

# 일산 인공호수의 수질특성

허순철\*, 송호면\*\*, 지재성\*\*\*

## 1. 서론

현재 물은 인간에게 필수적인 음용수와 산업에 필요한 용수를 공급하는 필수적인 용도만 고려되어왔으나, 점차 생활수준이 향상됨에 따라 삭막한 도시환경에서 휴식 및 복지공간을 마련하는데 활용함으로써 그 가치를 증가시키는 쪽으로 가고 있다. 일산호는 신도시 개발시 지역주민들은 물론 서울을 비롯한 수도권 시민들에게 도시속의 자연미를 즐길 수 있도록 친수환경으로 조성된 국내 최대규모의 환경친화적인 인공호수이다.

그렇지만, 일산호는 저류용량에 비해 유입유량이 작기 때문에 체류시간이 약 60일정도로 매우 긴편이며, 또한 유입수질이 불안정하고 대기로부터 유입되는 오염물질이 상당할 것으로 보여 부영양화 발생등과 같은 수질관리상의 문제가 예측된다. 따라서 일산호가 자연과 인간을 연결시키는 공간조성이라는 목표에 맞는 수질을 유지할 수 있는 방안을 모색하고 향후 인공호수를 계획하는데 있어서 일산호가 하나의 모델로 활용할 수 있도록 1년간의 조사결과를 토대로 인공호수에서의 수질특성을 제시하고자 한다.

## 2. 일산호의 제원 및 시설물 현황

### 2.1 일산호의 제원

일산호는 96년 5월에 담수를 완료하였으며, 각 지역의 특성 및 기능에 따라 3개의 Zone으로 나누어 진다. 각 Zone별 제원은 표 1.과 같으며, 일산호의 개략현황도는 그림 1.과 같다.

일산호수는 표 1.에서 알 수 있는 바와 같이 호안에 콘크리트 제방과 호수저면에 차수재가 포설된 지역(Zone 1, 2)과 토사압밀다짐한 구역(Zone 3)으로 구분할 수 있으며, 차수재가 포설된 구역도 얇은 구역(Zone 1)과 비교적 깊은 구역(Zone 2)으로 구분할 수 있다. 일산호수 전체의 수면적은 300,000m<sup>2</sup>이며, 수체의 용량은 453,000m<sup>3</sup>에 이르고 있다. 한편 전체호수 중 많은 비중을 차지하고 있는 Zone 2의 수체용량이 전체의 약 82%를 차지하고 있다. 한편 수체의 흐름은 Zone 1 → Zone 2 → Zone 3으로 이동한다.

---

\* 홍익대학교 토목공학과

\*\* 한국건설기술연구원 환경연구실

\*\*\* 한국건설기술연구원 건설기술정보센터

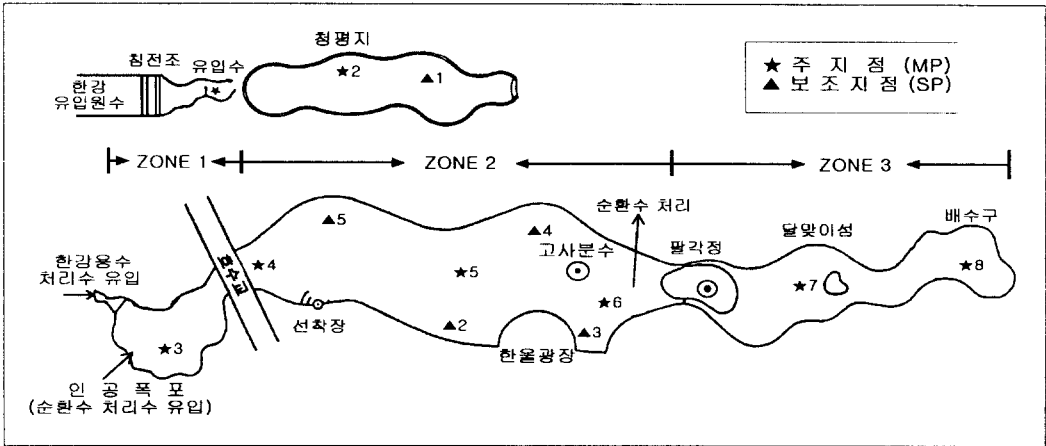


그림 1. 일산호수의 개략 현황도

표 1. 일산호의 제원

구 분	수면적(m <sup>2</sup> )	수체용량(m <sup>3</sup> )	수심(m)	호저 상태
Zone 1	37,500	30,000	0.5~1.0	차수재 포설
Zone 2	193,700	370,000	0.5~3.0	차수재 포설
Zone 3	68,700	53,000	0.5~1.0	점토바닥 다짐
계	300,000	453,000	1.5*	

\* : 평균수심

## 2.2 호수의 수처리시설 현황

일산호의 수질악화를 고려하여 일최대 2500m<sup>3</sup>의 유입수와 일최대 4000m<sup>3</sup>의 순환수를 처리하여 호수로 공급하고 있는 바 처리시설 현황 및 처리수의 수질현황에 대해서는 표 2.에 나타난 바와 같다. 두 시설 모두 유입원수 및 호수내에 존재하는 영양염류 및 조류를 제거하기 위해 설치되었으며, 유입수처리시설은 Alum을 사용하는 응집침전법으로 처리하고 있으며, 순환수처리시설은 PAC과 고분자응집제로 응집된 Floc을 가압부상법으로 처리하는 방법을 택하고 있다. 한편, 일산호의 유입용수원은 일산취수장과 동일한 잠실수중보 상류 약 150m지점에서 취수하고 있다.

표 2. 일산호수의 수처리시설의 시설현황 및 처리수의 수질현황('96. 8~'97. 8 평균치임)

처리시설	처리수량 (m <sup>3</sup> /d)	COD <sub>Cr</sub> (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)	SS (mg/L)	Chl-a* (μg/L)	처리방법
유입수 처리시설	2,500	7.3	1.60	0.019	2.0	2.76	응집-침전
순환수 처리시설	4,000	5.9	0.73	0.011	1.3	0.62	응집-가압부상

### 3. 조사항목 및 조사지점

#### 3.1 조사항목

수질조사는 담수가 완료 직후인 96년 7월부터 시작하여 97년 6월까지 1년간 매주 실시하였으며, 조사항목은 수온, pH, DO, 탁도 등의 일반항목과 COD<sub>Cr</sub>, SS, 및 VSS 등의 유기물질 관련 항목 그리고 T-N, T-P, PO<sub>4</sub>-P 및 Chl-a 등의 부영양화 관련 항목이며, 분석은 Standard method와 환경오염공정시험방법에 준하여 조사하였다.

#### 3.2 조사지점

일산호에서의 수질조사지점은 그림 1.과 같이 수체의 주흐름방향을 중심으로 호수의 유입·유출지점, Zone-1의 중심지역, Zone-2의 유입, 중심, 유출지점, Zone-3의 중심지점 등 7개의 주지점을 선정하여 주 1회 조사였으며, 수심별 및 호안지역 등 보조지점 5개소를 추가하여 월 1회 조사하였다. 본 고에서는 각 Zone별로 조사한 값을 평균·정리한 값을 이용하였다.

### 4. 수질조사결과 및 고찰

#### 4.1 일반항목

##### 4.1.1 수온

수온은 수서생태계 및 조류의 활동을 크게 지배하는 요소중 하나이다. 일산호에서의 수온 변화를 조사한 결과, Zone별 차이는 거의 없으며 대부분의 얇은 호수가 그렇듯 계절적인 영향을 많이 받아서 여름철에는 강우기를 제외한 기간은 25℃ 이상을 나타내며, 8월에는 30℃ 이상의 수온을 보였다. 또한 겨울철에는 기온이 영하로 내려가기 때문에 호수표면이 결빙되어 이듬해 3월초에야 해빙이 되는데, 겨울철의 수온은 5℃ 이하를 유지하고 있다. 한편 계절별로 수심이 따른 수온의 변화는 호수표면과 호수저면의 수온 차이는 0.5℃ 이내로 거의 변화가 없으며 일산호수와 같은 얇은 호수에서는 성층현상을 발생하지 않았다.

##### 4.1.2 pH

일산호수에서의 연간 pH의 주간변화를 조사결과를 그림 2.에 나타내었는데, 전반적으로 7.9~8.5의 범위를 나타내고 있다. 그러나 결빙기에 바닥이 차수재로 포설되어 있는 Zone I과 Zone II에서 pH가 9.0이상의 값을 보이고 있는데, 이는 수심이 낮아서 전도성 물질의 농도가 증가하여 발생한 것으로 추정된다.

일반적으로 조류농도가 높아지면 광합성작용에 의해 CO<sub>2</sub>의 소모가 되면서 pH는 상승하는 것으로 알려져 있는데, 일산호에서도 조류가 성장하는 시기에는 대체적으로 pH가 8.8~9.0정도의 값을 나타내고 있어 환경정책기본법상의 호소수 수질환경기준에서 정한 pH 6.5~8.5보다 일시적으로 높게 나타나고 있다. 한편, 차수재가 포설된 지역과 차수재가 포설되지 않은 지역구분해서 보면

대체적으로 차수재를 포설하지 않은 지역이 차수재를 포설한 지역보다 pH가 0.5정도 낮은 값을 보이고 있으며, 결빙기에도 높은 값을 보이지 않고 있다.

### 4.1.3 DO

일산호에서의 DO의 변화는 수온의 변화에 따라 상승과 하강을 하고 있다. 대체적으로 용존산소의 포화도는 계절에 관계없이 80%이상을 유지하고 있다. 여름철에도 7mg/L 이상을 나타내고 있으며 겨울철에는 14mg/L에 이르는 것으로 조사되었다. 한편, 수심에 따른 조사결과는 수표면이 약 0.5mg/L정도 높은 것으로 나타나 파랑에 의한 수표면에서의 재포기현상이 현저한 것으로 나타났다.

### 4.1.4 탁도

일산호의 연간 탁도변화를 조사한 결과를 그림 3.에 나타냈는데, 호수저면에 차수재를 포설한 지역과 포설하지 않은 지역이 확연하게 구분되고 있다. 차수재를 포설한 Zone 1, Zone 2지역에서는 년중 최고치가 4.3 NTU에 불과하고 동절기 결빙시에는 1NTU이하의 맑은 상태를 유지하고 있다. 그러나 차수재를 포설하지 않고 점토로 다짐한 Zone 3에서는 겨울철에는 2NTU로 낮은 값을 나타냈으나, 여름철에는 30NTU이상으로 매우 높은 수치를 나타내고 있다. 이는 바람등에 의한 혼합시 취송류가 호수저면까지 영향이 미치고 있어서 저면의 점토입자가 탁도물질로 되었다고 판단되는데 호수저면의 침전물질 관리에 대한 중요성을 시사하고 있다.

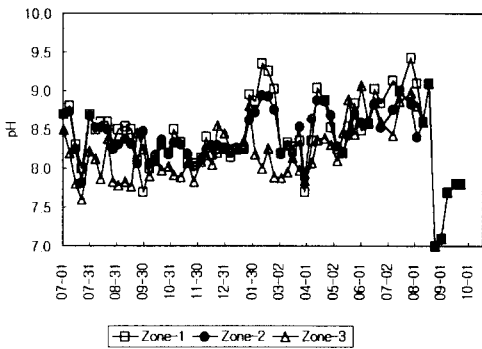


그림 2. 일산호에서 pH의 주간변화

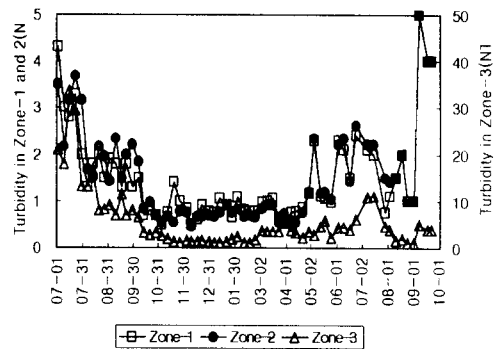


그림 3. 일산호에서 탁도의 주간변화

## 4.2 유기물 항목

### 4.2.1 COD<sub>Cr</sub>

일산호에서 조사된 연간 COD<sub>Cr</sub>변화에 대해서 TCOD<sub>Cr</sub>(Total COD<sub>Cr</sub>)은 그림. 4에, PCOD<sub>Cr</sub>(Particulate COD<sub>Cr</sub>)은 그림 5.에 나타냈는데, TCOD<sub>Cr</sub>이 8~16mg/L, PCOD<sub>Cr</sub>은 1~6mg/L의 범위를 나타내고 있으며, 주간별로 약간의 변동을 보이고 있는데 이는 바람 등의 영향으로 저면에 침강한 물질들이 혼합되기 때문인 것으로 판단된다. 호수저면에 차수재를 포설하지 않은 지

역(Zone 3)이 여름철을 제외한 다른 시기에는 차수재를 포설한 지역과 거의 비슷한 수준을 보이고 있지만, 여름철에는 차수재를 포설하지 않은 Zone 3 지역의  $COD_{Cr}$ 이 낮은 것을 보여주고 있다. 이것은 전술한 바와 같이 탁도값이 Zone 3지역이 높기 때문에 광조사량이 작아지고 이로 인하여 조류현존량이 현저히 낮아졌기 때문이라고 생각된다. 한편, 일산호의 경우  $PCOD_{Cr}$ 이  $TCOD_{Cr}$ 중 10~30%정도를 나타내고 있는데, 일반적인 호수에서 보여지는 30~70%의 수준보다 상당히 낮은 값을 나타내고 있어서 용존성  $COD_{Cr}$ 이 비교적 높은 것을 알 수 있다. 또한 여름철의 집중호우로 7, 8월의  $TCOD_{Cr}$ 은 4.5mg/L까지 낮아졌으나 9월이후 급속한 증가를 보이고 있다.

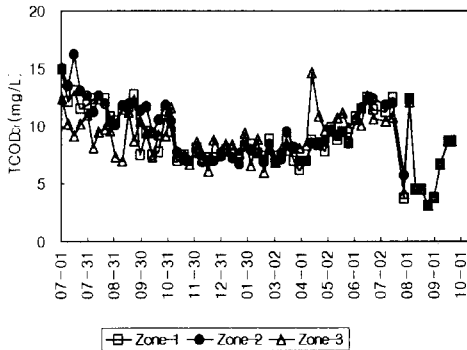


그림. 4 일산호수에서  $TCOD_{Cr}$ 의 주간변화

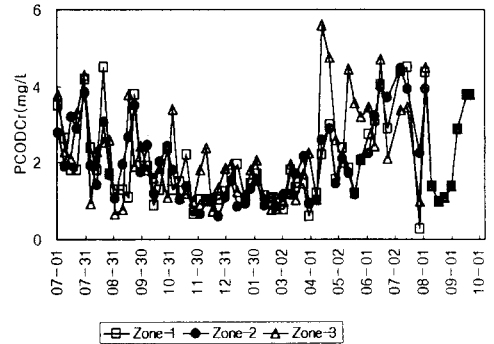


그림. 5 일산호수에서  $PCOD_{Cr}$ 의 주간변화

## 4.2.2 SS 및 VSS

일산호에서의 연간 부유물질의 변화는 그림 6.과 그림 7.에 나타낸 바와 같이, 차수재를 포설한 Zone 1, Zone 2지역에서는 년중 최고치가 TSS 3.6 mg/L(VSS 2.7mg/L)에 불과하고 여름철 조류번성기에도 TSS 3mg/L(VSS 2.0mg/L)이하를 유지하고 있으며, 동절기 결빙시에는 TSS가 1mg/L(VSS 0.8mg/L)이하의 맑은 상태를 유지하고 있다. 한편 점토만으로 다짐한 Zone 3에서는 겨울철에는 TSS가 2mg/L(VSS 0.8mg/L)이하의 낮은 값을 보이고 있으나, 여름철에는 TSS가 20mg/L정도로 매우 높은 수치를 나타내고 있다. 그러나 특이한 것은 Zone 3에서 여름철에 TSS는 20mg/L정도를 나타내고 있으나 VSS는 2.0mg/L정도로 오히려 Zone 1, 2보다도 낮은 값을 보이고 있다. 이는 전술한 바와 같이 호수저면의 흩입자가 부유·혼합되어 TSS는 높지만, 조류등 생물량이 적기 때문이라고 판단된다.

## 4.3 부영양화 관련항목

### 4.3.1 T-P 및 $PO_4-P$

호수내 잠재적 조류의 이용원이며 생체량 분석에 필수적인 T-P와 조류에 직접적으로 이용되는 용존반응성인인  $PO_4-P$ 를 조사한 결과를 그림 8.과 그림 9.에 나타냈다. T-P농도는 그림 8.에서 알 수 있는 바와 같이 10~50mg/m<sup>3</sup>의 범위를 보이고 있으며, 동절기에는 10mg/m<sup>3</sup>정도의 양

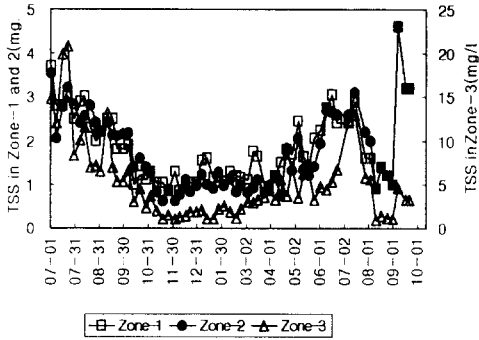


그림. 6 일산호수에서 TSS의 주간변화

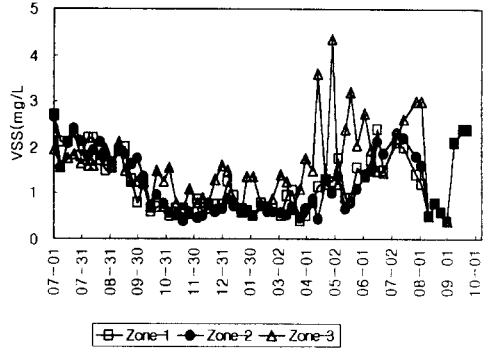


그림. 7 일산호수에서 VSS의 주간변화

호한 상태를 보이고 있다. 한편, 그림 8.과 그림 9.에서 보면 수온의 저하로 인하여 SS가 감소하는 시기와 T-P가 감소하는 시기가 서로 일치하는 것을 알 수 있다. 즉, 수온의 저하로 호수내 존재하는 조류들이 사멸·침강하면서 조류생체중의 인성분까지 침강하기 때문에 SS와 T-P성분이 낮아지고, 수온이 상승하는 5월 이후부터 급격히 SS와 T-P가 증가하여 TSS는 3.5mg/L, T-P는 30mg/m<sup>3</sup>정도까지 상승하고 있다. 이러한 점에서 보면 호수저면 준설의 필요성을 생각할 수 있으며, 준설은 4월이전에 완료가 되어야 한다고 생각된다. 또한 강우의 영향을 받는 시기에는 T-P값이 최대 50mg/m<sup>3</sup>까지 높게 나타나고 있어 유입수 처리시설은 물론 순환수처리시설의 필요성을 확인할 수 있다. 한편, PO<sub>4</sub>-P는 그림 9.에서 알 수 있는 바와 같이 여름철을 제외하고는 계절에 관계없이 5mg/m<sup>3</sup>정도로 거의 일정한 값을 나타내고 있지만, 여름철에는 강우의 영향을 받아 PO<sub>4</sub>-P값이 10mg/m<sup>3</sup>정도로 높게 나타났다.

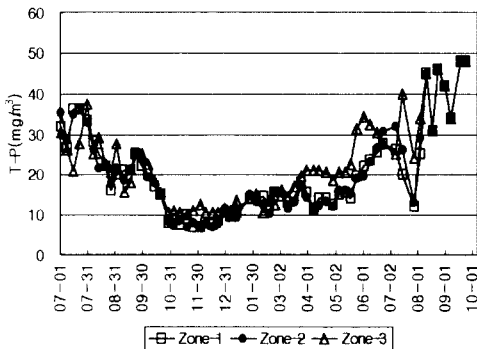


그림. 8 일산호수에서 T-P의 주간변화

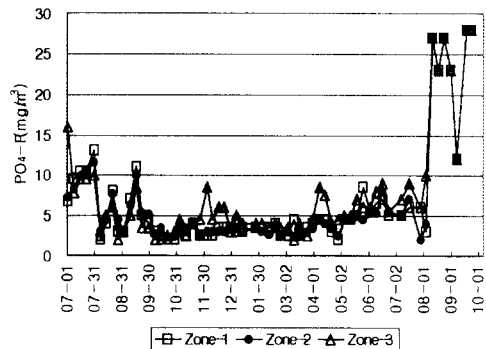


그림. 9 일산호수에서 PO<sub>4</sub>-P의 주간변화

### 4.3.2 T-N

호수내 잠재적 조류의 질소원인 T-N과 조류에 직접적으로 이용되는 총무기질소(TIN)을 조사한 결과를 그림 10.과 그림 11.에 나타냈다. T-N농도는 전체적으로 0.3~2.1mg/L의 범위를

보이고 있는데, 동절기에는 1~2mg/L로 비교적 다른 시기에 비해 높은 값을 보이고 있다. 또한 Zone-1지역이 Zone-2와 Zone-3보다 비교적 높은 경향에 있는데, 이는 호수유입수에 대해서 탈인 처리과정만을 거친 후 Zone-1을 거쳐 Zone-2, Zone-3로 이동되면서 희석되기때문에 Zone-1지역이 다른 지역보다 높게 나타났다고 판단된다.

한편, 총무기질소는 그림 11.에서 보면 Zone-1의 일부 높은 경우를 제외하면 0.1~0.4mg/L의 범위로 거의 일정한 농도를 유지하고 있으며, 한강유입수질의 영향으로 차수재 포설여부나 계절에 관계없이 일정한 경향을 보이지 않고 있다.

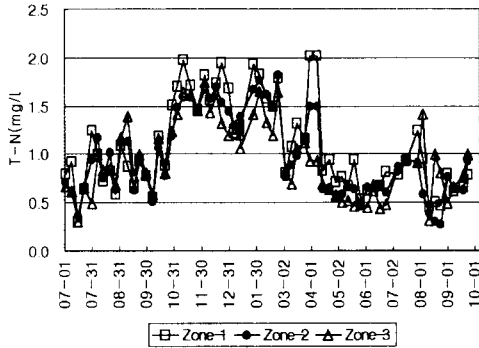


그림. 10 일산호수에서 T-N의 주간변화

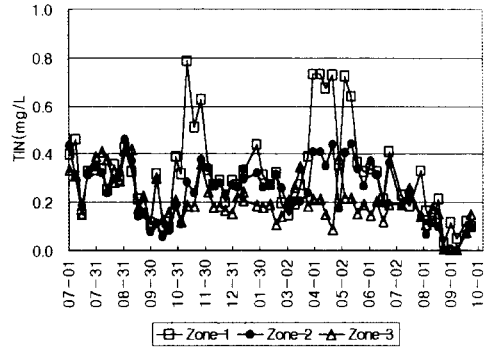


그림. 11 일산호수에서 TIN의 주간변화

### 4.3.3 Chl-a

일산호에서의 연간 조류현존량의 주간변화를 그림 12.에 나타냈는데, 일산호에서 조류의 현존량은 연간 0.1~13mg Chl-a/m<sup>3</sup>의 범위를 보이고 있으며, 동절기에는 1.0mg/m<sup>3</sup> 이하로 거의 현존량이 없는 상태를 보여주고 있다. 한편 차수재를 포설한 구역과 차수재를 포설하지 않은 구역을 비교해 보면, 차수재를 포설하지 않고 점토다짐을 한 Zone 3가 일부 peak를 보이는 시기를 제외하고는 조류의 현존량이 대체적으로 낮은 값을 보이고 있다.

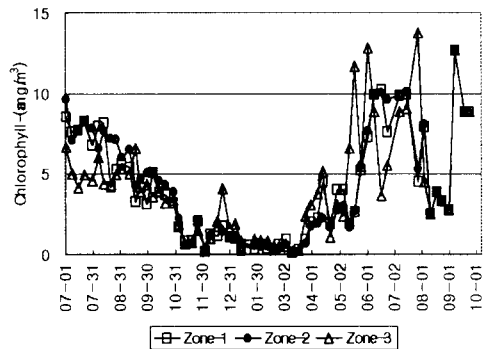


그림 12. 일산호에서 Chlorophyll-a의 주간변화

## 5. 결론

인공호수인 일산호수에서 담수를 완료한 직후부터 1년간의 수질변화를 조사한 결과를 요약·정리하면 다음과 같다.

1) 일산호에서는 수심이 얇기 때문에 수온이 외기의 영향을 받아 계절적인 변동이 심하였으며, 수

심에 따른 수온의 성층현상을 발견할 수 없었다.

- 2) 결빙기 및 여름철에 일시적으로 전도성의 물질증가 또는 광합성작용으로 인하여 호소수 수질 환경기준에서 정하고 있는 pH 6.5~8.5의 범위를 상회하여 pH 8.8~9.0정도의 값을 나타내고 있다.
- 3) COD<sub>Cr</sub> 조사결과, 여름철에는 점토 다짐한 Zone 3가 차수재를 포설한 호수(Zone 1, 2)보다 낮게 나타나, 조류현존량이 현저하게 낮은 것으로 조사되었다.
- 4) 5월 이후부터 침강되었던 저니의 부상 및 여름철 강우의 영향을 받아 호내의 T-P 및 PO<sub>4</sub>-P의 농도가 급격하게 증가하는 현상을 보였다.
- 5) 4월이후부터 10월까지 호수 전체적으로 Chl-a의 급격한 증가현상을 보였다.

## 6. 참고문헌

- 1) 지재성, 송호면, 허순철 외 16인, 일산호의 최적 수질관리 연구, 한국건설기술연구원, 1997
- 2) APHA, AWWA and WPCF, "Standard method for examination of water and wastewater", 18th ed., APHA. N.Y., 1992
- 3) 환경부 고시 제 95-10호, "수질오염 및 폐기물 공정시험방법", 동화기술
- 4) 조규송외 11인, "호수 환경 조사법", 동화기술, 1991