

## 합천호의 TOC 분포 특성

성진욱 · 김형진 · 박제철\*

금오공과대학교 환경공학과

(2011년 3월 3일 접수; 2011년 4월 7일 수정; 2011년 4월 22일 채택)

## Characteristics of TOC Distribution in Lake Hapcheon

Jin-Uk Seong, Hyung-Jin Kim, Jae-Chul Park\*

*Department of Environment Engineering, Kumoh National Institute of Technology, Gyeongbuk 730-701, Korea*

(Manuscript received 3 March, 2011; revised 7 April, 2011; accepted 22 April, 2011)

### Abstract

This study was conducted to estimate the distribution characteristics and budget of organic matter in the Lake Hapcheon. In the dry season, the concentration ranges of organic carbons were similar, but in the rainfall season, it showed about double concentrations. Changes of vertical water quality in the lake, there were no big differences with the concentration by the depth. However, it tends to be relatively high on the surface, a little low on the mid-depth and high in the lake bottom. DOC rate at TOC, it was lower than POC rate at inflow and DOC rate was higher than POC rate in the lake and discharging water. R-DOC accounted for more 80% of DOC rate in all investigated areas, therefore we judge that this R-DOC is to increase the organic carbon pollution gradually. As the result of the calculated organic carbon budget in the Lake Hapcheon, the amount of allochthonous, autochthonous and release were 3,552, 3,288, 228 tonC/year, respectively. the amount of discharge, decomposition and sedimentation were 504, 1,344, 5,520 tonC/year, respectively. According to this investigation, the changed amount of organic matter in the Lake Hapcheon recorded -300 tonC/year with the increase of 7,068 tonC/year and the decrease of 7,368 tonC/year.

**Key Words** : Distribution characteristics, Budget of organic matter, TOC, POC, DOC, R-DOC

### 1. 서론

호수나 하천의 유기물은 유역에서 유입되는 외부 기원 유기물(allochthonous organic matter)과 내부에서 생산되는 내부생성 유기물(autochthonous organic matter)로 나눌 수 있으며, 내부생성 유기물은 주로 식물플랑크톤 또는 부착조류 등의 미세조류와 수생식물

의 광합성 과정을 통해 이루어진다. 일반적으로 유속이 빠른 하천에서는 외부로부터 유입되는 외부기원 유기물이 수중 유기물의 주요한 공급원이 되며 정체수역인 호수나 하천 하류 및 하구연 등에서는 수중생물의 1차 생산에 의한 내부생성 유기물이 주 공급원이 된다(Fisher와 Likens, 1977; Wetzel, 1983). 즉 수체의 전체 유기물 부하에서 수중 1차 생산에 의한 유기물 부하의 기여도는 호수의 체류시간이 길수록 또한 부영양화가 진행될수록 커질 수 있다. 이처럼 호수는 외부와 내부 유역의 영향들이 종합적으로 작용하여 나타나는 복잡하고 다양한 생태계로 구성되어 있어 단편적인 연구로는 호수를 유기적으로 해석하는데 어

\*Corresponding author : Jae-Chul Park, Department of Environment Engineering, Kumoh National Institute of Technology, Gyeongbuk 730-701, Korea  
Phone: +82-54-478-7633  
E-mail: pjc1963@kumoh.ac.kr

려움이 많다.

상수원으로 이용되는 호소에서 유기물은 정수처리의 비용을 상승시키고, 정수처리 공정의 부산물로서 triha-lomethanes(THMs)을 생성하여 상수원수의 질을 하락시키는 등 사회적 문제를 발생시키고 있다(한국건설기술연구원, 1995). 이러한 유기물오염을 적절히 관리하기 위해서는 유기물의 기원, 현존량 및 거동을 정확히 파악할 필요가 있고, 또한 이를 평가할 수 있는 유용한 측정방법의 개발도 요구되고 있는 실정에 있다(박, 2003).

합천호에 대한 학술적인 연구는 수문학적 연구로 주 등(1990)의 합천댐 홍수유출 모형개발이 있으며, 생물학적 연구로 인편성황갈조 식물에 대한 연구로 이 등(1994), 식물의 분포를 보고한 이 등(1995)이 있다. 또한 남조류의 분포와 독소발생에 대한 김 등(1995)의 연구, 남조류 수화현상의 초기 발생에 대한 박 등(1998)의 연구, 국내 주요호수의 육수학적 조사로 김 등(1998), 낙동강 수질 조사연구(국립환경연구원 2000, 2002), 합천호 수질 및 영양단계에 대해 평가한 최 등(2003), 어류상과 어류 군집구조에 대한 연구로 이 등(2005)의 연구, 수질 환경기준의 적용성 검토 및 낙동강 수계 목표수질 달성도 평가(국립환경과학원, 2008), 수질오염총량관리에 따른 합천호 상류수계 오염 부하량 현황과 개선대책(염, 2008)이 있었다. 하지만 유기물 관리를 위한 분포특성이나 수지에 대한 연구는 거의 없었고, 식물상 및 어류상, 수질 조사에 국한한 연구가 대부분이었다. 따라서 합천호의 유기물 관리를 위한 자료가 매우 부족한 실정이며, 부하량 산정에 있어 TOC 지표가 아닌 BOD, COD 지표에 의해 산정되어 유기물 지표를 대표하는데 어려움이 있을 것으로 판단된다.

따라서 본 연구에서는 경남 합천에 위치한 대형 인공호인 합천호를 대상으로, 유기물의 분포 특성을 파악하기 위하여 BOD, COD<sub>Mn</sub>, TOC(DOC+POC)를 측정하였고, TOC 지표를 이용하여 유입·방류유기물량, 1차생산량, 용출량, 분해량, 침강량을 조사하여 유기물 수지를 산정하였다. 이를 바탕으로 합천호의 합리적인 수질관리대책을 수립하기 위한 수질 관리 목표 설정에 중요한 판단 기준을 제공하고자 하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1. 조사대상지의 개요 및 조사 시기

합천호는 행정구역상 경상남도 합천군 용주면, 대병면, 봉산면(1군 2도 5개면 29리)일대이고 황강의 중상류부에 1989년 높이 96 m 길이 472 m의 중력식 댐이 축조됨으로써 형성된 대형 인공호수로 저수면적 25 km<sup>2</sup>, 총저수량 790백만 m<sup>3</sup>이며, 유역면적은 925 km<sup>2</sup>로 낙동강 유역면적의 4 %를 차지하고 있다. 합천호로 유입되는 주요하천으로는 북서쪽에 황강이 남서쪽에 사천천이 각각 유입되지만, 유역면적의 약 95 %를 황강이 차지하여 대부분이 황강을 통하여 유입되고 있다. 합천댐의 용수공급능력은 연간 599백만 m<sup>3</sup>이며 부산·창원·마산·진해 등 낙동강 하류지역에 520백만 m<sup>3</sup>의 생활 및 공업용수, 32백만 m<sup>3</sup>의 농업용수 및 47백만 m<sup>3</sup>의 하천유지용수를 공급하고 있다.

합천호에 대한 수질조사는 2009년 2~10월까지 총 6회 조사를 실시하였고, 조사지점은 Fig. 1에 나타난 바와 같다. St.1은 합천호의 유입 지점인 황강으로 표층수를 채수하였고, St.2는 댐 앞 지점으로 수심별 조사(최대 60 m)를 실시하였다. 방류지점(St.3)은 합천댐 방류구가 125~135 EL.m에 위치하여 댐 앞 지점(St.2) 20~30 m에서 조사된 결과를 이용하였다.

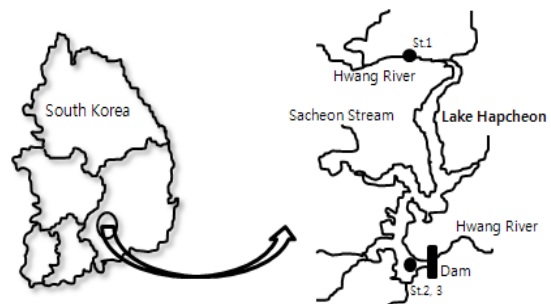


Fig. 1. Location of sampling site in the watershed of Lake Hapcheon.

### 2.2. 유량조사 및 수질분석, DOC 분해실험

합천호로 유입되는 유량과 방류량은 국가수자원관리종합정보시스템 자료를 이용하였고, 부하량 산정을 위한 조사시기의 유량은 월평균 값을 사용하였다. 채수한 시료를 대상으로 TOC를 측정하였는데, TOC 농

도는 DOC 농도와 POC 농도의 합으로 계산하였다. DOC 분석은 시료에 염산(2N)을 첨가하여(pH 2이하) Air-Zero 가스로 포기시켜 CO<sub>2</sub>를 미리 제거한 후, 고온(680 °C)의 백금촉매가 내장된 TOC analyzer(Shimadzu, TOC-5000A)를 이용하여 측정하였으며, POC는 CHN 원소 분석기를 이용하였다. 미생물에 의한 DOC 분해 실험은 GF/F 여과지로 여과 된 여과액을 500 ml 유리 용기(450 °C에서 열처리한 것)에 넣어 온도 20±1 °C 의 항온 암실에서 30일간 실시하였다(Ogura, 1972; Servais, 1987; Park 등, 1997). 분해실험 결과 30일 사이에 분해된 유기물을 생분해성 유기탄소(L-DOC), 남아있는 유기물을 난분해성 유기탄소(R-DOC) 농도로 정량 하였다.

2.3. 유기물 수지 파악

합천호의 유기물 수지 계산을 위하여 유기물 증가량은 유입수를 통하여 유입되는 외부유입유기물량과 내부생성유기물량, 퇴적물로 부터의 유기물 용출량의 합으로 산정하였다. 외부유입유기물량은 St.1에서 측정된 TOC 농도에 유입유량을 곱하여 산정하였고, 내부생성유기물량은 식물플랑크톤에 의하여 생성된 1차생산량으로 용존산소에 의한 명암방법을 이용하였으며, 계산은 Wetzel과 Linkens(1991)의 방법을 사용하였다. 계산된 결과에 합천호의 수표면적을 곱하여 1차생산량을 산정하였다. 합천호는 수심이 깊고 저수위의 변화가 커 호내에서 수생식물이 서식할 수 있는 환경이 적절하지 않다고 판단되어, 수생식물에 의한 1차생산량은 무시하였다. 용출실험은 국립환경연구원(2003)의 방법을 이용하였고, DOC 농도를 측정하여 오 등(2007)에서 사용된 식으로 면적당 용출량을 구하고 이에 수표면적을 곱하여 용출량을 산정하였다. 유기물 감소량은 방류되는 유기물량과 분해량, 침강량의 합으로 산정하였다. 방류유기물량은 St.2의 20~30 m에서 측정된 TOC 농도에 방류유량을 곱하여 산정하였고, 분해량은 DOC 분해실험에서 정량된 L-DOC 농도에 30을 나누고 이에 저수량을 곱하여 일일 분해량을 구하였다. 침강실험은 국립환경연구원(2003)의 방법을 이용하였고, POC 농도를 측정하여 면적당 침강량을 구하고 이에 수표면적을 곱하여 침강량을 계산하였다. 계산된 결과를 바탕으로 유기물 수지를 산정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 수문학적 특성 및 호내의 물리학적 특성

조사기간 중 합천호 유역의 강수량과 수리·수문학적 특성을 Fig. 2에 나타내었다. 2009년 총 강수량은 960 mm로 이전 자료의 연평균 강수량 1,500 mm보다 훨씬 적은 강수량을 보였다. 계절별로는 하계의 강수량이 연간 강수량의 약 61 %를 차지하였고, 일일 최대 87 mm의 강수량을 보이기도 하였다. 유입량 또한 대부분이 강우량이 많았던 여름철에 집중되었다. 하지만 방류량의 경우에는 비교적 일정한 패턴을 보였고, 조사기간 중 합천호의 체류시간은 약 465일로 매우 길게 조사되었는데 이는 합천호의 기묘으로 인한 저수량 확보를 위한 방류량 조절에 기인한 것으로 판단된다. 이에 따른 저수위는 6월까지 감소하는 추세를 보이다가 강우량이 많았던 여름철에도 방류량을 조절함으로써 7월부터 저수위가 급격하게 상승하는 것을 볼 수 있다. 저수위의 변화는 17 m로 비교적 큰 것으로 조사되었다. 이처럼 인공호의 경우에는 인위적으로 수리·수문학적 특성을 조절할 수 있기 때문에 이러한 특성이 조사 결과에 미치는 영향이 매우 다양할 것으로 판단된다. 호내의 물리학적 특성으로 수온과 DO의 조사시기 별 수직분포를 Fig. 3에 나타내었다. 표층의 수온은 6.3~27.6 °C의 범위로 나타났고, 수온의 수직분포 특성을 보면 1년에 1회 수체의 혼합이 이루어지는 온대 1순환 호수로 국내 대부분의 대형 인공호와 비슷한 특성을 보였다. 수온약층은 4월 이후에 형성되어 하계에 매우 강한 성층을 나타내었다. 또한 완전 혼합시기를 제외한 혼합층 깊이는 5~20 m의 범위를 보였고, 추계에 춘계보다 비교적 혼합층이 깊은 것으로 나타났다. 표층의 DO 농도는 7.1~13.7 mgO<sub>2</sub>/L 범위를 보였고, 수온에 따른 산소포화농도 차이에 의하여 수온이 낮은 겨울철에 비교적 높은 농도로 나타났다. 수직분포를 보면 7월에서 10월 사이에 중층에서 산소최저층이 형성되기도 하였는데 이는 소양호(Kim과 Cho, 1989), 대청호(산업기지가개발공사, 1986), 옥정호(김 등, 1997) 등에서도 이와 같은 현상이 보고된 바 있어 대형인공호의 일반적인 현상인 것으로 판단된다. 또한 완전 혼합시기를 제외한 대부분의 조사에서 심층에서 표층보다 DO 농도가 낮은 것으로 나타났다.

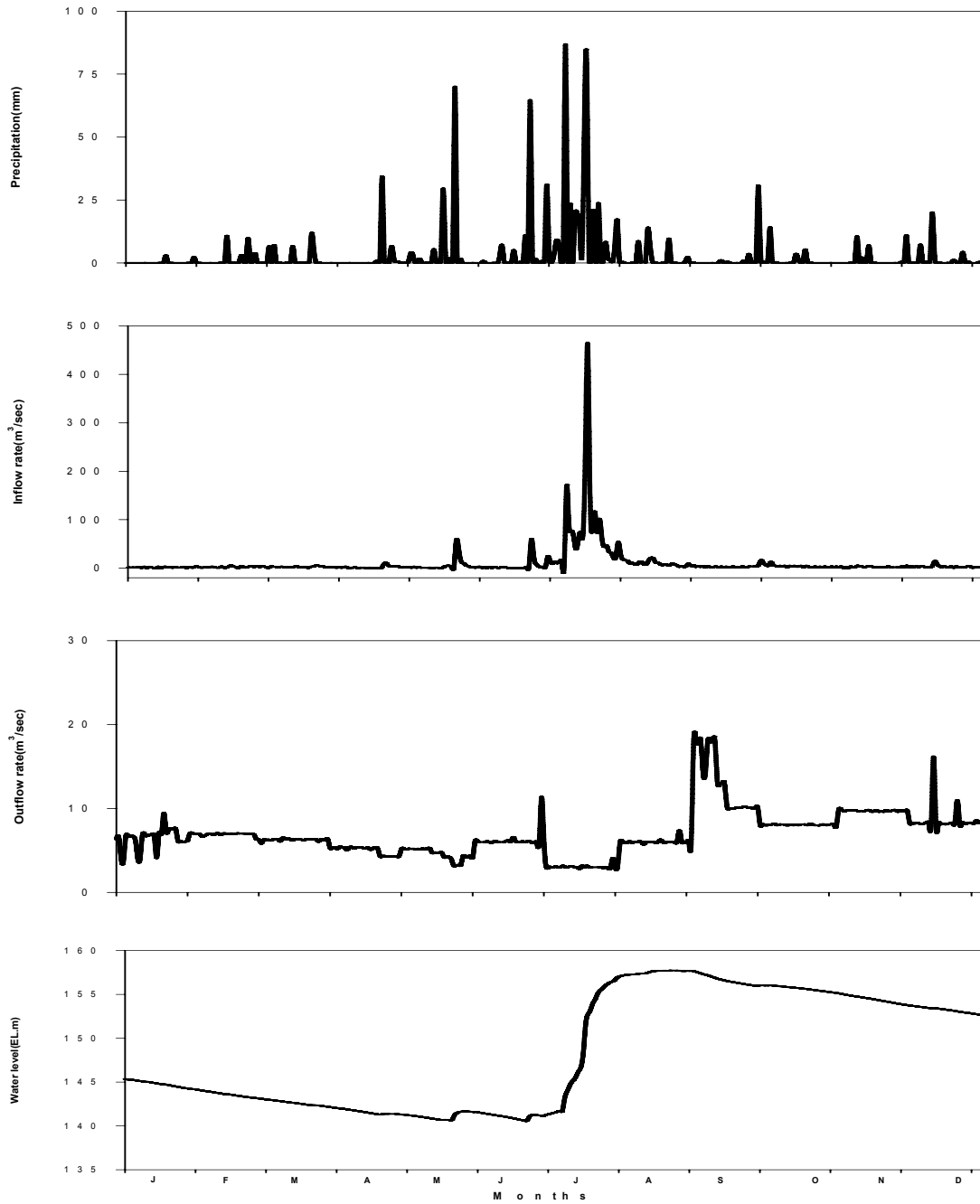


Fig. 2. Variations of hydrological parameters in Lake Hapcheon(2009).

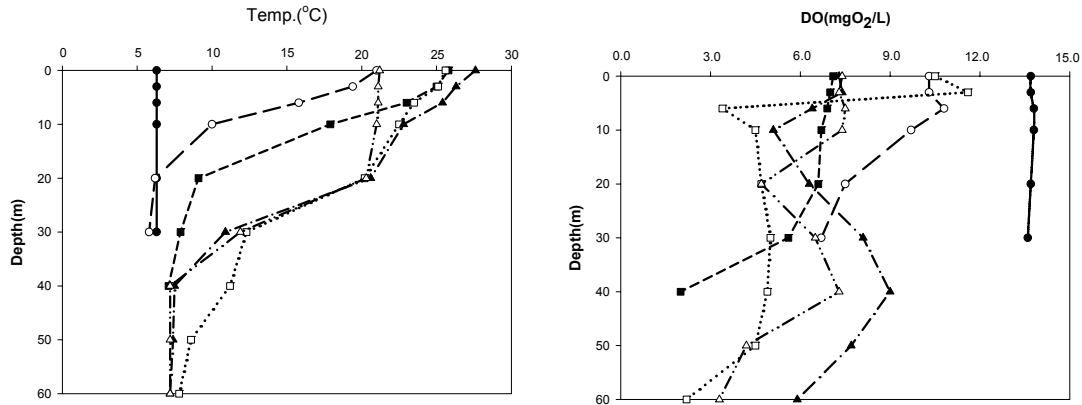


Fig. 3. Vertical profiles of parameters at site 2.  
(●: Feb., ○: May, ■: June, □: July, ▲: Aug., △: Oct.)

3.2. 조사지점 별 유기물의 분포특성

St.1의 TOC 농도는 4.1~7.5(평균 5.4) mgC/L 범위를 보였고, TOC 중 DOC, POC 평균 농도는 각각 2.5, 2.9 mgC/L로 조사기간 중 POC가 DOC 농도보다 약간 높은 것으로 조사되었다. 비강우기에는 비교적 농도범위가 비슷하게 나타났지만, 강우기에는 비강우기 농도의 약 2배 정도 높은 농도를 보였는데, 특히 POC의 농도의 증가가 뚜렷하게 나타났다. St.3의 TOC 농도는 2.1~3.3(평균 2.8) mgC/L 범위를 보였고, TOC 중 DOC, POC 평균 농도는 각각 2.8, 1.9 mgC/L로 DOC가 POC 농도보다 약간 높게 나타났다. 호내의 농도가 비교적 높았던 2월에 가장 높은 농도로 낮지만, 연중 비교적 일정한 농도 분포를 보였다. 또한 St.1에 비하여 약 1/2 정도의 농도로 나타났는데 이는 호수로 유입되어 체류하는 동안 침전이나 분해 등의 작용으로 인하여 농도가 낮아진 것으로 판단된다 (Table 1). St.2의 TOC 농도는 2.0~5.8(평균 3.1) mgC/L 범위를 보였고, TOC 중 DOC, POC 평균 농도는 각각 1.3, 0.6 mgC/L로 DOC가 POC 농도보다 높게 나타났다. 표층수 경우 유입수와 비슷하게 강우기의 농도가 비교적 높은 경향을 보였고, 수심별 농도 변화를 보면 수심에 따른 농도 변화가 아주 크지는 않았지만 표층에서 높았고, 중층에서 약간 낮았으며, 심층에서 높아지는 경향을 보였다(Fig. 4).

하천과 호수에서의 DOC 농도를 기타 문헌과 비교

하여 보았는데, 먼저 하천의 경우 온대 기후대에 속하는 하천에서 DOC 농도는 3~15 mgC/L(Thurman, 1985), 세계의 주요 하천을 대상으로 측정된 DOC의 평균 농도는 4~6 mgC/L(Degens, 1982), 미국의 주요강과 하천에서 측정된 DOC는 3~4 mgC/L로 나타났고, 국내의 한강 하류 및 동강, 명지천의 DOC 평균 농도는 1.5~4.7 mgC/L의 범위(김 등, 2007)로 조사되었다. 본 조사에서는 St.1의 DOC 농도가 1.9~3.5 mgC/L 범위로 외국의 DOC 농도보다는 약간 낮고 국내에서 조사된 DOC 농도와는 비슷한 농도를 보였다. 호수에서 DOC 농도는 호수의 생산력이나 영양상태에 따라 크게 좌우되며, 부영양화 될수록 DOC의 농도가 높게 나타나는 경향이 있다. 빈영양호로 분류되는 미국의 Lake Superior의 평균 DOC 농도는 호내에서 1.1 mgC/L(Maier 등, 1978), 일본의 부영양호인 Lake Nakanuma의 평균 DOC 농도는 4.4 mgC/L(Ochiai 등, 1980), 중영양호인 Lake Kizaki의 평균 DOC 농도는 2.2 mgC/L(Hama 등, 1980)였다. 본 조사에서는 평균 2.1 mgC/L로 조사되어 중영양호 수준을 보였으며, 이는 김 등(2007)이 조사한 국내의 소양호, 파로호, 춘천호, 의암호, 청평호와 비슷한 수준을 보이는 것으로 조사되었다.

**Table 1.** Distribution of organic matter concentrations at the St. 1, 3

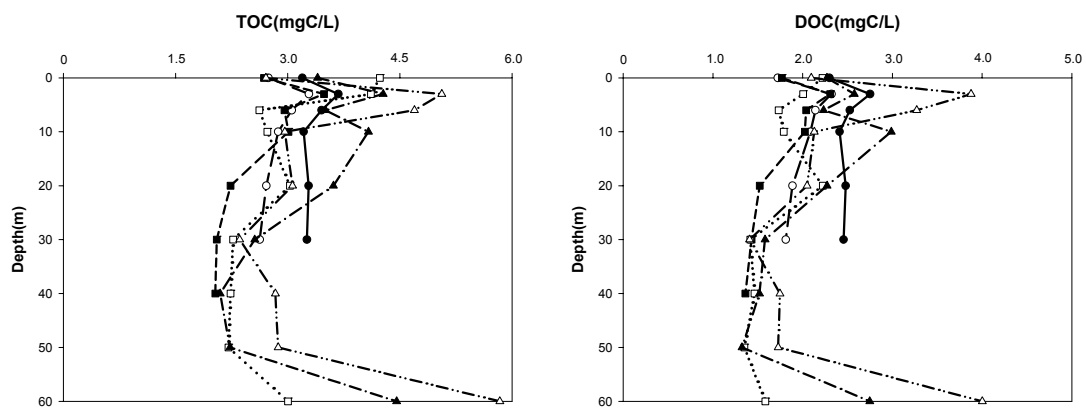
Site	Month	TOC (mgC/L)	DOC (mgC/L)	POC (mgC/L)
1	Feb.	4.1	1.9	2.2
	May	4.4	2.0	2.4
	June	4.7	2.6	2.1
	July	7.0	2.7	4.3
	Aug.	7.5	3.5	4.0
	Oct.	4.8	2.3	2.5
Ave.		<b>5.4</b>	<b>2.5</b>	<b>2.9</b>
3	Feb.	3.3	2.5	0.8
	May	2.7	1.9	0.8
	June	2.1	1.5	0.6
	July	2.7	1.8	0.9
	Aug.	3.1	1.9	1.2
	Oct.	2.7	1.7	1.0
Ave.		<b>2.8</b>	<b>1.9</b>	<b>0.9</b>

### 3.3. 조사지점 별 DOC 및 R-DOC 비율

조사기간 중 TOC에서 DOC가 차지하는 비율 및 DOC 중 R-DOC가 차지하는 비율을 Table 2에 나타내었다. 유입수, 호내, 방류수에서 TOC에서 DOC가 차지하는 비율은 각각 47, 67, 68%로 나타났다. 유입수에서 POC가 DOC의 비율보다 약간 높았으나, 호내 및 방류수에서는 DOC가 POC의 비율보다 높은 것으로 조사되었다. 따라서 합천호에서 유기물의 형태는

입자성으로 유입되어 호소 내에 체류하는 동안 입자 형태는 침전되고 용존 형태로 방류되는 것으로 나타났다. 특히 강우기에 POC 농도가 더 높은 것으로 나타나 강우기에는 POC가 합천호의 유기물 순환에 크게 기여 할 것으로 판단된다. TOC에서 DOC가 차지하는 비율을 기타 연구와 비교해 보면 본 연구에서는 67%로 조사되었는데, 수심이 깊은 소양호의 경우 1996, 1997년 표층에서 69~97%(이, 1998), 대형인 공호인 소양호와 파로호에서 69~73%, 춘천, 의암, 청평호에서는 48~62%(김 등, 2007)를 보여 본 연구와 비슷한 결과를 보였다. 하천의 경우 본 연구에서는 47%로 조사되어 김 등(2007)의 연구결과 64~79%보다 다소 낮은 비율을 보였다.

DOC 중 R-DOC가 차지하는 비율은 유입수, 호내, 방류수에서 각각 80, 83, 82%로 나타나 거의 비슷한 비율을 보였다. 따라서 탄소현존량 중 R-DOC가 pool로 작용할 수 있고 점차적으로 유기물오염도를 증가시킬 수 있을 것으로 판단된다. Geller(1986)는 중영양호에서 78~88%가 R-DOC 값을 보고하였고, 일본의 가스미가우라 호수에서는 69~77%(Fukushima 등, 1996)로 조사되었다. 본 연구에서도 80% 이상을 R-DOC가 차지하는 것으로 나타나 약간의 차이가 있지만 공통적으로 DOC 중 대부분이 R-DOC가 차지하는 것으로 나타났다.

**Fig. 4.** Vertical profiles of organic matters at site 2.

(●: Feb., ○: May, ■: June, □: July, ▲: Aug., △: Oct.)

**Table 2.** Ratio of DOC/TOC, R-DOC/T-DOC

Site	DOC/TOC(%)	R-DOC/T-DOC(%)
1	47	80
2	67	83
3	68	82

합천호의 유기물 증가량과 유기물 감소량을 조사하여 유기물 수지를 산정하였다(Table 3). 유기물 증가량은 외부 유입유기물량, 1차생산량, 용출량으로, 유기물 감소량은 방류 유기물량, 분해량, 침강량으로 구분하였다. 유기물 증가량 중 외부 유입유기물량은 24~1,394 tonC/month 범위를 보였고, 1차생산량은 63~674 tonC/month, 용출량은 8~40 tonC/month 범위로 나타났다. 외부 유입유기물량의 대부분은 강수량이 많고 유입 유량이 많았던 7, 8월에 집중되었다. 1차생산량은 여름철 보다 봄, 가을철에 더 많은 것으로 조사되었다. 유기물 증가량 중 유입하천 부하량의 기여율은 50%, 1차생산량의 기여율은 47%, 용출량의 기여율은 3%로 전체적으로 외부유입 부하량과 1차생산량의 비율이 거의 비슷한 것으로 나타났다. 국내 다른 인공호에서 조사된 유기물 증가량 중 1차생산량의 비율을 보면, 대청호의 경우 약 68%(황 등, 1994)

소양호에서는 약 54%(김 등, 1999; 남궁 등, 2001), 팔당호에서는 약 9%(박 등, 2004)를 차지하는 것으로 보고되었다. 대청호와 소양호의 경우에는 체류시간이 비교적 긴 호수형 인공호이며, 팔당호는 체류시간이 비교적 짧은 하천형 인공호로 분류되는데, 합천호의 경우에는 체류시간이 비교적 긴 호수형 인공호로서 대청호와 소양호에서처럼 1차생산량이 차지하는 비율이 47%로 비교적 높은 것으로 조사되었다. 유기물 감소량 중 방류 유기물량은 22~57 tonC/month 범위를 보였고, 분해량은 66~191 tonC/month, 침강량은 242~989 tonC/month 범위로 나타났다. 유기물 감소량 중에는 침강량에 의한 양이 가장 많았는데 이는 합천호의 저수량 확보를 위해 방류량을 조절하여 체류시간이 매우 길었고, 강우기의 경우에는 입자성 물질이 다수 유입되어 호내에 체류하며 침강하였기 때문인 것으로 판단된다. 유기물 감소량 중 방류 유기물량의 기여율은 7%, 분해량이 18%, 침강량이 75%로 나타났다. 2~10월 조사의 평균으로 2009년 합천호의 유기물 수지를 산정한 결과, 총 유기물 증가량은 7,068 tonC/year, 총 유기물 감소량은 7,368 tonC/year로 호내 변화량은 -300 tonC/year로 조사되었다.

**Table 3.** Monthly organic matter budget in Lake Hapcheon (numbers in the parenthesis are in percentage)

(unit : tonC/month)

Source		Month							Ave.
		Feb.	May	June	July	Aug.	Oct.		
Organic matter (+)	Allochthonous	24 (19)	67 (16)	66 (23)	1,394 (93)	180 (37)	44 (6)	<b>296</b> <b>(50)</b>	
	Autochthonous	63 (50)	336 (82)	194 (70)	92 (6)	286 (59)	674 (92)	<b>274</b> <b>(47)</b>	
	Release	40 (31)	8 (2)	19 (7)	15 (1)	18 (4)	14 (2)	<b>19</b> <b>(3)</b>	
	Total	126 (100)	411 (100)	279 (100)	1,501 (100)	484 (100)	732 (100)	<b>589</b> <b>(100)</b>	
Organic matter (-)	Effluent	56 (15)	33 (9)	34 (7)	22 (2)	50 (6)	57 (11)	<b>42</b> <b>(7)</b>	
	Decomposition	84 (22)	82 (23)	146 (31)	66 (6)	103 (12)	191 (36)	<b>112</b> <b>(18)</b>	
	Sedimentation	242 (63)	242 (68)	295 (62)	989 (92)	707 (82)	286 (53)	<b>460</b> <b>(75)</b>	
	Total	382 (100)	357 (100)	475 (100)	1,077 (100)	860 (100)	534 (100)	<b>614</b> <b>(100)</b>	

#### 4. 결론

본 연구는 대형 인공호인 합천호를 대상으로, 합리적인 수질관리대책을 수립하기 위한 수질 관리 목표 설정에 중요한 판단 기준을 제공하기 위하여 유기물의 분포 특성과 수지를 조사하였다. 유기물 농도의 경우 비강우기에는 농도범위가 비슷하게 나타났지만, 강우기에는 비강우기의 농도보다 약 2배 정도 높은 농도를 보였다. 수심별 농도 변화를 보면 수심에 따른 농도 변화가 아주 크지는 않았지만 표층에서 높았고, 중층에서 약간 낮았으며, 심층에서 높아지는 경향을 보였다. TOC에서 DOC가 차지하는 비율은 유입수에서는 POC가 DOC의 비율보다 약간 높았으나, 호내 및 방류수에서는 DOC가 POC 비율보다 높은 것으로 나타났다. DOC 중 R-DOC가 차지하는 비율은 모든 조사 지점에서 80 % 이상으로 나타나 이 R-DOC가 점차적으로 유기물오염도를 증가 시킬 수 있을 것으로 판단된다. 각 조사시기의 월별 수지를 평균한 값을 바탕으로 2009년 합천호의 유기물 수지를 산정한 결과 유기물 증가량 중 외부 유입유기물량, 1차생산량, 용출량은 각각 3,552, 3,288, 228 tonC/year로 나타나 외부 유입유기물량과 내부 생산유기물량인 1차생산량의 비율이 거의 비슷한 것으로 나타났다. 유기물 감소량 중 방류 유기물량, 분해량, 침강량은 각각 504, 1,344, 5,520 tonC/year로 나타났다. 총 유기물 증가량은 7,068 tonC/year, 총 유기물 감소량은 7,368 tonC/year로 호내 변화량은 -300 tonC/year로 조사되었다. 합천호의 경우 외부 유입유기물과 1차생산량의 기여율이 비슷하기 때문에 이 두 가지 모두를 고려한 수질관리 대책이 필요할 것으로 보이며, 수리수문학적 특성에 따라 호내 생태계의 물질순환이 크게 달라질 수 있기 때문에, 이러한 특성을 고려한 수질관리 목표와 방안을 수립하는 것이 바람직 할 것으로 사료된다.

#### 참 고 문 헌

국가수자원관리종합정보시스템, <http://www.wamis.go.kr>.  
국립환경과학원 낙동강물환경연구소, 2008, 수질 환경 기준의 적용성 검토 및 낙동강 및 낙동강 수계 목표 수질 달성도 평가 1년차(최종)보고서.

- 국립환경연구원 낙동강물환경연구소, 2002, 낙동강 수질 조사 연구.  
국립환경연구원 낙동강수질검사소, 2000, 낙동강 수질 조사 연구.  
국립환경연구원, 2003, 낙동강수계 수중생태계 수질모텔인자조사.  
김법철, 김은경, 표동진, 박호동, 허우명, 1995, 국내 호수의 남조류 독소발생, 한국수질보전학회지, 11, 231-237.  
김법철, 박주현, 임병진, 허우명, 황길순, 최광순, 채기숙, 1997, 국내 주요호수의 육수학적 조사(1) : 옥정호, 한국육수학회지, 30(4), 431-453.  
김법철, 박주현, 임병진, 허우명, 황길순, 최광순, 채기숙, 1998, 국내 주요호수의 육수학적 조사(2) : 합천호, 한국육수학회지, 31(4), 312-327.  
김법철, 황길순, 김동섭, 1999, 소양호의 1차생산과 유기탄소 수지, 한국육수학회지, 32, 200-206.  
김재구, 신명선, 장창원, 정성민, 김법철, 2007, 한강수계 주요하천과 호수내 TOC와 DOC분포 및 BOD와 COD의 산화율 비교, 한국물환경학회지, 23(1), 72-80.  
남국현, 김법철, 황길순, 최광순, 김철구, 2001, 식물플랑크톤의 세포외배출유기물을 고려한 소양호의 1차생산과 유기물 부하, 한국육수학회지, 34, 166-174.  
박정원, 권덕기, 1998, 합천호에서 남조류 수화현상(녹조현상)의 초기 발생에 대한 연구, 한국육수학회지, 31(2), 97-102.  
박제철, 2003, 부영양호 퇴적층으로부터 용존유기물의 용출특성, 한국하천호수학회지, 36(3), 304-310.  
박혜경, 이유희, 정동일, 2004, 강우기 및 평수기의 팔당호 유기물 수지산정, 한국육수학회지, 37(3), 272-281.  
산업기지가발공사, 1986, 다목적댐 저수지 수질조사 보고서, 산업기지가발공사 시험연구소, 기술자료, 49.  
엄은하, 2008, 수질오염총량관리에 따른 합천호 상류수계 오염부하량 현황과 개선대책, 석사학위논문, 진주산업대 산업대학원, 진주.  
오종민, 조영철, 2007, 소규모 저수지에서 퇴적물로부터 영양염류의 용출이 수질에 미치는 영향, 대한환경공학학회지, Original Paper, 1217-1222.  
이상명, 이갑숙, Eiji Takahashi, 이호원, 1994, 한국산 인편성 황갈조 식물에 대한 연구(III), 7개뎀 *Synura*속의 식물상, 한국미생물학회지, 27, 154-165.  
이상명, 이호원, 이갑숙, Eiji Takahashi, 강현무, 1995, 한국산 인편성 황갈조 식물에 대한 연구(V), 7개뎀 *Chrysoosph. aerella*속과 *Spiniferomonas*속의 식물상, 한국육수학회지, 28, 159-174.



- 이유희, 1998, 소양호 용존유기물의 분포 및 분해특성에 관한 연구, 이학석사학위 논문, 강원대학교.
- 이충렬, 2005, 합천호의 어류상과 어류 군집구조, 한국하천호수학회지, 17(2), 131-141.
- 주근태, 김진태, 강희용, 임용택, 1990, 저류함수법을 이용한 합천댐 홍수유출 모형개발, 한국수자원공사.
- 최형섭, 조인철, 변종환, 문병현, 허중수, 2003, 합천호 수질 및 영양단계에 대한 평가, 한국환경농학회지, 22(1), 1-6.
- 한국건설기술연구원, 1995, 고도정수처리시스템개발.
- 황길순, 김동섭, 허우명, 김범철, 1994, 대청호의 일차생산과 가두리양어장 및 유역으로부터의 유기물 부하량, 한국육수학회지, 27, 299-306.
- Degens, E. T., 1982, SCOPE/UNEP Transport of carbon and minerals in major river part 1, university of Hamburg, German.
- Fisher, S. G., Linkens, G. E., 1977, Energy flow in Bear Brook, New Hampshire; An integrative approach to stream ecosystem metabolism, *Eco. Monogr.*, 43, 421-439.
- Fukushima, T., Park, J. C., Imai, A., Matsushige, K., 1996, Dissolved organic carbon in a eutrophic lake: dynamics, biodegradability and origine, *Aquatic Sci.*, 58, 139-157.
- Geller, A., 1986, Comparison of mechanisms enhancing biodegradability of refractory lake water constituents, *Limnol. Oceanogr.*, 31, 755-764.
- Hama, T., Handa, N., 1980, Molecular weight distribution and characterization of organic matter and from Lake Water, *Arch. Für Hydrobil.*, 90, 106-120.
- Kim, B., Cho, K. S., 1989, The hypolimnetic anoxic zone and the metalimnetic oxygen minimum layer in a deep reservoir, Lake Soyang, Kor. *J. Lim.*, 22, 159-166.
- Maier, W. J., Swain, W. R., 1978, Organic carbon-A nonspecific water quality indicator for Lake Superior, *Wat. Res.*, 12, 523-529.
- Ochiai, M., Hanya, T., 1980, Change in monosaccharide composition in the course of decomposition of dissolved carbohydrates in Lake Water, *Arch. Für Hydrobil.*, 90, 257-264.
- Ogura, N., 1972, Rate and extent of decomposition of dissolved organic matter in surface seawater, *Mar. Biol.*, 13, 89-93.
- Park, J. C., Aizaki, M., Fukushima, T., Otsuki, A., 1997, Production of labile and refractory dissolved organic carbon by zooplankton excretion: An experimental study using large outdoor continuous flow-through pond, *Canad. J. Fish. Aquat. Sci.*, 54, 434-443.
- Servais, P., Billen, G., Hascoet, M. C., 1987, Determination of the biodegradable fraction of dissolved organic matter in waters, *Water Res.*, 21, 445-450.
- Thurman, E. M., 1985, Organic geochemistry of natural water, Dordrecht, The Netherland.
- Wetzel, R. G., 1983, *Limnology*, W.B. Saunders, Philadelphia, 743.
- Wetzel, R. G., Likens, G. E., 1991, *Limnological Analysis*, 2th ed., Springer Verlag, New York.