

## 경기도 북부지역 골프장연못 수질특성에 관한 연구

김재광 · 황찬원 · 박진호 · 김지영<sup>†</sup> · 오조교  
경기도보건환경연구원 북부지원 토양분석팀

### A Study on Water Quality for Golf Course Pond in Northern Areas in Gyeonggi Province

Jae-Kwang Kim, Chan Won Hwang, Jin-Ho Park, Ji Young Kim<sup>†</sup>, and Jo-Kyo Oh  
*Soil Analysis Team, Gyeonggi-do Institute of Health and Environment in north branch*

#### ABSTRACT

**Objectives:** The purpose of this study is to investigate the water quality of 16 golf course ponds located in northern areas Gyeonggi province by investigating residual pesticides, organic matters (BOD, TOC) and nutrients (TN, TP).

**Methods:** The result data for the residual pesticides were used from 2014 to 2017. and other result data were used for April and July in 2017. The residual pesticides analytical method was based on 'Golf course residual pesticides inspection method', The others analytical method was based on 'The water pollution process test standard'

**Results:** Very toxic pesticides and banned pesticides were not detected but general pesticides were detected. In case of the water quality of the golf course pond was applied to the lake water quality standard. In April the average TOC concentration was V grade to 6.46 mg/L, TP V grade to 0.13 mg/L, TN VI grade to 1.6 mg/L, In July TOC average concentration was VI grade to 8.65 mg/L, TP VI grade to 0.17 mg/L, TN V to 1.5 mg/L. All TN and TP concentrations corresponded to eutrophication. Compared with lake water quality monitoring, the concentrations of BOD, TOC and TP were high but the TN concentration was low in April and July.

**Conclusions:** It is considered that water quality managements are necessary for the golf course pond. The first reason is that the pollutants of pond are discarded to river during rainfall and act as pollution sources. The second reason is that the golf course users are uncomfortable because of odor caused by the pollutants of the pond.

**Keywords:** golf course pond, residual pesticides, Eutrophication, the lake water quality standard, lake water quality monitoring

## I. 서 론

국민의 삶의 질 향상으로 골프장 이용객수가 늘어남에 따라, 골프장의 수는 지속적으로 증가하는 추세이다. 골프장 증가에 따른 관련시설인 골프장 연못에 대한 관리의 필요성이 증가하고 있다. 골프장 연못의 기능은 집중 강우시 홍수예방을 도모할 뿐만

아니라, 물의 저류기능을 증대시켜, 평상시 골프장 관개용수 및 필요시 인근의 농업용수로 활용할 수 있다. 그리고 골프장 연못의 용량을 여유 있게 설치함으로써 잔디, 숲 및 연못이 어우러지는 경관적 측면뿐만 아니라, 연못의 생태적 기능, 지하수 함양기능 증대 등 그 기능이 다양하다.

그러나 골프장 잔디를 관리하기 위하여 농약 및

<sup>†</sup>Corresponding author: Gyeonggi-do Institute of Health & Environment, Gyeonggi-do, 16205, Korea  
Tel: +82-31-8030-5955, Fax: +82-31-8030-5959, E-mail: young4521@gg.go.kr  
Received: 26 June 2018, Revised: 27 July 2018, Accepted: 10 August 2018

화학비료의 사용은 필수적이다. 농약 용도별 종류는 살균제, 살충제, 제초제, 생장조정제, 기타(전착제)로 구분되며, 사용되는 농약은 261종이다. 이 중 잔디용으로 사용되는 농약은 143종으로 그 외는 수목용 및 작물 재배용으로 사용된다.<sup>12)</sup> 골프장에 사용된 농약은 강우로 인하여 빗물에 씻겨어 골프장 연못으로 모이며, 월류 될 경우 하천에 방류된다. 이는 연못의 악취발생으로 인한 골프장 이용자들의 불쾌감을 주며, 또한 하천으로 방류시 오염원으로 작용한다. 따라서 본 연구를 통해 골프장 연못 수질을 분석함으로써 오염도를 평가하고자 한다.

## II. 재료 및 방법

본 연구는 경기북부 16개 골프장 연못을 대상으로 2014~2017년 잔류농약 농도분포를 조사하였다. 대상 골프장으로 고양 3곳, 가평 3곳, 남양주 2곳, 파주 2곳, 양주 1곳, 포천 4곳, 동두천 1곳을 선정하였다. 또한 2017년 4월, 7월에 경기북부 14개 골프장을 선정하여 유기물(BOD, TOC), 영양물질(T-N, T-P), pH, DO, 전기전도도, 생태독성을 분석하여 평가하였다. 농약검사방법은 ‘골프장의 농약사용량 조사 및 농약잔류량검사방법 등에 관한 규정’<sup>9)</sup>에 근거하여 분석을 실시하였다. 농약 3항목(Carbaryl, Carbendazim, Thiophanate-methyl)은 시료 500 mL를 1 L 분별깔대기에 취하고, 추출용매(Dichloromethane) 100 mL로 추출 후, 무수황산나트륨으로 수분 제거 및 질소농축기로 건조 후 Acetonitril 1ml로 용해하

**Table 1.** Operating conditions for HPLC for pesticides (3) analysis

HPLC for Pesticides (3)	
Parameter	Value
model	Agilent (1100 series)
Column	DB-C18 (4.6*250 mm)
Column Temp.	40°C
Detector	UV
Wavelength	360 nm
sample injector Volumn	20 µL
Pump	63~65 bar
Eluant	Acetonitrile 70 (V%)
Eluant Flow	1.0 mL/min
Eluant Gradient	(0~15) min: A 100%

**Table 2.** Operating conditions for GC/MSD for Pesticides (23) analysis

GC/MSD for Pesticides (23)	
Parameter	Value
model	Clarus 680, SQ8T
Column	Elite (30 m*0.25 µm*0.25 mm)
Initial temp.	50°C for 2min
Oven ramp rate	10°C/min to 200°C, hold for 2 min 5°C/min to 240°C, hold for 1 min 20°C/min to 300°C, hold for 4 min
Column flow	1 mL/min
Detector type	Quadropole
Q-pole temp	63~65 bar
Ms source temp	280°C
Multiplier [V]	1440

여 HPLC로 분석(Table 1) 하였다. 나머지 농약 23 항목은 시료 500 mL를 NaCl 50 g로 과포화 후 디클로로메탄 100 mL로 추출하고 무수황산나트륨으로 수분 제거 및 IPS여지로 여과 후 1 mL로 농축하였다.

이 농축액을 정제된 플로리실(1 g)을 사용하여 아세톤:노말헥산(3:7) 50 mL로 유출 후 실온에서 농축하여 1 mL이하로 휘발시켰다.

농축액에 아세톤:노말헥산(1:1)을 1 mL까지 정확히 넣어 녹이고, 이를 시료용액으로 사용하여 GC/MSD로 분석(Table 2)하였다. 그 외 수질분석항목은 수질오염공정시험기준<sup>11)</sup>에 의거하여 분석하였다.

## III. 결과 및 고찰

### 1. 골프장 연못 농도분포

국내 골프장 토양과 수질에 적용할 수 있는 농약 잔류허용기준이 현재는 설정되어 있지 않다. 지도기준으로 환경부 수질 농약 지도기준(Table 3)이 있다.

농약 지도기준 중 본 연구논문에 적용되는 항목은 Thiophanate-methyl, Iprodione, Diniconazole, Fenitrothion이며, 이 중 검출농약은 Thiophanate-methyl이었다. 평균농도는 0.0032 mg/L로 검출되어, 기준값 2 mg/L의 0.16%로 매우 낮은 농도로 검출되었다.

골프장 농약사용량은 지역, 기후에 따라 연도별로 사용량이 달라진다. 통계청 e-나라지표 「농약 및 화학비료 사용량(전국)」을 참고할 경우, 2009~2015년 경향을 살펴보면 사용량은 2009년 이후 2014년도

**Table 3.** Pesticide residue standard of water quality (unit: mg/L)

Water pollutants	Guidelines
Thiophanatemetyl	2
Thiadimefon	0.7
Ovin-copper	0.4
Iprodione	3
Tthiram	0.6
Diniconazole	0.8
Triforine	0.5
Fenitrothion	0.4
Pendimethalin	2
Dicamba	2
Bensulide	1
Napropanide	7
CNP	4
Isoxaben	2

까지 증가추세를 보인 후, 2014는 대비 2015년에는 2.5% 감소하였다. 사용 품목 수는 261개로 2014년 대비 11개 증가하였다. 품목별 사용량은 Fenitrothion의 연간사용량이 가장 많았고, Thiophanate-methyl, Mancozeb, Metalaxyl 순으로 2014년도와 유사하였다. 농약은 성분마다 반감기, 농약살포 후 시간경과

에 따른 농도편차가 심하기 때문에 어떠한 농약을 사용하였느냐에 따라 잔류농도의 변화는 심할 것으로 판단된다.

2014~2017년 기간 동안 16개 골프장 연못에서 검출된 농약 농도를 Table 4에 나타내었다. 고독성 농약(3종) 및 잔디사용금지 농약(7종)은 불검출이었으나 일반항목인 Carbendazim, Flutolanil, Thifluzamide, Azoxystrobin, Thiophanate-methyl, Tebuconazole은 검출되었다. 골프장 연못의 연평균 농도는 0.0010~0.0168 mg/L로 검출되었으며 이 중 Pond-E에서 0.0168 mg/L로 가장 높게 검출되었고 Pond-A에서 0.0010 mg/L로 가장 낮게 검출되었다. 불검출 골프장 연못은 2015년 Pond-A, 2014년 Pond-C, 2016년 Pond-(K, L, M, N, O), 2017년 Pond-L 이었다.

농약의 잔류농도 합은 Pond-E 0.0672 mg/L, Pond-M 0.0450 mg/L, Pond-J 0.0442 mg/L 순으로 높게 나타났으며, 가장 낮은 곳은 Pond-A 0.0039 mg/L이었다. 2014~2016년 골프장에 사용된 농약사용량은 Table 5에 나타내었다.

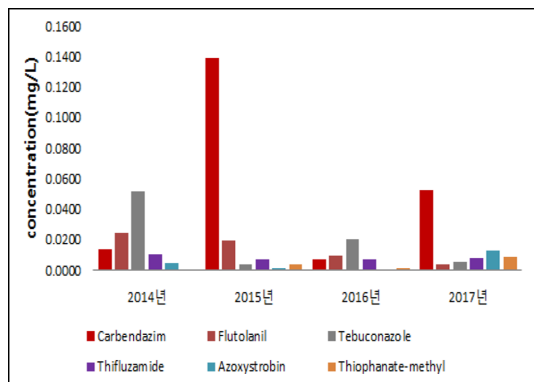
전체 사용량은 Pond-L 8,468 kg/yr, Pond-A 7,392 kg/yr, Pond-E 6,079 kg/yr 순으로 많이 사용되었으며, 가장 적은 곳은 Pond-N 365 kg/yr이었다. 골프장 농약사용량과 골프장 연못의 농약 잔류농도 사이에는 상관성을 찾을 수 없었다.

**Table 4.** Pesticides concentration (2014~2017) in golf course ponds (unit: mg/L)

Pond	2014	2015	2016	2017	Ave.	SD.
Pond-A	0.0001	ND	0.0012	0.0026	0.0010	0.0012
Pond-B	0.0019	0.0023	0.0019	0.0128	0.0047	0.0054
Pond-C	ND	0.0159	0.0017	0.0043	0.0055	0.0072
Pond-D	0.0073	0.0093	0.0159	0.0012	0.0084	0.0061
Pond-E	0.0292	0.0111	0.0055	0.0214	0.0168	0.0106
Pond-F	0.0010	0.0081	0.0017	0.0094	0.0051	0.0043
Pond-G	0.0063	0.0186	0.0084	0.0052	0.0096	0.0061
Pond-H	0.0031	0.0004	0.0039	0.0106	0.0045	0.0043
Pond-I	0.0006	0.0141	0.0010	0.0121	0.0069	0.0071
Pond-J	0.0061	0.0252	0.0011	0.0120	0.0111	0.0103
Pond-K	0.0060	0.0109	ND	0.0132	0.0075	0.0058
Pond-L	0.0018	0.0125	ND	ND	0.0036	0.0060
Pond-M	0.0341	0.0097	ND	0.0012	0.0113	0.0158
Pond-N	0.0050	0.0123	ND	0.0016	0.0047	0.0055
Pond-O	0.0060	0.0065	ND	0.0042	0.0042	0.0030
Pond-P	0.0000	0.0105	0.0024	0.0069	0.0050	0.0047

**Table 5.** Pesticides usage (2014~2016) in golf courses (unit: kg/yr)

year	Pond-A	Pond-B	Pond-C	Pond-D	Pond-E	Pond-F	Pond-G	Pond-H	Pond-I	Pond-J	Pond-K	Pond-L	Pond-M	Pond-N	Pond-O	Pond-P
2014	2,283	997	1,508	374	1,997	126	435	769	938	1,131	790	3,415	237	204	1,268	1,028
2015	2,053	634	451	177	2,042	191	574	591	1,341	893	708	2,930	328	85	752	961
2016	3,056	433	231	391	2,040	107	667	419	1,414	880	530	2,123	264	76	1,043	1,166
Total	7,392	2,064	2,190	942	6,079	424	1,676	1,779	3,693	2,904	2,028	8,468	829	365	3,063	3,155



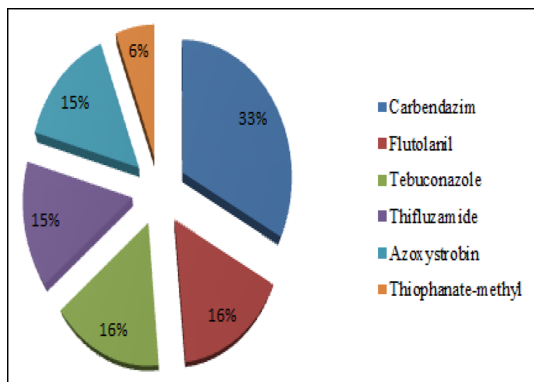
**Fig. 1.** Detected pesticides concentration in golf course ponds (2014~2017).

이유는 본 연구에서는 ‘골프장의 농약사용량 조사 및 농약잔류량 검사방법에 관한 규정’에 의하여 농약 30종을 분석하였으나 실제 골프장에 사용되는 농약의 종류는 140여종이 넘어 사용되는 농약과 검사 항목이 일치하지 않기 때문이다.

현재 골프장 농약 사용으로 인한 환경에 미치는 영향을 사전에 예방, 감시하기 위하여 ‘수질 및 수생태계보전에 관한 법률’에 근거하여 전국 골프장을 대상으로 매년 농약 30종에 대하여 상·하반기 검사를 실시하고 있다. 그러나 골프장 농약잔류량을 통한 환경영향을 파악하기 위해서는 농약 30종 검사 외에 실제로 사용되는 농약 항목 위주로 조정할 필요가 있다고 판단된다.

2014~2017년 검출된 종류별 농약 농도를 Fig. 1에 나타내었다.

연평균 농도(2014~2017) 및 최대농도(연도)는 아래와 같다. Carbendazim 0.0528, 0.1391 mg/L (2015), Flutolanil 0.0140, 0.0244 mg/L (2014) Tebuconazole 0.0200, 0.0514 mg/L (2014), Thifluzamide 0.0079, 0.0514 mg/L (2014), Azoxystrobin 0.0044, 0.0122



**Fig. 2.** Pesticides detection frequency in golf course ponds (2014~2017).

mg/L (2017) Thiophanate-methyl 0.0032, 0.0084 mg/L (2017)이었다.

또한 종류별 농약 검출빈도(Fig. 2)는 전체 615건 중 474건에서 농약이 검출되어 77% 검출 되었다. 그 중 Carbendazim 33%로 가장 많이 검출되었고, Flutolanil 16%, Tebuconazole 16%, Thifluzamide 15%, Azoxystrobin 15%, Thiophanate-methyl 6% 순으로 검출되었다.

## 2. 골프장 연못수질 비교·평가

### 2.1. 골프장 연못수질과 호소수 수질기준

호소수 수질기준은 환경정책기준법에 제시된 정책기준으로 규제기준은 아니며, 등급은 매우 좋음~매우 나쁨으로 7개 등급으로 나뉘어져 있다. 2017년 4월 골프장 연못수질(Table 7)을 호소수 수질기준에 적용할 경우, TOC 평균농도는 6.5 mg/L로 나쁨에 해당되며, 최대농도는 Pond-J 골프장에서 8.9 mg/L로 매우 나쁨에 해당되었다. 총인 평균농도 0.131 mg/L로 약간 나쁨에 해당되며, 최대농도는 Pond-D 골프장에서 0.457 mg/L로 매우 나쁨에 해당되었다.

총질소 평균농도는 1.6 mg/L로 매우 나쁨에 해당되며, 최대농도는 Pond-J 골프장에서 3.1 mg/L로 매우 나쁨에 해당되었다.

4월에 실시한 물벼룩 생태독성평가는 독성 값이 TU=0으로 나타났다. 이는 생태독성 원인물질인 유해화학물질의 농도가 생태독성에 영향을 미치지 않을 정도의 저농도로 판단된다.

전 골프장에서 생태독성이 나타나지 않아 7월에는 검사 항목에서 제외를 하였다.

2017년 7월 골프장 연못수질(Table 8)을 호소수 수질기준에 적용할 경우, TOC 평균농도는 8.7 mg/L로 매우 나쁨에 해당되며, 최대농도는 Pond-A 골프장에서 22.0 mg/L로 매우 나쁨에 해당되었다. 총인 평균농도는 0.172 mg/L로 매우 나쁨에 해당되며, 최대농도는 Pond-B 골프장에서 0.644 mg/L로 매우 나쁨에 해당되었다. 총질소 평균농도는 1.5 mg/L로 매우 나쁨에 해당되며, 최대농도는 Pond-D 골프장에서 2.8 mg/L로 매우 나쁨에 해당되었다.

**2.2. 골프장 연못수질과 부영양화**

부영양 판정지표(Table 6)는 6개 항목이 있지만 본 연구에서는 총인과 총질소 농도를 적용하여 부영양화를 판단하였다.

2017년 4월 골프장 연못의 총인 평균농도는 131 mg/m<sup>3</sup>이며 총질소 평균농도는 1,600 mg/m<sup>3</sup>로 모두 부영양으로 판정되었다.

2017년 7월 골프장 연못의 총인 평균농도는 172 mg/m<sup>3</sup>이며 총질소 평균농도는 1,500 mg/m<sup>3</sup>로 모

두 부영양으로 판정되었다.

일부 골프장에서는 부영양화의 진행으로 인한 녹조가 발생하는 경우가 있었다.

녹조현상의 영향으로는 착색 또는 Scum형성, 대량 증식한 조류가 분해되는 동안 수중 용존산소 감소로 인한 물고기 및 수중생물의 폐사, 이·취미로 인한 불쾌감을 유발한다.

이러한 골프장 부영양화의 원인은 첫째 연못의 구조에 기인한 물의 정체, 얕은 수심, 연못으로 빗물의 유입 등, 둘째 영양염류 유입(비료 골프장 연못수질 개선 방법으로 첫째 영양염류 차단 및 유입량 저감, 둘째 물리적 방법으로 준설, 차광막, 초음파, 폭기, 희석 등, 셋째 화학적 방법으로 흡착제, 가압 부상, 응집부상, 살조제 등, 넷째 생물학적 방법으로 인공습지, 수생식물, 인공식물섬, 우렁이 이용미생물 제제 방법 등을 들 수 있다.

부영양화가 진행 중인 골프장에서는 부영양화 원인을 찾아서 적절한 개선방법을 강구할 필요가 있다고 판단된다.

**2.3. 골프장 연못수질과 수질측정망**

2017년 4월, 7월의 경기도 호소 수질측정망(30개 지점) 수질과 골프장 연못 수질을 비교하였다(Fig. 4.).

수질측정망 대비 4월 골프장 연못의 TOC 평균농도는 26.2%, T-P 평균농도는 55.7% 높게 검출되었다. 반면, T-N 평균농도는 55.6% 낮게 검출되었다. 그리고 7월 골프장 연못의 TOC 평균농도는 50.6%, T-P 평균농도는 20.3% 높게 검출되었다.

**Table 6.** Eutrophication criteria

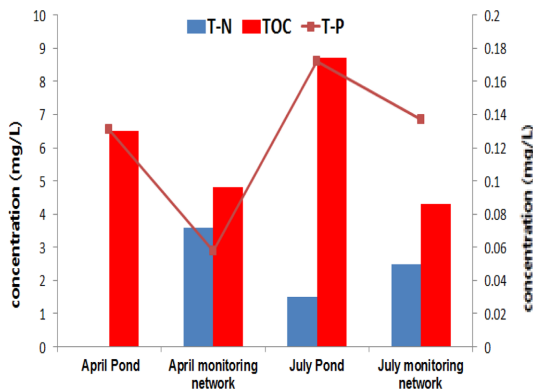
Indicator	oligotrophy	mesotrophy	eutrophy	References
	5~10	10~30	30~100	Vollenweider 1967
	<10	10~20	>20	US EPA 1976
T-P (mg/m <sup>3</sup> )	<12	12~24	>24	Carlson 1977
	<10	10~35	35~100	OECD
	<15	15~25	25~100	Forsberg & Ryding 1980
T-N (mg/m <sup>3</sup> )	<400	400~600	600~1500	Forsberg & Ryding 1980
I-N (mg/m <sup>3</sup> )	200~400	300~650	500~1500	Vollenweider 1967
chlorophyll-a (mg/m <sup>3</sup> )	<4	4~10	>10	US EPA 1974
	<3	3~7	7~40	Forsberg & Ryding 1980
Transparency (m)	>3.7	2.0~3.7	<2.0	US EPA 1974
	>4.0	2.0~4.0	<2.0	Carlson 1977
	>4.0	2.5~4.0	<2.5	Forsberg & Ryding 1980

**Table 7.** Water quality concentration in golf course ponds (April 2017) (unit: mg/L)

Item	Pond-- G	Pond-- D	Pond-- E	Pond-- F	Pond-- Q	Pond-- A	Pond-- B	Pond-- C	Pond-- P	Pond-- J	Pond-- K	Pond-- R	Pond-- S	Pond-- T	평균
BOD	5.5	4.1	3.9	1.0	4.8	5.3	4.3	3.8	2.0	6.9	4.6	3.8	6.4	5.9	4.5
TOC	7.5	6.1	5.9	3.0	6.8	7.3	6.3	5.8	4.0	8.9	6.6	5.8	8.4	7.9	6.5
T-N	1.4	2.9	1.2	2.3	1.0	1.1	1.1	1.7	2.0	3.1	0.8	0.9	1.1	1.3	1.6
T-P	0.037	0.457	0.043	0.075	0.058	0.116	0.223	0.256	0.076	0.194	0.191	0.050	0.032	0.029	0.131
DO	10.1	8.3	9.3	9.6	9.0	9.0	8.0	7.4	7.7	8.7	9.3	8.6	8.5	8.7	8.72
Electric. (μs/cm)	6	3.7	4.7	6.3	4.0	1.0	1.0	3.3	7.3	12.7	6.3	9.3	8.3	7.7	5.83
pH	7.0	6.6	6.5	6.5	6.5	7.5	7.8	7.9	7.6	6.9	7.0	6.9	6.9	7.0	7.0
Ecotoxicity	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

**Table 8.** Water quality concentration in golf course ponds (July, 2017) (unit: mg/L)

Item	Pond-- G	Pond-- D	Pond-- E	Pond-- F	Pond-- Q	Pond-- A	Pond-- B	Pond-- C	Pond-- P	Pond-- J	Pond-- K	Pond-- R	Pond-- U	평균
BOD	4.1	4.3	5.1	0.8	3.0	20.0	3.2	3.0	2.7	3.8	18.7	13.4	4.2	6.6
TOC	6.1	6.3	7.1	2.8	5.0	22.0	5.2	5.0	4.7	5.8	20.7	15.4	6.2	8.7
T-N	1.6	2.8	0.0	1.6	0.1	1.5	2.1	2.2	2.4	1.1	1.5	1.1	1.4	1.5
T-P	0.112	0.311	0.031	0.161	0.144	0.151	0.644	0.169	0.248	0.042	0.101	0.040	0.080	0.172
DO	8.5	11.6	9.5	11.5	12.3	9.2	8.3	7.8	9.9	9.6	7.4	7.7	8.1	9.35
Electric. (μs/cm)	15.0	192.3	103.0	222.7	117.5	9.7	15.0	17.0	13.7	8.0	9.7	44.0	44.3	62.45
pH	6.6	8.8	8.9	8.0	8.9	6.5	6.4	6.5	6.7	5.9	6.4	6.1	6.4	7.08



**Fig. 3.** comparison golf course ponds water quality with monitoring network lake in April and July 2017.

반면 T-N 평균농도는 40.0% 낮게 검출되었다. 결과적으로 유기물질(TOC)과 총인의 농도는 골프장 연못에서 높게 검출된 반면 총질소의 농도는 수질측정망에서 높게 검출되었다.

골프장 잔디를 관리하기 위하여 사용된 비료 및 농약은 우기시 빗물에 씻겨어 골프장 연못으로 최종적으로 모이기 때문으로 판단된다.

#### IV. 결 론

본 연구는 경기북부지역 골프장 연못 수질을 분석함으로써 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

골프장 연못의 오염농도를 확인한 결과 고독성농약과 사용금지농약은 불검출이지만 일반농약은 검출이 되었다. 또한 호소 수질기준에 적용할 경우 TOC, 총인, 총질소는 나쁨이나 매우나쁨에 해당 되었고, 경기지역의 호소 수질측정망 결과와 비교했을 때 BOD, TOC, TP는 높게 검출이 되었다.

이는 골프장 잔디 관리를 위하여 사용되는 농약 및 비료 등이 강우 시 빗물에 씻겨어 최종적으로 연못에 모이기 때문이다. 이러한 오염물질은 비가 많이 올 경우 연못을 월류하여 하천으로 흘러들어 하

천 오염의 원인이 된다. 또한 연못의 부영양화로 인한 악취발생은 골프장 이용객에게 불편을 준다.

골프장 연못의 수질에 대한 법적 기준이 현재는 없지만, 수질오염에 대한 대책이 필요하다고 판단된다.

## 감사의 글

본 연구는 국립환경과학원의 시도보건환경연구원 국고보조사업의 일환으로 진행되었으며, 이에 깊은 감사를 드립니다.

## References

1. Jury, W.A., D.D. Focht, and W.J. Farmer, 1987, Evaluation of pesticide groundwater pollution potential from standard indices of soil-chemical adsorption and biodegradation, *J. Environ. Qual.* 16(4): 422-428
2. Gustafson, D.I. 1989. Hazzard assessment groundwater ubiquity score: A simple method for assessing pesticide leachability. *Environ. Tox. Chem.* 8: 339-357
3. Cohen, S.Z., S. Nickerson, R. Maxey, A. Dupuy and J.A. Senita. 1990. A groundwaer monitoring study for pesticides and nitrates associated with golf courses on Cape Cod. *Ground Water Mon. Rev.* 10(1): 160-173
4. Enviornmental Protection Agency. 1992. Pesticides in groundwater database: a compilation of monitoring studies: 1971-1991. EPA 734-12-92-001. U.S. Gov. Print. Office. Washington, D.C.
5. Vogue, P.A., E.A. Kerle, and J.J. Jenkins. 1994. OSU Extension pesticide properties database, <http://ace.orst.edu/info/nptn/ppdmove.htm>
6. Barbash, J.E., and E.A. Resek. 1996. Pesticides in groundwater, Ann Arbor Press, Chelsea, Mich.
7. USGS. 1998. Pesticides used on and detected in groundwater beneath golf courses
8. Prapamontol T, Sutan K, Laoyang S, Hongsihsong S, Lee G, Yano Y, et al. Cross validation of gas chromatography-flame photometric detection and gas chromatography-mass spectrometry methods for measuring dialkylphosphate metabolites of organophosphate pesticides in human urine. *Int J Hyg Environ Health.* 2014; 217(4-5): 554-566.
9. Ministry of the Environment Notice (2014-37), Regulation on survey method of pesticide use amount of golf course and pesticide residue amount inspection method.
10. International Agency for Research on Cancer. IARC Monogrphs Volume 112: evaluation of five organophosphate insecticides and herbicides. *Envi-ron Heal.* 2014; 112(1): 425-433
11. National Institute of Environmental Research (2014), Pesticide environmental impact Research Final report
12. National Institute of Environmental Research (2017), Guidelines for safe use of pesticides for golf courses.
13. Kim WS, Song IS, Shin JH, Oh CH, Kim JS, Choi YH. A Study on Soil Contaminaton of Chlidren's Park within Gyeonggi-do Area, Korea *Jouranal of Environmental Health Sciences*, 2017; 43(3): 233-239.
14. Ministry of the Environment (2018), Water pollution test method
15. Park JH, Kwon KA, Jung EH, KIM JK, KIM JY, Oh jk. A Study on Soil Contamination Investigation of Farmland Around Industrial Areas in Northern Gyeonggi Province, 2017; 43(5): 1-8