR and salinity, and SS significantly($P<0.05$) BOD and COD. In comparison with a correlation between respective analysis items and rainfall amount, SAR was significantly($P<0.01$) positive but T-N negative($P<0.01$). As compared with correlation between respective items and irrigation amount, pH was significantly($P<0.01$) positive but T-N($P<0.05$) and

*Corresponding author. Tel : +82-32-741-8516

E-mail : zeroline75@empal.com

Received : Mar. 30, 2009, Revised : May. 20, 2009, Accepted : Jun. 1, 2009

BOD($P<0.01$) negative. When it was applied to N, P₂O₅ and K₂O in golf course, N and K₂O significantly affected water qualities of pond($P<0.01$). These results suggested that a pond water in golf course was affected by the fertilizer application, rainfall and irrigation and EC was adequate monitoring indicator for the evaluating water quality of pond by chemicals influent.

Key words : EC, fertilizer application, irrigation, rainfall, water quality

서 론

골프장은 잔디, 수목 및 해저드 등으로 구성되어 있는 작은 생태계이다. 골프장의 코스를 관리하는데 있어 관수량은 잔디생육, 뿌리발육 및 시비효율을 결정하는 중요한 요소이고, 비료와 농약을 살포하는데 희석수로 사용되고 있으며, 잔디관리 외에 해저드나 연못의 조성을 통해 골프경기의 재미를 더하거나 아름다운 주변 경관을 나타내기도 한다.

골프장의 연못은 골프경기의 재미를 더하는 해저드기능과 관수물을 보관하는 저수지기능을 갖고 있다(Beard, 2002). 코스관리 과정에서 강우나 관수에 의해 공급된 물은 일반적으로 다시 연못으로 모이게 되고, 이 과정에서 코스나 토양 중에 있던 유기물이나 각종 염류들이 연못으로 유입되게 된다. 특히, 비료성분 및 농약과 같은 염류 등의 유입은 수질을 악화시키고 수질오염의 원인이 되며, 특히 질소와 인산의 유입은 연못의 부영양화를 초래하여 악취를 발생하거나 조류 생성의 원인이 된다(이 등, 2007). 이렇게 오염된 물은 관수시스템에 의해 다시 코스로 유입되고, 유입된 물은 코스관리와 잔디의 생육에 영향을 미치게 된다(안용태, 1997; Carrow et al., 2001).

골프장 수질에 대한 조사는 수중의 부유물질이나 이물질 등과 같은 물리적 특성과 용해되어 있는 염류나 이온 등과 같은 화학적 특성에 대해 조사하게 된다(Beard, 2002). 전자

는 코스에 설치된 관수시스템에 유입되는 유기물, 모래 등을 걸러내는 필터를 설치하여 시스템구성의 적절성을 평가하는데 사용되고, 후자는 관수용수로 사용되는 물에 대한 염류, 전기전도도 및 각종 이온들에 대한 조사로 관수되는 물이 코스를 조성하고 있는 잔디의 생육과 토양에 미치는 영향에 대한 적절성을 평가하게 된다.

대부분 수질에 대한 조사는 수원이 되는 강을 중심으로 모니터링하여 강물의 오염에 영향을 미치는 요인과 지하수 오염에 대해 조사하였다(Lee et al., 1999). 골프장에서 수질에 대한 연구는 lysimeter를 이용하여 용탈이나 유거에 따른 연못물 및 지하수 오염에 미치는 영향에 대해 조사하였고(Frank et al., 2006), 특히 질소원과 농약의 유입을 조사하였다(Petrovic, 1990, Snow, 1996).

골프장의 연못물은 잔디관리에 관개용수로 사용되므로 수질조사는 코스관리를 위해 필요하지만 정기적인 조사에 대한 인식은 부족하며, 코스관리 시 강우량과 관수량 그리고 코스 내 시비량에 따른 골프장 연못의 수질 변화에 대한 연구는 미진한 실정이다. 따라서 본 연구는 골프코스 내에 조성된 연못물의 계절별 수질변화를 조사하고, 강우량과 관수량 및 시비량이 연못의 수질변화에 미치는 영향에 대해 조사하고자 한다.

재료 및 방법

본 실험은 2007년 5월부터 2008년 12월까지 인천광역시 소재의 SKY72 골프장에서 배출수, 관수물 및 연못물을 이용하여 수행하였다.

수질채취지점 및 시료수는 2007년에는 배출수 3점, 관수물 2점, 연못물 5점으로 총 10점을 채취하였고, 2008년에는 배출수 3점, 관수물 2점, 연못물 7점으로 총 12점을 채취하여 분석하였으며, 시료의 채취는 2007년과 2008년에 각각 6회와 5회 씩 총 11회 수행하였다.

채취된 수질의 특성을 분석하기 위하여 pH, 전기전도도(EC), 용존산소(DO), 부유물질(SS; 유리섬유여지법), 총질소(T-N; 퀼달증류법), 인산염인($\text{PO}_4\text{-P}$; 아스코빈산 환원법), 칼리, 칼슘, 마그네슘, 나트륨, 나트륨흡착율(SAR), 생물학적산소요구량(BOD), 화학적산소요구량(COD; 과망간산칼륨법)등을 수질오염공정시험법(환경부, 2001)에 준하여 수행하였다. pH와 전기전도도 및 용존산소의 측정을 위해 각각 pH meter(720 A+, Orion), EC meter(3star, Orion), DO meter(Oxi 330i, WTW)를 이용하였고, 칼리, 칼슘, 마그네슘 및 나트륨은 유도결합플라즈마(ICP; Integra XL, GBC)를 이용하여 분석하였다.

강수량, 관수량 및 시비량과 수질과의 관계를 조사하기 위하여 강수량은 SKY72 골프장 내에 설치된 인공기상대의 자료와 인천국제공항 기상대의 자료를 활용하였고, 관수량은 2007~2008년에 관수량을 이용하였으며, 시비량은 2007년과 2008년 SKY72 골프장의 4개 정규코스의 시비량의 평균값을 사용하였다.

결과 및 고찰

시기별 수질의 특성변화

조사기간 동안 배출수, 관개수 및 연못물의

수질특성에 대한 조사는 Table 1과 같다. pH는 평균 7.59~8.97로 조사되어 약알카리성으로 조사되었고, 시기별 변화는 건조기(4~6월, 9~11월)에는 알칼리성으로 높고, 장마기(7~8월)에는 중성~약알칼리성으로 나타났다. 전기전도도와 각종 이온들은 건조기에 높고, 장마기에 낮았다. 이는 갈수기에 수분증발량, 관수량 및 시비량이 많아 증가하나 장마기간 동안 시비량이 적고 강우에 의해 수중 담수량이 증가에 따른 희석되어 낮아지는 것으로 판단된다.

조사기간 중 총질소와 인산염인은 각각 $1.2\sim28.8 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 와 $0.005\sim0.172 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 로 기온이 높은 여름철에는 환경부의 부영양화기준을 초과하여 연못에 수초와 부상조류가 발생하였다(이등, 2007).

부유물질은 한지형 잔디의 예초물이 많이 발생하는 시기에 증가하여 코스에 존재하는 예초물 및 유기물이 유입되어 증가한 것으로 판단되고, 장마기간에는 생물학적산소요구량(BOD)과 화학적산소요구량(COD)이 증가하였다.

수질분석항목들의 상관관계

조사기간 중 분석항목들은 일정항목들 사이에 비슷한 경향을 나타내어 분석항목들 간의 상관관계를 조사하였다(Table 2). pH는 용존산소(DO)와 총질소(T-N)에서 99% 수준에서 상관성을 나타내었고, 각각 정의 상관성과 부의 상관성을 나타내었다. 전기전도도(EC)는 양이온(K, Ca, Mg, Na)들과 99% 수준에서 정의 상관성을 나타내었다(신과 박, 1988). 부유물질(SS)은 생물학적산소요구량(BOD)과 화학적산소요구량은 95% 수준에서 정의 상관성을 나타내었다.

전기전도도는 잔디 생육에 영향을 미치는 비료성분들과 토양의 양분유효도와 나트륨흡착율에 영향을 미치는 나트륨의 함량과 매우 밀접한 상관성을 나타내어 골프장의 연못물 오염을

Table 2. The correlation coefficient of respective analysis items

	pH	EC	DO	SS	T-N	PO ₄ -P	K	Ca	Mg	Na	SAR	BOD	COD
pH	1.0000												
EC	-0.0095	1.0000											
DO	0.5569 ^{**}	-0.0503	1.0000										
SS	-0.0703	0.1664	-0.1258	1.0000									
T-N	-0.3506 ^{**}	-0.0199	-0.0633	0.1228	1.0000								
PO ₄ -P	-0.0292	-0.0433	0.1032	0.0490	0.1041	1.0000							
K	0.1996	0.6438 ^{**}	0.1760	0.1256	-0.0760	-0.0698	1.0000						
Ca	0.0789	0.5460 ^{**}	0.2087 [*]	0.1166	-0.0615	-0.0393	0.5128	1.0000					
Mg	0.0942	0.7230 ^{**}	0.1296	0.1447	-0.0902	-0.0987	0.6841	0.8745	1.0000				
Na	0.1001	0.9462 ^{**}	0.0092	0.1784	-0.0847	-0.0644	0.6734	0.4743	0.6773	1.0000			
SAR	0.1349	0.6013 ^{**}	-0.1854	0.0238	-0.1061	0.0291	0.3843	-0.0962	0.1077	0.6809	1.0000		
BOD	-0.0992	0.1745	-0.0677	0.3395 ^{**}	0.1618	0.2165 [*]	-0.0267	-0.0542	-0.0277	0.1370	0.0878	1.0000	
COD	-0.0649	0.0737	-0.1411	0.2263 [*]	0.0612	0.0374	-0.2970	-0.1770	-0.0758	0.0597	0.0888	0.3643	1.0000

^{*}P<0.05, ^{**}P<0.01

스에서 유입되는 유기물들의 유입은 수중의 부유물질(SS)함량을 증가시켜 BOD와 COD를 증가시키는 것을 나타낸다(김 등 1987).

분석항목간의 상관관계를 조사한 통해 pH 와 전기전도도 및 부유물질이 다른 항목들과 높은 상관관계를 나타내어 수질을 평가하는 지표로 사용하기에 적합한 항목이었고, 이 중에서 전기전도도는 수질을 관개용수로의 사용 가능여부를 평가하기에 적합하였다.

강수량, 관수량 및 시비량 조사

조사기간 중 강수량, 관수량 및 시비량의 변화는 Table 3과 같다. 조사항목의 변화는

장마기간인 7~8월에 강수량이 많고, 관수량과 시비량은 한지형 잔디의 생육이 왕성한 4~6월과 9~11월에 높게 나타났다.

강수량, 관수량 및 시비량이 수질에 미치는 영향 조사

강수량이 골프장의 수질에 미치는 영향을 조사한 결과, 강수량은 총질소와 나트륨 흡착율(SAR)이 99% 수준에서 각각 부의 상관성과 정의 상관성을 나타내었다(Table 4). 배출수에서는 어떤 수질항목과도 상관성을 나타내지 않았고, 관개수에서 부유물질과 용존산소가 95% 수준에서 상관성을 나타낸 반면, 연못물

Table 3. Investigation of rainfall, irrigation and fertilizer application for 2007~2008 year in SKY72 G.C.

Investigation item	Year	Month											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Rainfall(mm)	2007	3.6	11.2	70.7	22.0	113.4	48.2	741.3	183.0	177.1	35.7	19.3	7.9
	2008	7.0	4.3	37.2	46.8	53	83.8	471.0	196.0	61.0	61.0	23.3	18.9
Irrigation(ton)	2007	-	8,569	29,343	59,365	75,617	122,515	33,925	70,219	28,871	78,492	29,819	2,744
	2008	-	1,340	35,103	76,012	117,176	80,187	31,747	69,147	89,740	84,725	23,297	1,751
Fertilizer application (gm ²)	N	2007	-	-	3.2	9.1	17.6	6.3	4.0	4.9	5.8	7.6	4.4
		2008	-	-	9.6	10.0	12.3	8.0	4.1	8.5	9.4	10.6	5.5
	P ₂ O ₅	2007	-	-	2.5	6.8	8.2	2.1	1.3	1.4	5.9	5.5	2.2
		2008	-	-	5.0	11.7	2.2	6.0	2.4	3.2	5.4	4.8	3.0
K ₂ O	2007	-	-	3.8	8.0	15.6	2.7	2.3	3.5	5.9	9.0	6.8	-
		2008	-	-	6.0	10.1	7.0	9.3	7.2	5.6	12.4	13.9	6.3

^aFertilizer application was sum of amount supplied to green, tee and fairway for 2007~2008 year.

Table 4. The correlation coefficient between rainfall and respective analysis items.

	pH	EC	DO	SS	T-N	PO ₄ -P	K	Ca	Mg	Na	SAR	BOD	COD
All samples	-0.0790	0.0002	-0.2076	0.1555	-0.3012 ^{**}	-0.1142	-0.0659	-0.1714	-0.1141	0.0580	0.2584 ^{**}	-0.0340	0.0979
Drain water	-0.0213	0.0307	-0.0991	-0.1198	-0.3011	-0.1298	-0.0927	-0.2025	-0.1548	0.1364	0.2452	-0.2717	0.1054
Irrigation water	-0.3074	0.0084	-0.4009 [*]	0.4952 ^{**}	-0.3152	-0.0990	-0.2469	-0.1239	-0.2459	-0.1471	0.2438	0.2533	0.2357
Pond water	-0.0525	-0.0328	-0.2282	0.0357	-0.3069 [*]	-0.1905	-0.0146	-0.1878	-0.1102	0.0360	0.3072 [*]	0.3585	0.0697

* P<0.05, ** P<0.01

은 질소와 SAR에서 95% 수준에서 상관성을 나타내어 골프장 수질에 강우의 영향은 연못 물로 나타났다. 강우량과 총질소가 부의 상관성을 나타낸 것은 강우량이 많은 장마기간에는 기후적인 특징으로 하고현상을 방지하기 위해 질소성분의 시비량이 감소하고(안 등, 1992), 강우에 의해 연못의 담수량이 증가에 따른 결과로 판단된다.

관수량이 골프장의 수질에 미치는 영향을 조사한 결과, 관개용수 사용량은 pH와 총질소가 95% 수준에서 각각 정의 상관성과 부의 상관성을 나타내었고, 배출수보다는 관개수와 연못물에서 각각 95% 수준과 99% 수준의 높은 상관성을 나타내었다(Table 5).

시비량이 골프장의 수질에 미치는 영향을

조사한 결과(Table 6), 시비량은 질소와 칼리가 99% 수준에서 각각 정의 상관성을 나타내었다(Frank 등, 2006). Table 4와 5에서 조사된 바와 같이 시비된 질소와 칼리는 관수나 강우 등에 의해 쉽게 용탈이나 유거(流去; run-off)에 의해 연못으로 유입되기 때문이다(Snow, 1996; Frank 등, 2006; Miltner 1996). 그러나 시비된 인산이 수질에 영향을 미치지 않은 것은 인산이 토양 중 흡착이 잘 되는 이온으로 관수나 강우에 의해 쉽게 용탈수나 유거수에 매우 적게 함유되어 있기 때문이다(McBride, 1994; Kang 등, 2001).

Table 5. The correlation coefficient between irrigation and respective analysis items.

	pH	EC	DO	SS	T-N	PO ₄ -P	K	Ca	Mg	Na	SAR	BOD	COD
All samples	0.4342 ^{**}	0.0227	0.1614	-0.1167	-0.2288 [*]	0.1210	0.0983	0.1154	0.0876	0.0627	-0.0118	-0.2556 ^{**}	0.0024
Drain water	0.4287 [*]	0.0404	0.1879	-0.2153	0.0339	0.2941	0.1857	0.1262	0.1274	0.0639	0.0309	-0.3692	-0.4038
Irrigation water	0.5828 ^{**}	-0.0579	-0.1919	-0.1779	-0.3602 [*]	-0.0247	-0.0057	0.2882	0.1887	0.0805	0.0052	-0.0881	0.2011
Pond water	0.4968 [*]	0.0153	0.3776 ^{**}	-0.0411	-0.2787 [*]	-0.0684	0.0680	0.1122	0.0782	0.0719	-0.0601	-0.3238	0.1915

* P<0.05, ** P<0.01

Table 6. The correlation coefficient between N, P₂O₅, K₂O of fertilizer application and N, PO₄-P, K of pond in golf course.

	T-N	P ₂ O ₅	K ₂ O
All samples	0.3382 ^{**}	-0.0318	0.2630 ^{**}
Drain water	0.6041	-0.3516	0.3675
Irrigation water	0.2866	-0.0004	0.2769
Pond water	0.2785 [*]	0.0633	0.2468

* P<0.05, ** P<0.01

요약

본 연구는 골프코스 내에 조성된 연못물의 계절별 수질변화를 조사하고, 강우량과 관수량 및 시비량이 연못의 수질변화에 미치는 영향에 대해 조사하고자 2007년 5월부터 2008년 11월까지 SKY72 골프클럽의 연못을 대상으로 수행하였다. 수질조사를 위해 배출수 3점, 관개수 2점, 연못물 5~7점 등 총 10~12점의 시료를 11회 채취하여 pH, 전기전도도(EC), DO, SS, T-N, PO₄-P, K, Ca, Mg, Na, 나이트륨흡착율(SAR), BOD 및 COD와 같은 수질 항목을 분석하였다.

수질의 변화는 건조기에는 pH, EC, DO, T-N, PO₄-P, K, Ca, Mg, Na 및 SAR 등이 높게 나타났고, 장마기에는 SS, BOD, COD 등이 높게 나타났다. 연못물의 질소와 인함량은 각각 1.2~28.8 mg · L⁻¹ 와 0.005 ~0.172mg · L⁻¹ 를 나타내어 환경부의 부영양화기준을 초과하였다. 수질분석항목들 상호간의 상관관계를 조사한 결과, 전기전도도는 K, Ca, Mg, Na 및 SAR에서 정의 상관성 ($P<0.01$)을 보였고, 부유물질은 BOD와 COD에서 정의 상관성($P<0.05$)을 나타내었다. 강수량과 수질분석항목들 사이의 상관관계에서 SAR과 총질소가 각각 정의 상관성($P<0.01$)과 부의 상관성($P<0.01$)을 보였고, 관수량과 수질 항목들 사이의 상관관계에서 pH와 총질소가 각각 정의 상관성($P<0.01$)과 부의 상관성($P<0.05$)을 보였으며, 시비량과 수질과의 상관관계에서 비료성분 중 질소와 칼리가 정의 상관성($P<0.01$)을 보였다.

이러한 결과를 종합할 때, 전기전도도는 염류 및 이온에 대한 계절별 수질의 변화를 모니터링하기에 적합한 지표항목이며, 강우와 관수에 의해 시비된 질소와 칼리가 연못에 유입되는 것을 알 수 있다.

주요어 : 강우량, 관수량, 수질, 시비량, 전기 전도도

참고문헌

- 김복현, 오양환, 홍종순, 목동우, 김재건, 이경호. 1999. 수질환경오염시험법. 동화기술.
- 김학성, 이학성, 한재석. 1987. 수리학적 부하변동이 살수여상의 동작에 미치는 영향. 건설기술연구소논문집 6:79-84.
- 신원교, 박종춘. 1988. 시설재배 토양의 엽류집적과 제염효과에 관한 연구. 농연보. p209-222.
- 안용태. 1997. 골프장과 환경관리. 한국잔디연구소.
- 안용태, 김성태, 김인섭, 김진원, 김호준, 심규열, 양승원, 이정재, 함선규. 1992. 개정 Golf장 관리의 기본과 실제. 한국잔디연구소.
- 이병학, 현인환, 윤용수, 둑고석, 이병찬. 2007. 환경공학개론-지구환경과학. 동화기술.
- Beard, J.B. 2002. Turf Management for Golf Courses. Ann Arbor Press.
- Carrow, R.N., D.V. Waddington and P.E. Rieke. 2001. Turfgrass soil fertility and chmical problems-Assesment and management. Wiley.
- Frank W.F., K. O'Reilly, J. Crum, and R. Calhoun. 2006. Nitrogen Fate in Mature Turf. Green section record 44(2) : 26-28.
- Gross, P.J. 1991. A Step-by-Step Guide for Using Recycled Water. Green section record 46(2) : 1-8.
- Kang, B.K., H.J. Kim, K.J. Lee, J.J.

- Kim, and S.D. Hong. 2001. Salt movement of soils by runoff in green house area. Korean J of Environ. Agri. 20(2) : 112-115.
12. Lee, K.B., D.B. Lee, J.G. Kang and J.D. Kim. 1999. Seasonal variation in water quality of Mankyeong river and groundwater at controlled horticulture region. J. Kor. Soc. Soil Sci. Fert. 32(3) : 223-231.
13. McBride, M.B. 1994. Environmental chemistry of soils. Oxford University Press.
14. Miltner, E. D., B. E. Branham, E. A. Paul and P. E. Rieke. 1996. Leaching and mass balance of ^{15}N -labeled urea applied to a Kentucky bluegrass turf. Crop Sci. 36:1427-33.
15. Petrovic, A. M. 1990. The fate of nitrogenous fertilizers applied to turfgrass. J. Environ. Qual. 19:1-14.
16. Snow, J.T. 1996. Loss of Nitrogen and Pesticides from Turf via Leaching and Runoff. Green section record-pesticide articles.