

2015년

---

# 호소 수질 및 플랑크톤 조사 보고서

## [두량저수지, 가산저수지]

---

2016. 2.

경상남도보건환경연구원  
[환경연구과]

# 2015년 호소 수질 및 플랑크톤 조사 결과 요약

## [ 사천 두랑저수지, 밀양 가산저수지 ]

### 1. COD 평균 농도

○ 호소 생활환경기준의 IV등급으로 조사됨

- 두랑저수지 : 7.1mg/L(2003~2014년, V 등급) → 6.4mg/L(2015년, IV등급)
- 가산저수지 : 8.0mg/L(2003~2014년, V 등급) → 6.5mg/L(2015년, IV등급)

### 2. 영양염 평균 농도

○ 호소 생활환경기준의 III~V 등급으로 조사됨

- 두랑저수지 : 과거 조사결과 보다 낮음
  - 총질소(mg/L) : 1.514(2003-2014년) → 1.174(2015년, V 등급)
  - 총 인(mg/L) : 0.065(2003-2014년) → 0.046(2015년, III등급)
- 가산저수지 : 총인 농도는 과거 조사결과 보다 낮음
  - 총질소(mg/L) : 1.126(2003-2014년) → 1.159(2015년, V 등급)
  - 총 인(mg/L) : 0.064(2003-2014년) → 0.045(2015년, III등급)

### 3. 부영양화 지수(TSI<sub>KO</sub>)

○ TSI<sub>KO</sub>에 의한 부영양화정도는 “부영양”상태로 조사됨

- 두랑저수지 : 51.6(3월) → 58.7(6월) → 60.5(9월) → 57.5(11월)
- 가산저수지 : 60.8(3월) → 61.4(6월) → 63.9(9월) → 52.5(11월)

### 4. 동·식물플랑크톤 주요 군집

○ 식물플랑크톤 평균 구성비(%) 및 우점종

- 두랑저수지 : 녹조류(36.3) > 남조류(33.2) > 기타조류(17.3) > 규조류(13.3)
- 가산저수지 : 남조류(58.4) > 규조류(22.6) > 녹조류(11.9) > 기타조류(7.1)
- 우점종 : 두랑저수지 *Aphanizomenon* sp.(남조류), 가산저수지 *Chlorella* sp.(녹조류)

○ 동물플랑크톤 평균 구성비(%) 및 우점종

- 두랑저수지 : 윤충류(51.6) > 요각류(19.4) > 기타(16.1) > 지각류(12.9)
- 가산저수지 : 기타(92.3) > 윤충류(5.9) > 요각류(1.4) > 지각류(0.4)
- 우점종 : 두랑저수지 *Asplanchna* sp.(윤충류), 가산저수지 *Tintinnidium* sp.(기타)

# 2015년 호소 수질 및 플랑크톤 조사 결과

## [ 사천시 두랑저수지, 밀양시 가산저수지 ]

### 1. 조사 목적

호소 수질 및 수생태계 보전에 필요한 기초 자료 확보를 위해 호소의 수질오염도 및 생물다양성을 정기적으로 조사

### 2. 조사 내용

#### 가. 법적근거

수질 및 수생태계 보전에 관한 법률 제28조(정기적 조사 및 측정) 및 동법 시행령 제30조(호소수 이용 상황 등의 조사·측정 등), 호소환경조사지침(환경부 2009. 11.)

#### 나. 조사대상 : 도내 2개소(사천시 두랑저수지, 밀양시 가산저수지)

※ 환경부 조사 90개소, 지방자치단체 조사 88개소, 총 178개 호소

#### 다. 조사시기 : 연 4회(3, 6, 9, 12월)

#### 라. 조사항목

##### ○ 이화학적 수질조사(18 항목)

- 수온, 전기전도도, 투명도, pH, DO, BOD, COD, TOC, SS, T-N, NH<sub>3</sub>-N, NO<sub>3</sub>-N, T-P, PO<sub>4</sub>-P, 페놀류, 클로로필a, 분원성대장균군수, 총대장균군수

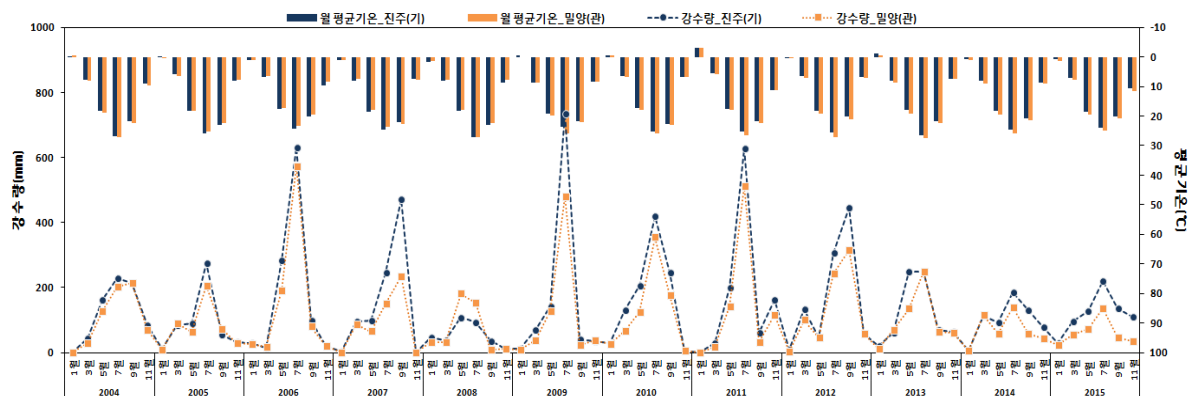
##### ○ 호소 생물 다양성 중 플랑크톤 조사 : 동물플랑크톤, 식물플랑크톤

### 3. 일반현황

#### 가. 기상자료

○ 2015년 평균 기온 : 14.5℃, 지난 10년간 비슷한 수준임(13.7~15.5℃)

○ 2015년 총 강수량 : 1087mm, '09~'13보다 낮음(1742~1896mm)



※ 월별 강수량 및 평균기온(2004~2016, 진주 기상청 · 밀양 관측소, 기상청)

## 나. 두랑저수지 주변 환경

- 위치 : 경남 사천시 사천읍 및 진주시 정촌면 일대
- 저수지 면적 : 51ha(유역면적 2,990ha, 저류량 1,567,000m<sup>3</sup>)
- 주변 환경
  - 유입하천 5개, 유출구 1개, 유입권역 내 소류지 12개, 농경지, 공장, 주거지 산재
- 오염원 : 생활오수, 공업폐수, 농업활동에 따른 농약 및 비료살포



< 사천시 두랑저수지 주변 개황 >

## 다. 가산저수지 주변 환경

- 위치 : 경남 밀양시 부북면 퇴로리 및 가산리 일대
- 저수지 면적 : 62ha(유역면적 1,500ha, 저류량 3,393,000m<sup>3</sup>)
- 주변 환경
  - 유입하천 4개소, 유출구 1개소, 유입권역 내 소류지 5개소, 농경지, 축산시설, 주거지 산재
- 오염원 : 생활오수, 축산폐수, 농업활동에 따른 농약 및 비료살포



< 밀양시 가산저수지 주변 개황 >

## 4. 결과 및 고찰

### 가. 수질 조사 결과

#### ○ 호소 생활환경 기준에 의한 수질등급 평가

- COD Ⅲ~Ⅴ 등급, 총질소 Ⅳ~Ⅵ등급, 총인 Ⅱ~Ⅳ등급, Chl-a Ⅱ~Ⅴ 등급
- 유기물 농도(COD, TOC)는 3분기(9월) 가장 높게 조사됨
- 총질소는 1분기(3월)에 가장 높음
- 총인 농도는 분기별 비슷한 수준임(가산저수지 4분기 제외)

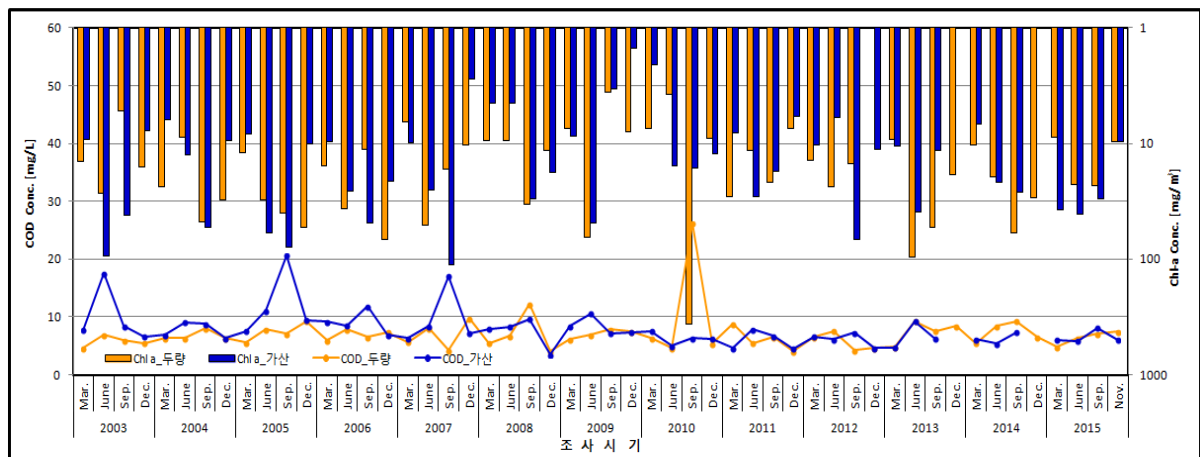
#### < 수질등급 평가 >

조사 지점	조사시기	COD (mg/L)	TOC (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)	Chl-a <sub>3</sub> (mg/m <sup>3</sup> )
두량 저수지	2015년 3월	4.8(Ⅲ)	4.5(Ⅲ)	2.451(Ⅵ)	0.050(Ⅲ)	8.9(Ⅰb)
	6월	6.3(Ⅳ)	5.8(Ⅳ)	0.670(Ⅳ)	0.044(Ⅲ)	22.5(Ⅳ)
	9월	7.1(Ⅳ)	6.2(Ⅴ)	0.689(Ⅳ)	0.044(Ⅲ)	23.0(Ⅳ)
	11월	7.5(Ⅳ)	6.5(Ⅴ)	0.887(Ⅳ)	0.043(Ⅲ)	9.6(Ⅱ)
	평균	6.4(Ⅳ)	5.8(Ⅳ)	1.174(Ⅴ)	0.045(Ⅲ)	16.0(Ⅲ)
가산 저수지	2015년 3월	6.0(Ⅳ)	2.8(Ⅰb)	1.977(Ⅵ)	0.050(Ⅲ)	37.9(Ⅴ)
	6월	5.8(Ⅳ)	4.7(Ⅲ)	0.773(Ⅳ)	0.058(Ⅳ)	41.2(Ⅴ)
	9월	8.1(Ⅴ)	5.7(Ⅳ)	0.705(Ⅳ)	0.048(Ⅲ)	30.4(Ⅳ)
	11월	6.0(Ⅳ)	4.9(Ⅲ)	1.182(Ⅴ)	0.029(Ⅱ)	9.6(Ⅱ)
	평균	6.5(Ⅳ)	4.5(Ⅲ)	1.159(Ⅴ)	0.046(Ⅲ)	29.8(Ⅳ)

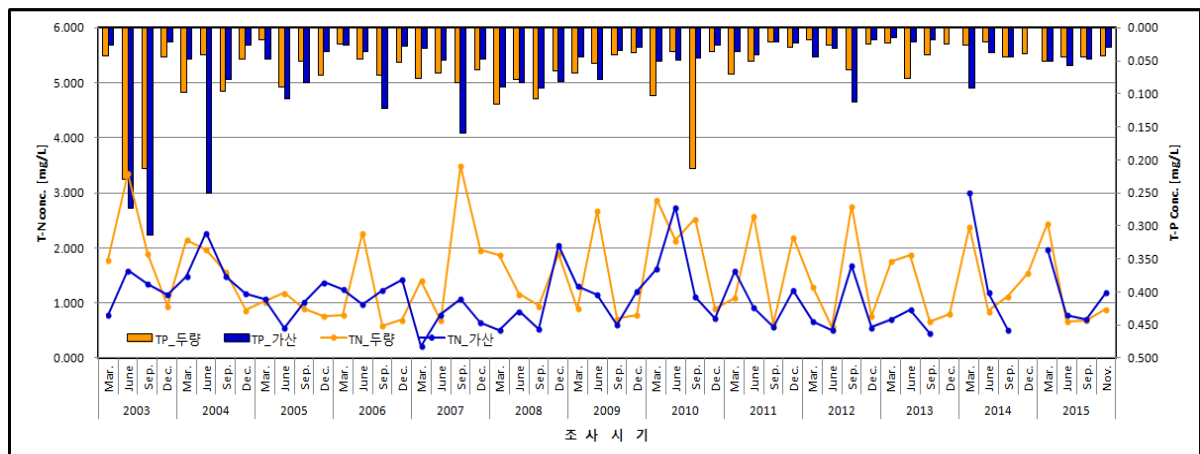
#### ○ 연간 수질 농도 변화

- COD 농도는 '03~'08년 사이 조사 시기 및 지점에 따라 변화폭이 컸으나, 이후 두량 및 가산의 분기별 농도변화는 크지 않음
- COD 농도는 3분기에 가장 높고, Chl-a 농도는 2분기 또는 3분기에 높음
- '15년 COD 평균 농도는 '03~'14년 평균보다 낮음
  - 두량저수지 7.1mg/L('03~'14년) → 6.4mg/L('15년)
  - 가산저수지 8.0mg/L('03~'14년) → 6.5mg/L('15년)
- '15년 Chl-a 평균 농도는 두량저수지의 경우 '03~'14년 평균보다 낮고, 가산저수지의 경우 높음
  - 두량저수지 30.8mg/m<sup>3</sup>('03~'14년) → 16.0mg/m<sup>3</sup>('15년)
  - 가산저수지 23.0mg/m<sup>3</sup>('03~'14년) → 29.8mg/m<sup>3</sup>('15년)

- 총질소 농도는 연도별 거의 비슷한 수준을 보이고, 분기별 농도변화가 큼
- 총인 농도는 연도별 차이를 보였으나, '15년 분기별 농도는 비슷한 수준임
- '15년 총질소 평균 농도는 '03~'14년 평균과 비슷함
  - 두량저수지 1.514mg/L('03~'14년) → 1.174mg/L('15년)
  - 가산저수지 1.126mg/L('03~'14년) → 1.159mg/L('15년)
- '15년 총인 평균 농도는 '03~'14년 평균보다 낮음
  - 두량저수지 0.065mg/m<sup>3</sup>('03~'14년) → 0.046mg/m<sup>3</sup>('15년)
  - 가산저수지 0.064mg/m<sup>3</sup>('03~'14년) → 0.045mg/m<sup>3</sup>('15년)



< 연도별 COD 및 Chl-a 농도 >



< 연도별 총질소 및 총인 농도 >

### ○ 부영양화 지수(TSI<sub>ko</sub>)를 이용한 평가

- 종합TSI<sub>ko</sub>는 두량 51.6~60.5, 가산 52.5~63.9의 수준으로 “부영양” 상태임
- 두량 및 가산저수지의 '03~'14년의 부영양화 지수는 “부영양” 상태로 조사됨

< TSI<sub>KO</sub>에 의한 부영양화도 평가 결과 >

구	분	TSI <sub>KO</sub> (COD)	TSI <sub>KO</sub> (Chl-a)	TSI <sub>KO</sub> (TP)	종합TSI <sub>KO</sub>	영양단계
두량 저수지	'03-'14년 평균	60.6	69.7	62.9	63.5	부영양
	2015년 3월	49.7	48.8	58.3	51.6	부영양
	6월	57.3	64.4	55.9	58.7	부영양
	9월	60.6	64.8	55.9	60.5	부영양
	11월	62.2	50.1	55.4	57.5	부영양
	평 균	57.4	57.0	56.4	57.1	부영양
	가산 저수지	'03-'14년 평균	64.0	64.8	63.2	64.0
2015년 3월		55.9	73.1	58.3	60.8	부영양
6월		55.0	74.5	61.1	61.4	부영양
9월		64.3	69.4	57.5	63.9	부영양
11월		55.9	50.1	48.0	52.5	부영양
평 균		57.8	66.8	56.2	59.6	부영양

※ 70<TSI : 과영양, 50<TSI≤70 : 부영양, 30<TSI≤50 : 중영양, TSI≤30 : 빈영양

## 나. 동 · 식물플랑크톤 분포 현황

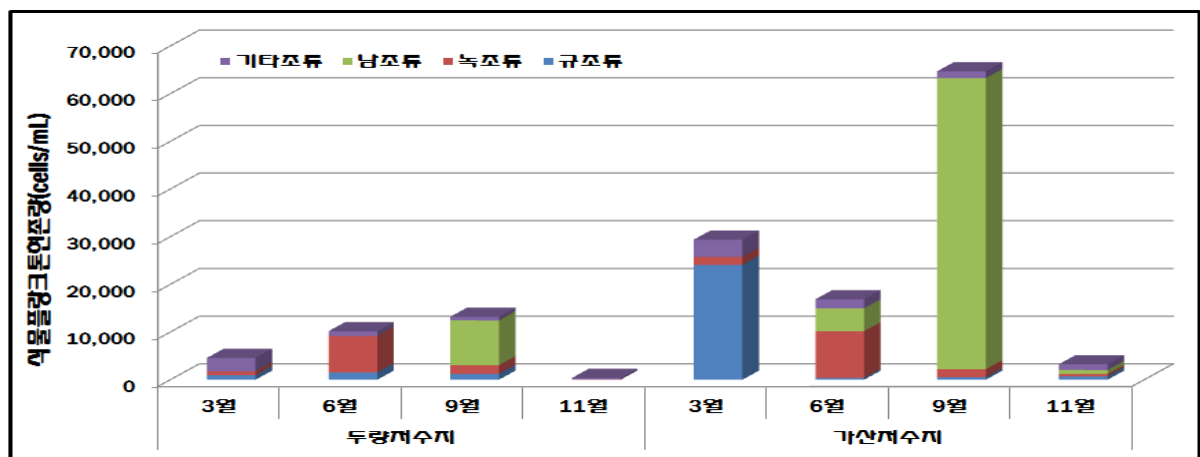
### ○ 식물플랑크톤

- 식물플랑크톤 현존량(cells/mL)

· 총 현존량 : 9월 최고값, 11월 최저값

⇒두량저수지 : 4,570(3월) → 10,190(6월) → 13,208(9월) → 387(11월)

⇒가산저수지 : 29,390(3월) → 16,881(6월) → 64,700(9월) → 3,256(11월)



< 2015년 식물플랑크톤 현존량 >



- 식물플랑크톤 구성비(%)

- 2015년 평균 구성비 : 두랑저수지 녹조류, 가산저수지 남조류 비율이 높음  
 ⇒ 두랑저수지 : 녹조류(36.3) > 남조류(33.2) > 기타조류(17.3) > 규조류(13.3)  
 ⇒ 가산저수지 : 남조류(58.4) > 규조류(22.6) > 녹조류(11.9) > 기타조류(7.1)
- 3월 규조류, 6월 녹조류, 9월 남조류, 11월 기타조류의 비율이 높음

구 분	두랑저수지(%)				가산저수지(%)			
규조류	21.0	15.1	9.4	6.5	<b>82.0</b>	2.3	0.9	22.1
녹조류	17.3	<b>75.1</b>	13.6	10.8	5.7	<b>58.0</b>	2.5	14.7
남조류	0.0	0.0	<b>71.2</b>	0.0	0.0	28.4	<b>94.4</b>	25.5
기타조류	<b>61.7</b>	9.8	5.8	<b>82.7</b>	12.3	11.3	2.2	<b>37.6</b>

- 식물플랑크톤 우점종

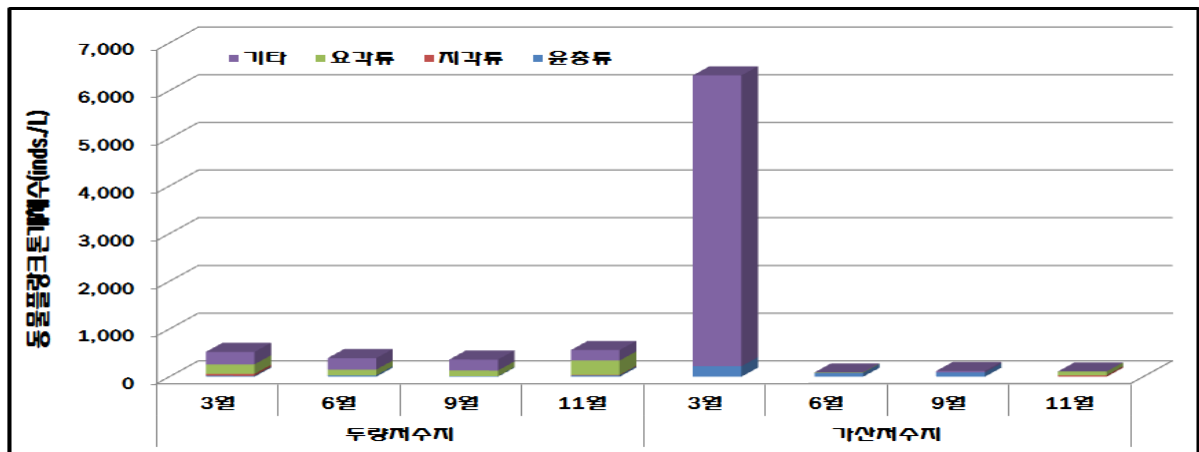
- 2015년 우점종 : 두랑저수지 *Aphanizomenon* sp.(남), 가산저수지 *Chlorella* sp.(녹)
- 조사 시기별 우점종

구 분	두랑저수지		가산저수지	
	제1 우점종	제2 우점종	제1 우점종	제2 우점종
3월	<i>Rhodomonas</i> sp.(기)	<i>Mallomonas</i> sp.(기)	<i>Cyclotella</i> sp.(규)	<i>Aulacoseira</i> sp.(규)
6월	<i>Chlorella</i> sp.(녹)	<i>Aulacoseira</i> sp.(규)	<i>Coelastrum</i> sp.(녹)	<i>Microcystis</i> sp.(남)
9월	<i>Microcystis</i> sp.(남)	<i>Aphanocapsa</i> sp.(남)	<i>Aphanizomenon</i> sp.(남)	<i>Anabaena</i> sp.(남)
11월	<i>Ceratium</i> sp.(기)	<i>Aulacoseira</i> sp.(규)	<i>Rhodomonas</i> sp.(기)	<i>Microcystis</i> sp.(남)

○ 동물플랑크톤

- 동물플랑크톤 개체수(Inds./L)

- 총 개체수 : 두랑저수지 9월 최고값, 가산저수지 3월 최고값  
 ⇒ 두랑저수지 : 60(3월) → 60(6월) → 150(9월) → 40(11월)  
 ⇒ 가산저수지 : 6,320(3월) → 90(6월) → 120(9월) → 110(11월)



< 2015년 동물플랑크톤 개체수 >



- 동물플랑크톤 평균 구성비(%)
  - 두량저수지 : 윤충류(51.6) > 요각류(19.4) > 기타(16.1) > 지각류(12.9)
  - 가산저수지 : 기타(92.3) > 윤충류(5.9) > 요각류(1.4) > 지각류(0.4)
- 동물플랑크톤 우점종
  - 2015년 우점종 : 두량저수지 *Asplanchna* sp.(윤), 가산저수지 *Tintinnidium* sp.(기)
  - 조사 시기별 우점종

구 분	두량저수지	가산저수지
3월	<i>Cyclops</i> sp.(요각류)	<i>Asplanchna</i> sp.(윤충류)
6월	<i>Tintinnidium</i> sp.(기타)	<i>Conochilus</i> sp.(윤충류)
9월	<i>Asplanchna</i> sp.(윤충류)	<i>Asplanchna</i> sp.(윤충류)
11월	<i>Cyclops</i> sp.(요각류)	<i>Cyclops</i> sp.(요각류)

## 다. 동·식물플랑크톤 연도별 분포 특성

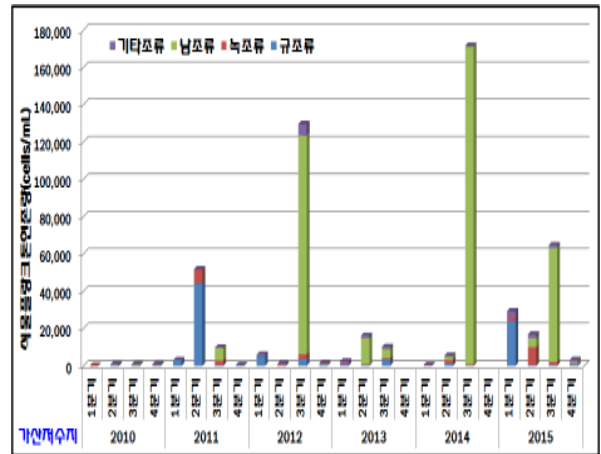
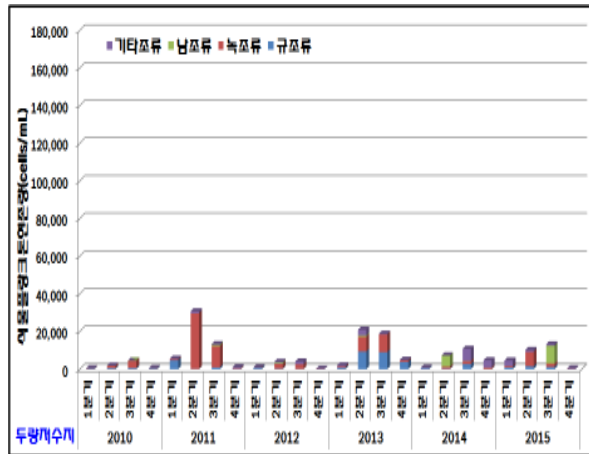
### ○ 식물플랑크톤

- '15년 평균 현존량은 '10년~'14년 평균 현존량보다 낮고, '03년~'14년보다 높음
  - 두량저수지 : 2011년과 2013년 평균 현존량이 높음
  - 가산저수지 : 2011~2014년 평균 현존량이 높음

평 균	두량저수지(cells/mL)					가산저수지(cells/mL)				
	총현존량	규조류	녹조류	남조류	기타조류	총현존량	규조류	녹조류	남조류	기타조류
'15년	7,089	941	2,571	2,350	1,226	28,557	6,440	3,403	16,678	2,036
'10~'14년	7,901	1,443	5,347	564	545	36,504	2,163	5,884	28,068	389
'03~'14년	6,902	1,625	3,553	737	983	24,846	3,893	1,434	18,568	950
'03~'15년	7,839	1,404	5,134	701	598	35,893	2,492	5,693	27,192	515

- 구성비
  - 두량저수지 : '03년~'14년 평균 대비 남조류 및 기타조류 증가
  - 가산저수지 : '03년~'14년 평균 대비 규조류 및 기타조류 증가

평 균	두량저수지(%)				가산저수지(%)			
	규조류	녹조류	남조류	기타조류	규조류	녹조류	남조류	기타조류
'15년	3.3	9.0	8.2	4.3	22.6	11.9	58.4	7.1
'03~'14년	4.0	14.6	1.5	1.5	5.9	16.1	76.9	1.1



< 연도별 식물플랑크톤 현존량 >

## ○ 동물플랑크톤

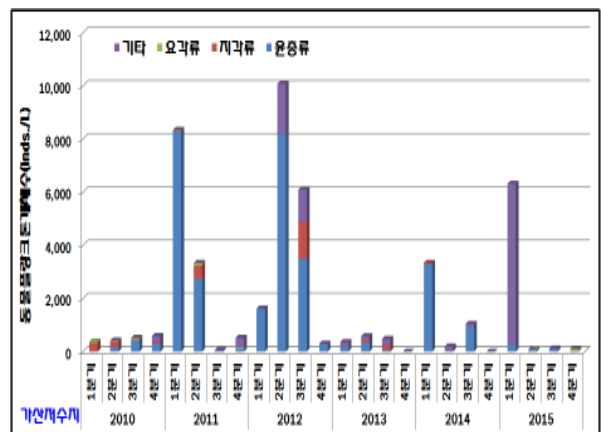
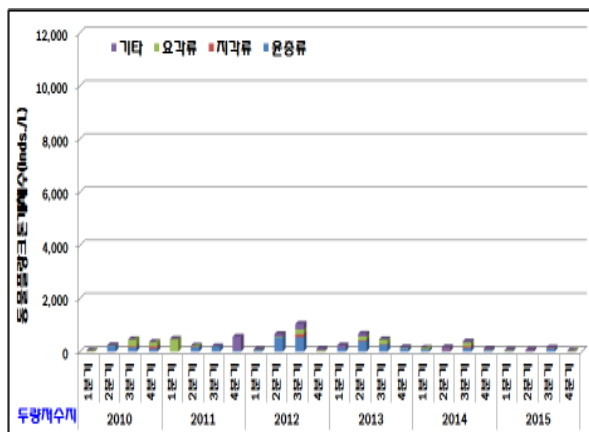
- '15년 평균 개체수는 '10년~'14년 평균 현존량보다 낮음

평 균	두 량저수지(Inds./L)					가 산저수지(Inds./L)				
	총개체수	윤충류	지각류	요각류	기타	총개체수	윤충류	지각류	요각류	기타
'15년	78	40	10	15	13	1,660	98	8	23	1,533
'10~'14년	337	163	21	91	62	1,914	1,524	147	15	228
'10~'15년	294	143	19	78	54	1,871	1,286	124	16	445

- 구성비

- 두 량저수지 : '10년~'14년 평균 대비 윤충류 및 지각류 증가
- 가 산저수지 : '13년~'14년 평균 대비 요각류 및 기타 증가

평 균	두 량저수지(%)				가 산저수지(%)			
	윤충류	지각류	요각류	기타	윤충류	지각류	요각류	기타
'15년	51.6	12.9	19.4	16.1	5.9	0.5	1.4	92.3
'10~'14년	35.3	7.8	33.7	23.1	79.6	7.7	0.8	11.9



< 연도별 동물플랑크톤 개체수 >

## 두량저수지 수질 및 플랑크톤 조사 결과(2010년 ~ 2015년)

조사 지점	조사 시기		pH	COD (mg/L)	SS (mg/L)	DO (mg/L)	T-P (mg/L)	T-N (mg/L)	클로로필 <sup>a</sup> (mg/m <sup>3</sup> )	식물 플랑크톤 (cells/mL)	동물 플랑크톤 (개체수/L)
두 량 저 수 지	2010년	3월	7.2	6.4	12.2	9.8	0.102	2.881	7.4	420	40
		6월	8.9	4.7	10.8	10.8	0.036	2.141	3.8	1,875	240
		9월	9.5	26.2	53.0	12.6	0.213	2.529	366.1	4,590	460
		12월	7.8	5.4	5.2	10.8	0.036	0.902	9.1	510	360
		평균	8.4	10.7	20.3	11.0	0.097	2.113	96.6	1,849	275
	2011년	3월	8.0	8.9	11.0	12.3	0.071	1.093	29.0	5,575	480
		6월	6.9	5.5	5.0	8.7	0.050	2.590	11.5	30,750	220
		9월	8.2	6.5	3.0	9.3	0.021	0.631	21.7	13,281	200
		12월	8.2	4.0	4.8	11.5	0.030	2.198	7.5	979	40
		평균	7.8	6.2	6.0	10.5	0.043	1.628	17.4	12,646	235
	2012년	3월	8.5	6.5	6.0	9.8	0.019	1.288	14.0	908	80
		6월	8.3	7.6	6.4	10.2	0.027	0.571	23.8	3,880	560
		9월	6.8	4.3	13.6	7.6	0.063	2.764	14.9	4,060	660
		12월	7.8	4.6	3.0	10.0	0.024	0.761	0.0	230	50
		평균	7.9	5.8	7.3	9.4	0.033	1.346	13.2	2,270	338
	2013년	3월	7.2	4.8	9.8	10.2	0.023	1.757	9.3	2,040	130
		6월	7.8	9.3	10.8	9.7	0.077	1.875	96.1	20,940	570
		9월	8.2	7.6	13.4	8.5	0.041	0.670	52.8	18,820	440
		11월	8.0	8.4	6.2	10.4	0.025	0.803	18.7	4,930	150
		평균	7.8	7.5	10.1	9.7	0.042	1.276	44.2	11,683	323
	2014년	3월	7.6	5.5	3.8	10.6	0.027	2.380	10.4	710	140
		6월	9.1	8.5	5.6	12.9	0.021	0.848	19.4	7,290	160
		9월	9.0	9.3	9.6	10.3	0.044	1.126	59.0	10,740	380
		12월	7.9	6.5	4.2	9.3	0.039	1.548	29.5	4,670	100
		평균	8.4	7.5	5.8	10.8	0.033	1.486	29.6	5,853	195
	2015년	3월	8.3	4.8	6.0	13.2	0.050	2.451	8.9	4,570	60
		6월	8.8	6.3	4.4	8.3	0.044	0.670	22.5	10,190	60
		9월	8.6	7.1	5.2	10.2	0.044	0.689	23.0	13,208	150
		12월	7.6	7.5	5.0	8.6	0.043	0.887	9.6	387	40
		평균	8.3	6.4	5.2	10.1	0.045	1.174	16.0	7,089	78

## 가산저수지 수질 및 플랑크톤 조사 결과(2010년 ~ 2015년)

조사 지점	조사 시기		pH	COD (mg/L)	SS (mg/L)	DO (mg/L)	T-P (mg/L)	T-N (mg/L)	클로로필 <sup>a</sup> (mg/m <sup>3</sup> )	식물 플랑크톤 (cells/mL)	동물 플랑크톤 (개체수/L)
가 산 저 수 지	2010년	3월	7.8	7.5	3.1	10.8	0.051	1.616	2.1	100	380
		6월	8.0	5.0	4.2	9.8	0.049	2.740	15.6	925	420
		9월	9.6	6.3	4.8	12.3	0.046	1.120	16.4	860	520
		12월	8.3	6.2	4.8	11.7	0.026	0.725	12.2	890	360
		평균	8.4	6.3	4.2	11.2	0.043	1.550	11.6	694	420
	2011년	3월	7.0	4.6	8.4	12.0	0.036	1.574	8.2	3,125	8,340
		6월	9.7	7.8	8.0	12.6	0.041	0.918	28.8	51,875	3,340
		9월	9.2	6.7	5.2	9.2	0.022	0.563	17.6	10,660	51
		12월	7.6	4.5	1.6	10.0	0.023	1.237	5.8	527	160
		평균	8.4	5.9	5.8	11.0	0.031	1.073	15.1	16,547	2,973
	2012년	3월	7.1	6.6	5.5	10.2	0.044	0.668	10.3	6,086	1,780
		6월	8.1	6.1	6.1	8.9	0.032	0.509	6.0	1,308	8,160
		9월	9.6	7.3	9.4	10.9	0.113	1.685	67.3	129,700	4,400
		12월	7.1	4.6	3.4	10.1	0.019	0.557	11.2	1,450	250
		평균	8.0	6.2	6.1	10.0	0.052	0.855	23.7	34,636	3,648
	2013년	3월	7.9	4.7	4.8	12.2	0.015	0.703	10.5	900	180
		6월	8.3	9.3	6.6	8.1	0.021	0.879	39.1	1,280	450
		9월	8.3	6.2	2.4	8.1	0.019	0.443	11.5	1,100	480
		평균	8.2	6.7	4.6	9.5	0.018	0.675	20.4	1,093	370
	2014년	3월	7.1	6.1	3.8	12.0	0.092	2.995	6.8	3,340	490
		6월	7.7	5.4	29.6	10.4	0.037	1.185	21.6	5,550	200
		9월	8.2	7.4	7.2	8.0	0.045	0.514	26.5	171,640	1,040
		평균	7.7	6.3	13.5	10.1	0.058	1.565	18.3	60,177	577
	2015년	3월	8.5	6.0	11.2	16.8	0.050	1.977	37.9	29,390	6,320
		6월	8.8	5.8	9.2	12.2	0.058	0.773	41.2	16,881	90
		9월	7.5	8.1	4.0	8.4	0.048	0.705	30.4	64,700	120
		12월	8.5	6.0	2.2	8.0	0.029	1.182	9.6	3,256	110
		평균	8.3	6.5	6.7	11.4	0.046	1.159	29.8	28,557	1,660