

금오지의 수환경 및 부영양화 평가

박 제 철* · 김 동 섭 · 이 승 환*

*금오공과대학교 토목환경공학부 · 한국수자원공사 수자원연구소
(2003년 7월 28일 접수; 2004년 3월 11일 채택)

Evaluation of Eutrophication and Water Quality in Kumoh Reservoir

Je-Chul Park*, Dong-Sup Kim and Seung Hwan Lee*

*Dept. of Environmental Engineering, Kumoh National Institute of Technology, Gumi 730-701, Korea
Water Resources Research, Institute, Korea Water Resources Corporation, Daejeon 305-390, Korea
(Manuscript received 28 July, 2003; accepted 11 March, 2004)

Seasonal and vertical distribution of water quality were investigated from May 2001 to June 2002 in Kumoh reservoir located nearby Kumi City, Kyungpook. Kumoh reservoir that lost the role of agricultural irrigation is currently of rapid eutrophication. The vertical distribution of DO was observed clinograde with hypolimnetic anoxic zone. T-P concentrations at the surface ranged from 0.008 to 0.152 mgP/L and T-N concentrations ranged from 1.4 to 3.0 mgN/L. The vertical and seasonal variation of T-N was smaller than T-P. DOC concentrations, indicator of organic matter pollution, ranged from 2.8 to 5.4 mgC/L. Apportionment of Total-DOC (T-DOC) indicated that 14% of T-DOC was attributed to Labile-DOC(L-DOC) and the rest was due to Refractory-DOC(R-DOC). The values of TSI(Trophic State Index) ranged between 44 and 52 indicating that Kumoh reservoir is under mesotrophic condition. The results of this study indicate that Kumoh reservoir is likely to be under influence of eutrophication and thus water quality will be aggravated. Therefore, the Kumoh reservoir requires further treatment to improve water quality and a plan of the reusing water resource should be developed.

Key Words : Kumoh reservoir, Dissolved Organic Carbon(DOC), Labile-DOC, Refractory-DOC, Trophic State Index(TSI)

1. 서 론

우리나라의 농업용 저수지는 이·치수기능을 고려하여 전국에 총 18,000여개 이상이 축조되었으며, 주로 농업용수의 공급을 목적으로 관리하여 왔으나 최근 들어 수자원의 의식전환과 더불어 생활용수, 축산·수산 및 환경용수의 이용에 관심이 집중되고 있다. 특히 중소규모 저수지가 대부분을 차지하며¹⁾, 이들의 대부분은 점오염원이 거의 존재하지 않은 자연지역에 분포하고 있는 것이 지리적인 특성이라 할 수 있다. 그러나 최근에는 도시화가 급속도로 진행되면서 도시주변에 위치한 일부 농업용 저수지들

은 그 기능과 역할을 상실하고 있을 뿐만 아니라 수질오염이 가속화되고 있다. 특히 도시화로 인해 저수지 하류의 농경지가 생활기반 시설로 전환되면서 농업용수를 공급하던 본래의 기능이 상실되어 지금은 물을 저장하는 저류조의 기능만을 할 뿐 그대로 방치되고 있는 저수지가 전국에 많이 산재해 있을 것으로 추측된다.

이와 같이 본래의 기능을 상실하여 방치되고 있는 저수지는 수질악화가 심각하여 2000년 농업용수 수질측정망 대상 저수지 중 56%가 부영양 단계를 보이고 있으며, 상습적인 녹조발생이 발생하고 있는 것으로 보고되었다²⁾. 이러한 녹조현상을 일으키는 원인종의 대부분은 남조류(Cyanobacteria)라는 것은 이미 잘 알려져 있으며^{3,4)}, 국내의 대부분의 상수원으로 이용되는 호소 및 저수지에서도 남조류 대발생에 의한 피해가 빈번히 발생하고 있다⁴⁻⁶⁾.

Corresponding Author : Je-Chul Park, Dept. of Environmental Engineering, Kumoh National Institute of Technology, Gumi 730-701, Korea
Phone : +82-54-467-4366
E-mail : pj1963@kumoh.ac.kr

일반적으로 저수지는 이용목적이 대부분 농업용수이기 때문에 수질관리도 농업용수 수질기준만 만족하도록 제한되어 있어 장기적으로 저수지를 대체수자원으로 이용하기에는 현재의 농업용 수질기준으로는 미흡하다고 할 수 있다. 특히, 체류시간이 긴 호소의 수질은 수직적으로 물리·화학·생물학적 변화가 크기 때문에 현재 표층조사를 통해 저수지의 수질오염도를 평가하는 것은 문제가 있다고 할 수 있다. 이러한 측면에서 상단기간 오염이 지속적으로 진행되어 온 농업용 저수지의 수질조사방법도 적극적으로 재검토되어야 할 것으로 판단된다.

우리나라 자연보호 발상지 금오산에 위치한 금오지는 학술적 연구가치가 높으나 농업용수 공급을 위한 수질조사 이외의 체계적인 연구조사가 실시된 적이 없으며, 또한 농업용 저수지로서 기능을 상실하여 새로운 수자원관리 계획이 필요한 시점이다. 따라서, 본 연구에서는 금오지의 수질을 정기적으로 조사하여 현재의 수질상태 및 부영양화도를 평가하였으며, 또한 대체 수자원으로서 가치가 높은 저수지의 재활용 방안에 관하여 고찰하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 연구대상지의 개요

금오지는 경상북도 구미시 남동동 금오산 도립공원내에 위치한 소형저수지로서 1946년 준공되었고, 주로 저수지 하류의 농업용수를 공급하는 역할을 담당해 왔다. 저수지의 제원을 살펴보면 유역면적 1,100ha, 만수면적 28ha, 총 저수량 2,218ton, 유효저수량 2,214ton, 최대수심 13m로 구미시에 존재하는 25개의 저수지 중에는 비교적 규모가 큰 편이다.

금오지의 유입수는 2개의 작은 수계로 형성되어 있는데 갈수기에는 유입수량이 거의 없고, 강우시에만 유입되므로 여름철 집중호우시기에 대부분의 유입수량이 유입된다고 할 수 있다. 금오지 제방을 정면으로 우안에서 유입되는 유입수(In-R)는 특별한 오염원이 없는 금오산 등 산지의 계류에서 산림 또는 토양의 자연유출수이며, 좌안의 유입수(In-L)는 하류에 금오랜드와 같은 위락시설과 식당가들이 밀집되어 있으나 하수발생량의 100%를 차집하여 하수처리장으로 보내지고 있어 유입수의 수질에 미치는 영향은 적다고 할 수 있다. 과거에는 금오지로부

터 대규모의 농경지에 농업용수를 공급하였으나 현재는 농경지의 대부분이 도시화로 용도가 변경되어 일부 적은 수량만을 농업용수로 공급하고 있다.

금오지 부근의 지난 10년간의 평균기온은 12.5°C이며 연간 평균 강우량 1,051mm로 우리나라의 평균 강우량 1,283mm보다 약간 낮은 편이며, 연구기간 중의 평균 강우량은 769mm의 강우량을 보였다⁷⁾.

2.2. 시료채취 및 분석방법

수질조사는 유입수 2개 지점과 호내 대표수질을 나타내는 제방부근의 최대수심 지점을 선정하여 2001년 5월부터 2002년 6월까지 실시하였다. 유입수의 시료는 표층에서 채수하였고, 호내 대표지점은 Van Dorn 채수기를 이용하여 2m 간격으로 수심별로 채수하였다. 시료용기는 산(acid)으로 세척된 4L 플라스틱병을 사용하였고, 채수한 시료는 아이스박스에 담아 2시간 이내에 실험실로 옮겨 즉시 전처리 후 분석하였다.

수질항목으로 수온, DO, BOD, COD_{Mn}, TOC(총 유기탄소), DOC(용존유기탄소), T-P(총인), DIP(용존무기인), T-N(총질소)를 분석하였고, 분석방법은 수질오염공정시험법에 준하여 측정하였다⁸⁾. 수질오염공정시험법에 제시되지 않은 측정항목은 Standard Method법에 따라 측정하였다(APHA, 1995). DOC 분석 및 분해실험은 박¹⁰⁾에 의해 제시된 방법으로 L-DOC(생분해성)과 R-DOC(난분해성)를 정량하였다.

부영양화도는 Carlson¹¹⁾에 따른 TSI(Trophic State Index)를 계산하여 평가하였으며, 또한 Forsberg & Ryding¹²⁾의 부영양화도 판정기준에 의해 수질상태를 비교 판정하였다.

3. 결과

3.1. 유입수의 수질변화

유입수는 평상시기에는 건천으로 유지용수가 없으나 대부분 장마기간인 강우시기에 집중되고 있기 때문에 수질조사 결과도 비점오염원의 특성을 반영한다고 볼 수 있다. 유역오염원이 거의 없는 유입수 In-R과 In-L의 수질은 유사한 경향을 나타냈다(Table 1). 강우의 영향이 감소하는 시기에 SS를 측정할 결과 0.7~1.2 mg/L로 낮은 농도를 보였으며, 유기물도 BOD 1.0~1.2 mg/L, COD_{Mn} 1.7~2.5 mg/L, TOC 1.6~2.0 mgC/L 범위로 호내 농도보다 낮은 농도를 나타

Table 1. Water quality of inflowing water. Values are wet-season average (unit: mg/L)

Site	BOD		COD		TOC		Phosphorus			T-N
	T-BOD	S-BOD	T-COD	S-COD	TOC	DOC	T-P	DTP	DIP	
In-R	1.2	1.0	2.5	2.0	2.0	1.8	0.018	0.014	0.007	5.4
In-L	0.6	0.4	1.7	1.3	1.6	1.5	0.014	0.010	0.007	4.0

났다. 유입수의 유기물중 입자성과 용존성의 비율을 보면 BOD가 평균 47%, COD_{Mn}가 평균 78%, TOC가 평균 92%로 용존형태가 대부분임을 알 수 있었다.

영양염류는 T-N이 4.0~5.4 mg/L, T-P가 0.014~0.018 mg/L농도범위를 나타냈으며, 인의 경우에는 용존형태가 약 70% 이상을 차지하고 있었다. T-N/T-P(무계비) 비는 286~300으로 총량으로 볼 때 유입수의 제한영양염은 인으로 나타났다.

3.2. 호소내 수질변화

3.2.1. 물리적 환경

겨울철 동안 일시적으로 표층부분에 얇은 두께로 결빙되는 기간을 제외하고는 조사기간 중 표층수의 수온은 3.0~30.0℃의 분포를 나타냈다(Fig. 1). 최대 수심이 10m 정도로 수심은 얕지만 8월에 수온약층이 2~4m 부근에 강하게 형성되는 것이 관찰되었고, 8월 이후 수온감소와 함께 수온약층의 깊이도

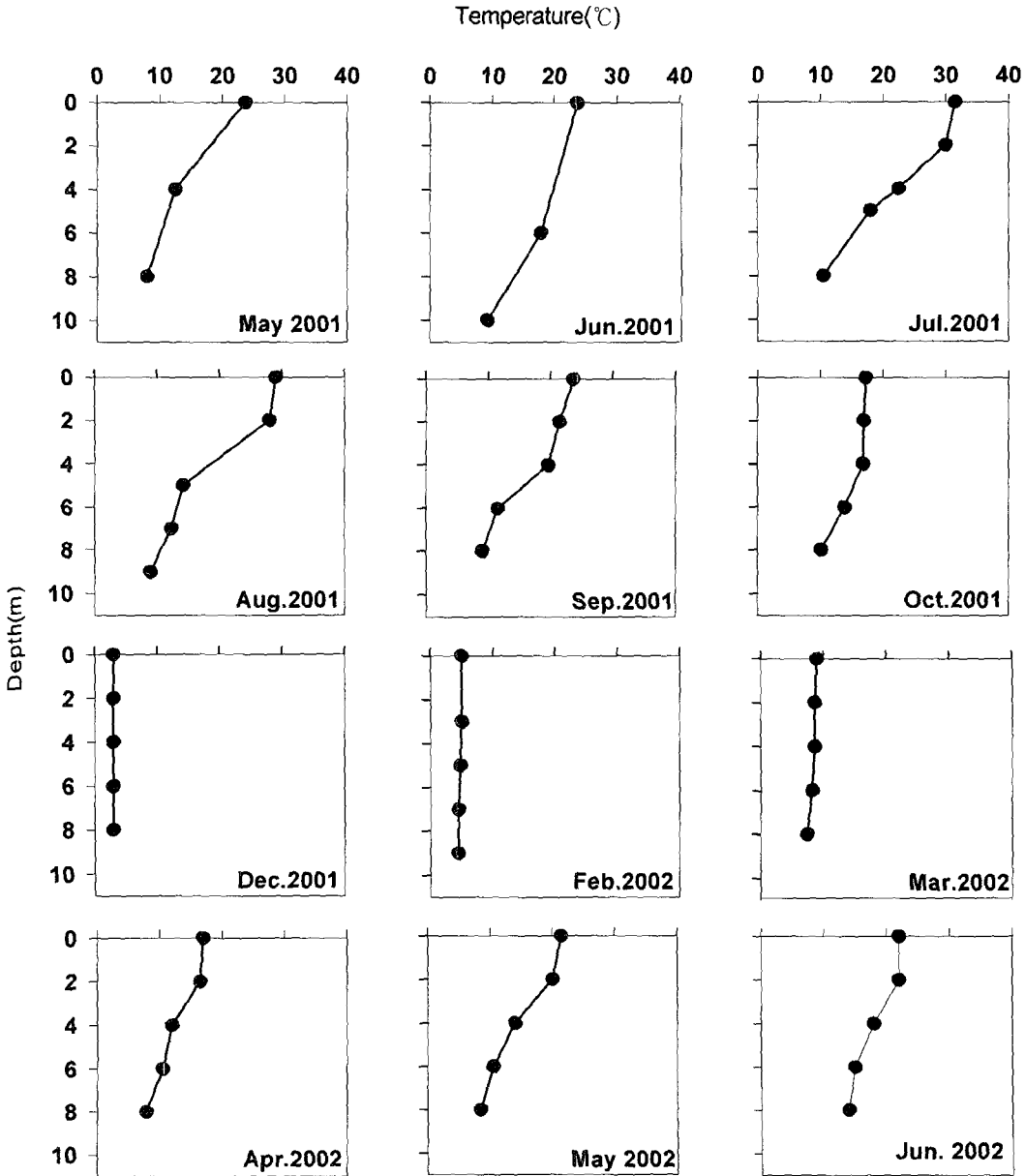


Fig. 1. Monthly variations of vertical distribution on Temperature at the center of the reservoir(May 2001~June 2002).

깊어져 11~12월 사이에 완전혼합(turnover)이 일어나고 있었다. 수온약층이 형성된 수심의 수온은 상층이 약 28℃였고, 하층이 약 14℃로 두층에서의 온도차는 14±0.2℃로 나타났으며, 완전혼합시기(12~2월)에는 전층이 2.5~5℃로 균일한 분포를 보였다. 투명도는 2월의 완전혼합시기와 4월에 작은 값을 보였고, 강우량이 비교적 많았던 5, 6월에는 약간 증가하는 경향을 나타냈다(Table 2).

Table 2. Secchi disk depth and Chl.a concentration in Kumoh Reservoir

Month	Secchi depth(m)	Chl.a(mg/m ³)
Feb. 2002	2.0	3.9
Mar.	2.6	4.1
Apr.	1.8	2.8
May	3.0	5.9
Jun.	3.5	2.6

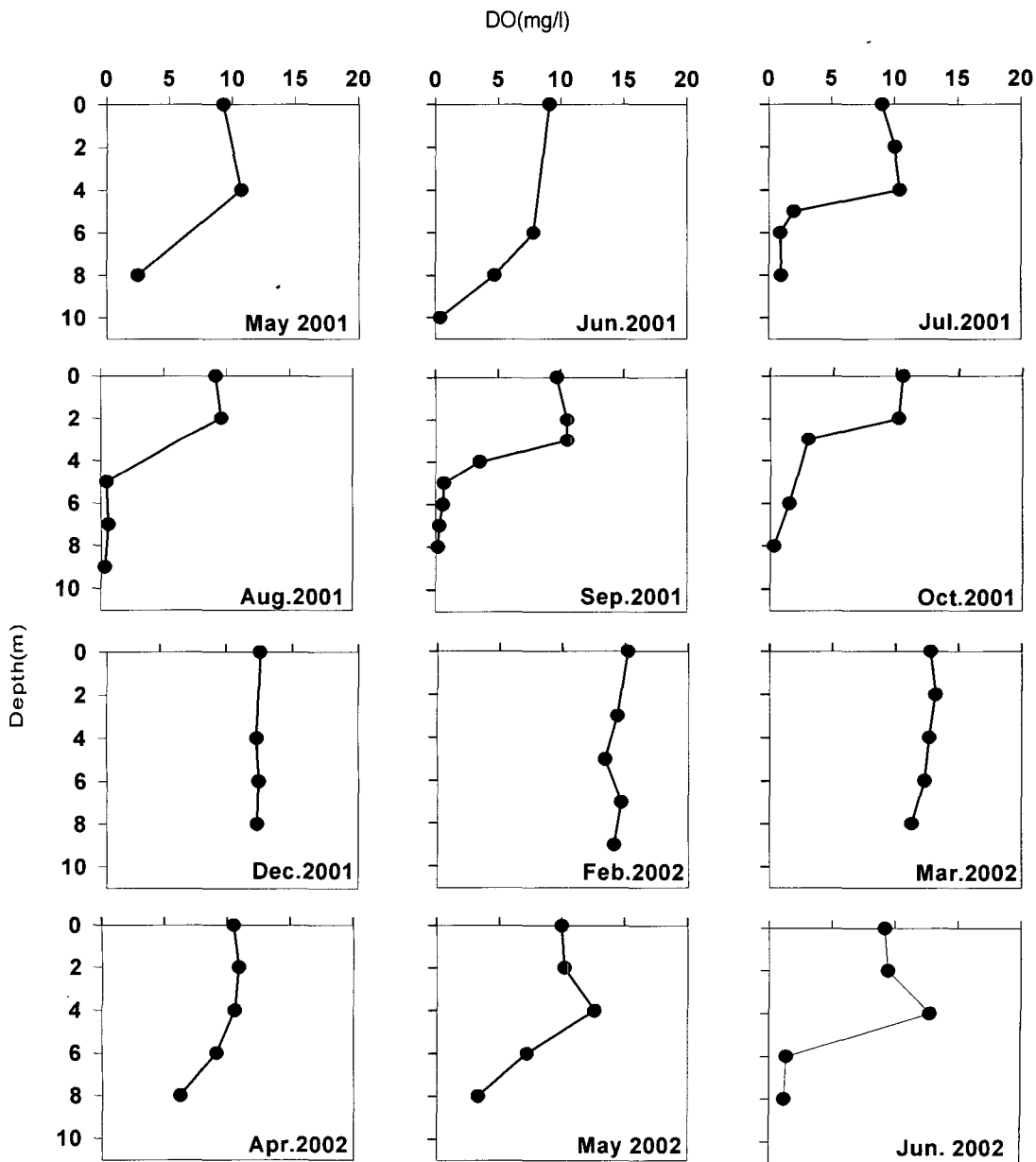


Fig. 2. Monthly variations of vertical distribution on Dissolved Oxygen(DO) at the center of the reservoir(May 2001 ~ June 2002).

용존산소 분포를 보면 겨울철에는 수심별로 평균 11.2 mgO₂/L 정도로 균일한 분포를 보였으나, 여름철에는 표층 DO농도가 충분한 반면 심층에는 무산소층이 형성되었다(Fig. 2). 특히 용존산소의 수직적 분포를 보면 5월에 수온약층이 형성되면서 심층의 용존산소 농도가 현저하게 감소하기 시작되어 8월에는 무산소층(1.0 mgO₂/L 이하)이 약 표층에서 5m 부분까지 형성되는 것으로 관찰되었다. 일반적으로

수온약층의 약해지면서 혼합층이 깊어져(Fig. 1) 용존산소의 농도변화가 나타나지만 수온약층이 강하게 형성되는 8월과 비교하여 수온약층이 약해지는 9~10월의 DO 농도는 약간 증가하는 경향을 보였지만 큰 차이가 없는 것으로 나타났다. 이와 같이 금오지의 경우 심층에 산소고갈현상은 나타났으나 우리나라 대형인공호에서 나타나는 중층산소최저층은 형성되지 않았다.

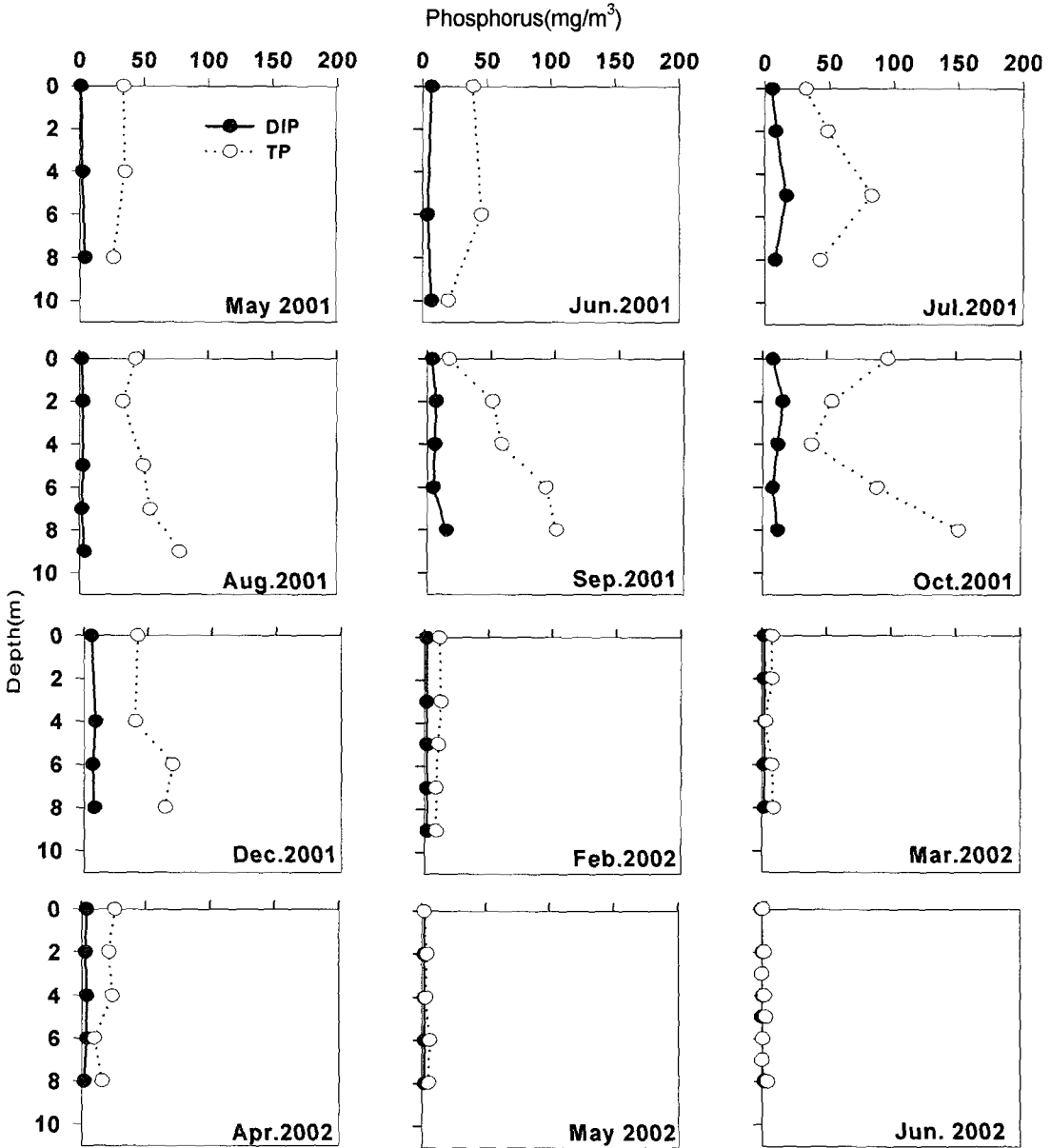


Fig. 3. Monthly variations of vertical distribution on Total Phosphorus(T-P) at the center of the reservoir(May 2001 ~ June 2002).

3.2.2. 영양염류

T-P는 0.008~0.152 mgP/L 범위로 수심별, 계절별로 농도차이가 크게 나타났다(Fig. 3). 2001년 5월에는 표층(0~2m)에서 0.034 mgP/L로 심층의 0.026 mgP/L보다 높은 농도를 보였으나 수온약층이 형성되면서 표층(평균 0.049 mgP/L)보다 심층(평균 0.086 mgP/L)에서 높은 농도를 나타냈다. turnover시(2002년 2월)에는 0.008~0.013 mgP/L 범위로 전반

적으로 농도가 낮았으며 수심에 따른 농도변화는 거의 없는 것으로 나타났다. 계절별로는 하계에 높고, 동계에 감소하는 경향이 뚜렷했다. DIP는 0.002~0.017 mgP/L 범위로 수심별, 계절별 농도변화가 T-P변화와 거의 유사한 경향을 나타냈다(Fig. 3).

T-N의 연평균 표층(0~2m) 농도는 2.3 mgN/L(1.4~3.0 mgN/L)였고, 심층(8~10m)의 연평균 농도는 2.1 mgN/L(1.1~2.8 mgN/L)로 수심별 변화는

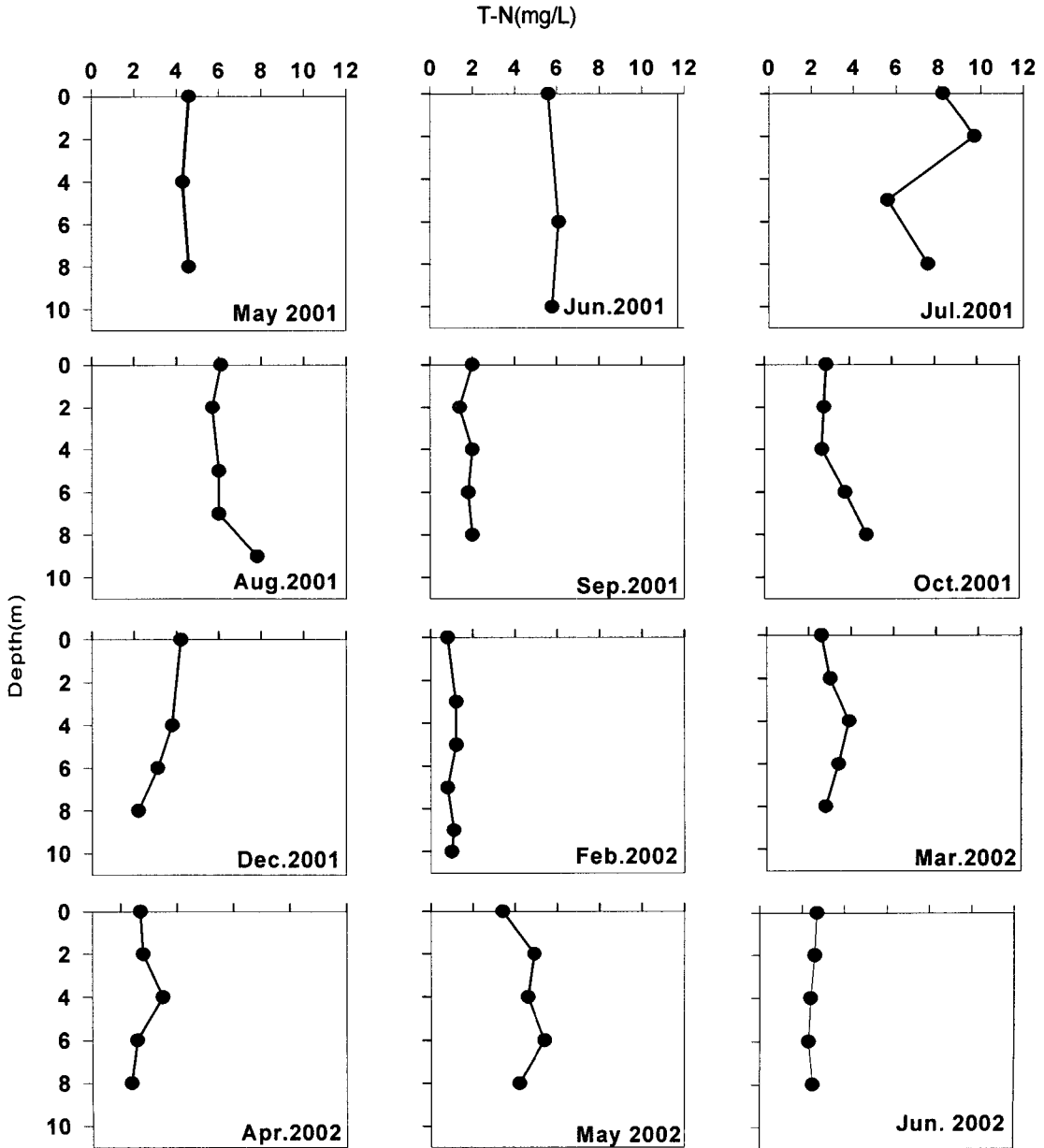


Fig. 4. Monthly variations of vertical distribution on Total Nitrogen(T-N) at the center of the reservoir(May 2001~ June 2002).

거의 없는 것으로 나타났다(Fig. 4). 계절별로도 약간의 차이는 있었으며 T-P와 마찬가지로 하계에 높고 동계에 감소하는 경향을 보였다.

T-N/T-P 무계비는 20~138로 인이 제한인자로 나타났으며, T-N/T-P 무계비는 수심별, 계절별 변화폭이 적은 T-N 농도보다는 변화폭이 큰 T-P 농도에 의해 결정되는 것으로 나타났다.

3.2.3. 유기물

유기물 형태중 쉽게 분해되는 총 BOD(T-BOD) 농도는 0.2~2.9 mgO₂/L 범위로 동계보다는 하계에 약간 높은 농도를 보였으나 뚜렷한 계절변화는 나타나지 않았으며, 수심별로는 표층(0~2m, 평균농도 1.1 mgO₂/L)에서 보다는 심층(8~10m, 평균농도 1.4 mgO₂/L)에서 약간 높게 나타났다(Fig. 5). 용존성 BOD(S-BOD) 농도는 0.1~1.7 mgO₂/L 범위를 보

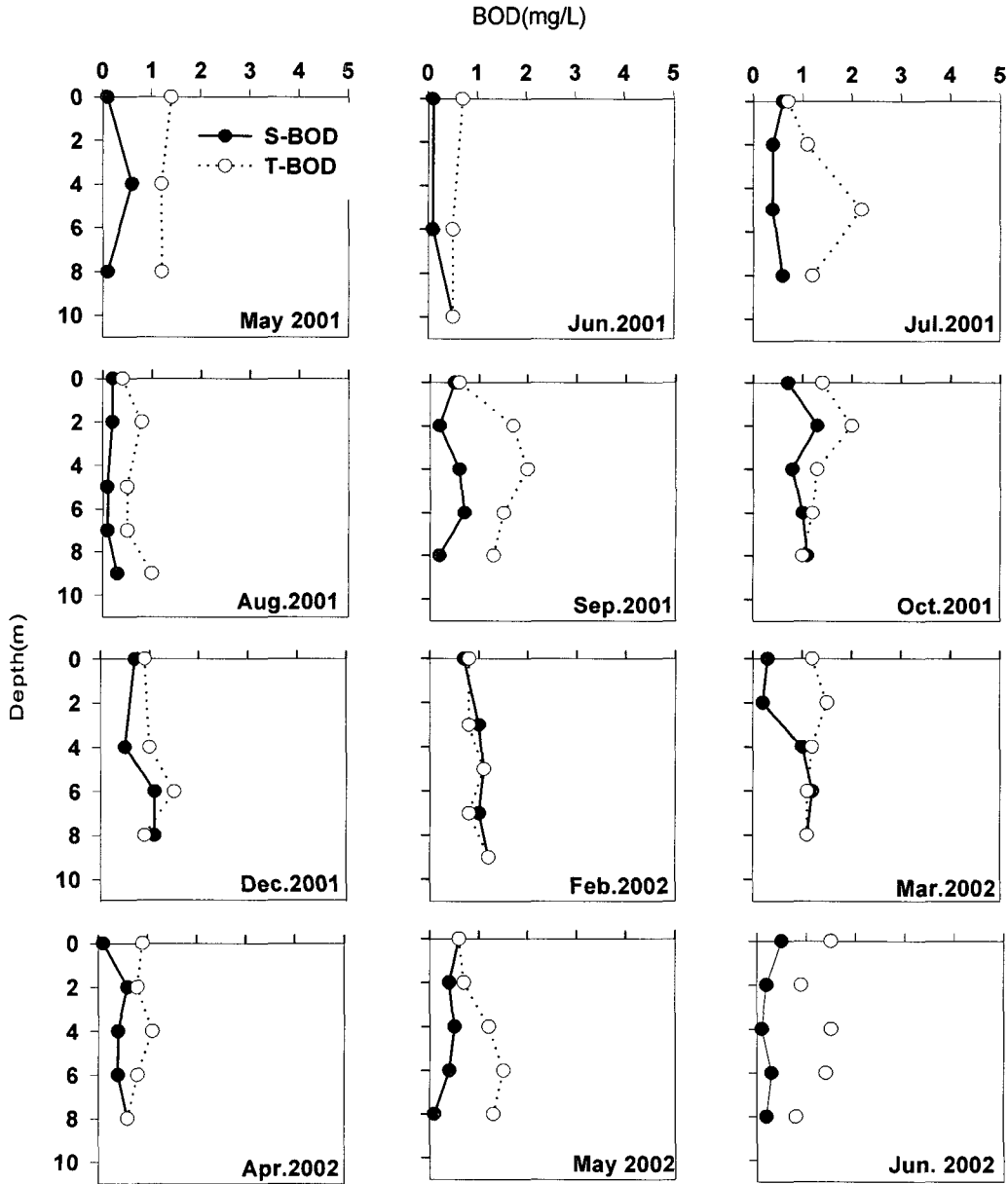


Fig. 5. Monthly variations of vertical distribution on Biochemical Oxygen Demand(BOD) at the center of the reservoir(May 2001~ June 2002).

였으며, 수심·계절별 변화는 거의 없는 것으로 나타났다. T-BOD중 S-BOD가 차지하는 비율은 표층(72%)에서보다는 심층(83%)에서 약간 높았으며 평균 78% 정도의 높은 값을 보였다.

호소 수질환경기준인 총 COD_{Mn}(T-COD_{Mn}) 농도는 3.0~6.3 mgO₂/L로 뚜렷한 계절변화는 없었으나 동계에 약간 높은 농도를 보였다(Fig. 6). 수심별로는 연평균 표층(0~2m)과 심층(8~10m) 농도가 각

각 5.3, 4.5 mgO₂/L로 표층에서 약간 높았다. 용존성 COD_{Mn}(S-COD_{Mn}) 농도는 2.0~5.2 mgO₂/L로 수심·계절별 변화는 T-COD_{Mn}와 비슷하였다. BOD 결과와 마찬가지로 T-COD_{Mn}중 S-COD_{Mn}가 차지하는 비율은 표층(81%)에서보다는 심층(93%)에서 약간 높았으며 평균 87% 정도의 높은 값을 보였다.

수심별 TOC 농도분포는 표층(0~2m)에서 2.9~5.0 mgC/L(평균 3.7 mgC/L)의 범위로 다소 높았으

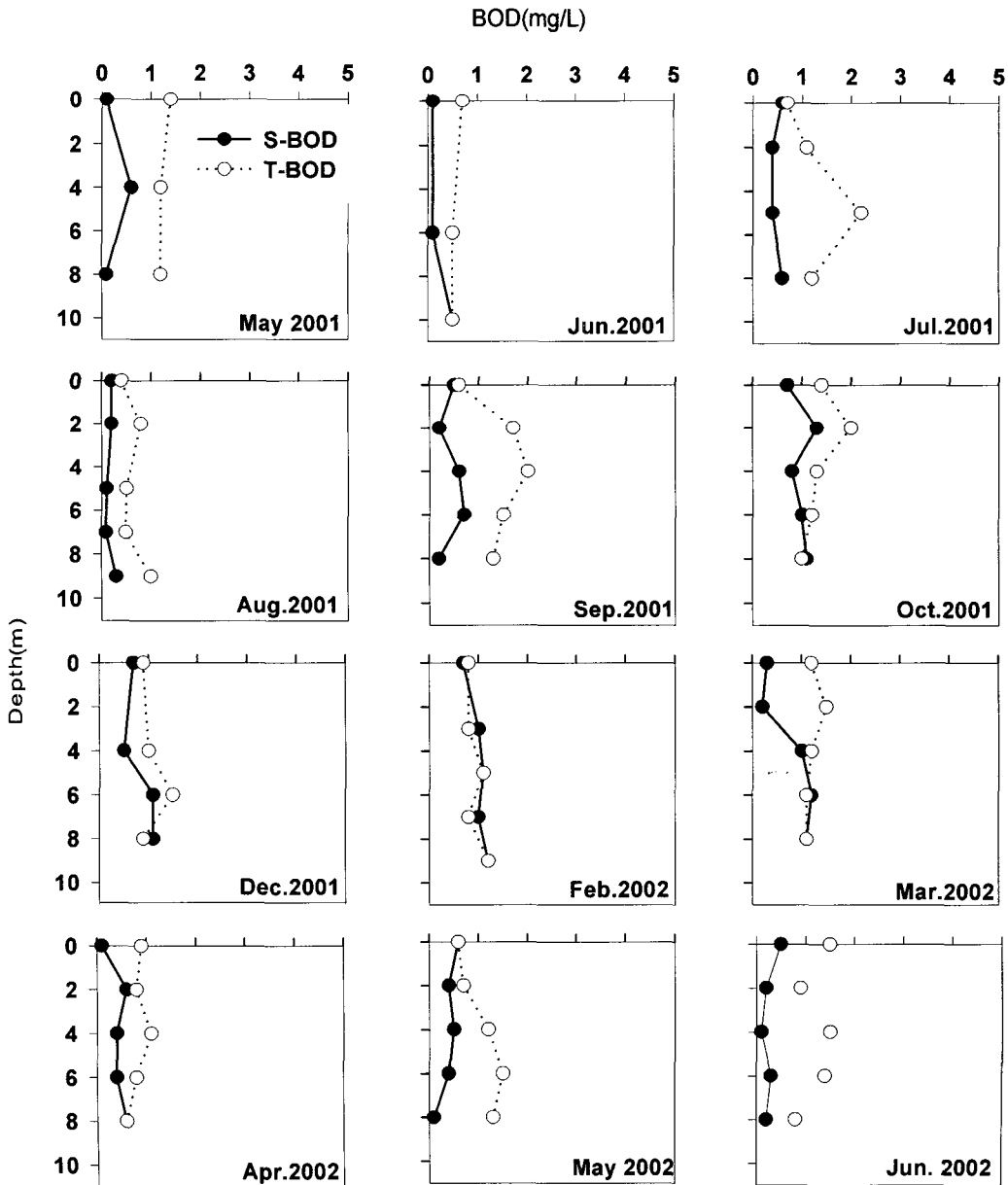


Fig. 5. Monthly variations of vertical distribution on Biochemical Oxygen Demand(BOD) at the center of the reservoir(May 2001~June 2002).

며, 중층(4~6m)은 2.5~4.3 mgC/L(평균 3.4 mgC/L), 심층(8~10m)은 2.4~4.4 mgC/L(평균 3.4 mgC/L)로 중층과 비슷한 농도를 나타냈다(Fig. 7). 수심별 DOC 농도분포는 표층(0~2m)에서 2.8~5.4 mgC/L(평균 3.7 mgC/L), 중층(4~6m)은 2.6~4.8 mgC/L(평균 3.4 mgC/L), 심층(8~10m)은 1.8~4.4 mgC/L(평균 3.4 mgC/L)로 2001년 5월에서 8월까지 수심에 관계없이 계속 증가하는 경향을 보였으며, 9월과 10

월에는 표층과 중층의 DOC 농도는 감소하였으나 심층에서는 계속해서 증가하여 표층보다 높은 값을 보였다. 이때 심층의 산소는 거의 무산소상태를 보였다(Fig. 2). 12월과 2002년 1월에는 심층의 DOC 농도가 현저하게 감소하여 수층에 관계없이 거의 일정한 분포를 보였다. 이러한 경향은 2002년 3월까지 이어지다가 4월에 표층의 DOC 농도가 증가하면서 수심에 따라 감소하는 경향을 나타냈다. TOC와

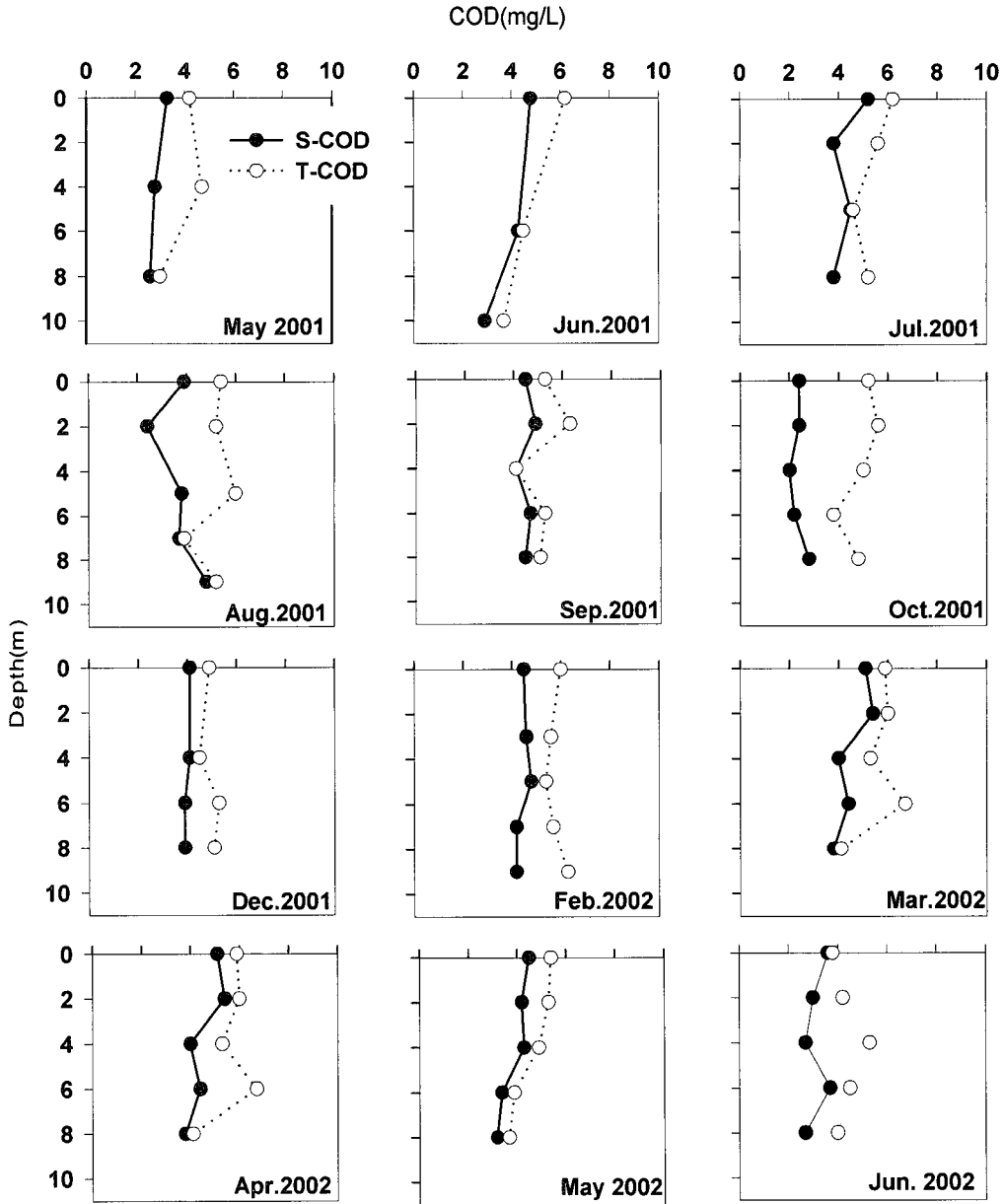


Fig. 6. Monthly variations of vertical distribution on Chemical Oxygen Demand(COD) at the center of the reservoir(May 2001~June 2002).

DOC 농도의 계절변동은 식물플랑크톤의 현존량과 밀접한 관계가 있었으며 하계에 높고 겨울에 감소하였다. TOC중에서 DOC가 차지하는 연평균 비율은 표층에서는 90%, 중층과 심층에서는 각각 90%, 91%를 보였다.

금오지의 DOC중 L-DOC(생분해성) 및 R-DOC(난분해성) 각각의 농도는 표층이 0.1~0.9 mgC/L, 1.9~3.3 mgC/L이고, 중층은 0.1~0.8 mgC/L, 1.6~

3.1 mgC/L이며, 심층은 0.1~0.8 mgC/L, 1.4~3.6 mgC/L의 변동을 보였으며 전체적으로 여름철에 높고 겨울철에 낮은 경향을 나타냈다. DOC중 L-DOC가 차지하는 평균 비율은 표층, 중층, 심층이 각각 14.0%, 12.3%, 11.7%로 수심에 따라 다소 감소하는 경향을 보였으나, 전반적으로 수심에 관계없이 R-DOC가 차지하는 비율은 평균 85% 이상을 차지하고 있었으며, 특히 겨울철에는 90% 이상을 R-DOC

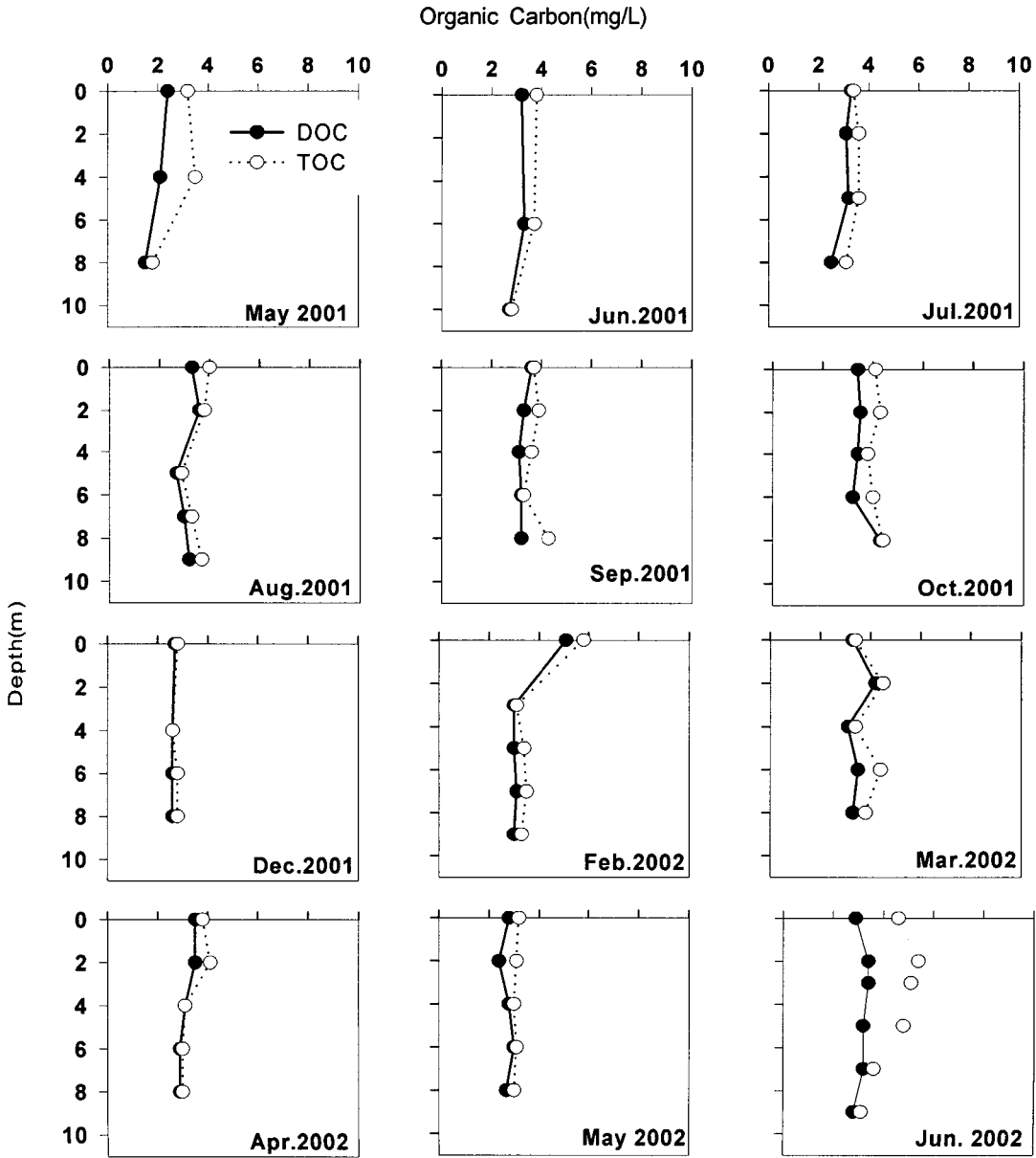


Fig. 7. Monthly variations of vertical distribution on Total Organic Carbon(TOC) and Dissolved Organic Carbon (DOC) at the center of the reservoir(May 2001~June 2002).

가 차지하는 것으로 나타났다.

식물플랑크톤의 현존량을 간접적으로 예측할 수 있는 Chl.a 농도는 조사기간 동안에 2.6~5.9 mg/m³ 범위로 겨울철과 식물플랑크톤 성장이 큰 5월에 비교적 높은 농도를 보였으며, 강우량이 비교적 많았던 시기(4, 6월)에는 낮은 농도를 나타냈다(Table 2).

4. 고찰

국내의 저수지들은 수자원이용이 거의 농업용으로 제한되어 수질자료 및 육수학적 정보가 거의 없거나 매우 미흡하며, 특히 금오지와 같이 농업용 저수지로서 기능을 상실했을 경우 수자원이용 및 수질관리 측면에서 문제점을 노출하고 있다. 이러한 금오지는 유역에 점오염원이 거의 없는 산림지역에 축조된 전형적인 농업용 저수지로서 수심이 10m 내외로 얕지만 여름에 강한 성층이 형성되고 일년에 한번 겨울철(12~3월)에 호소전체가 혼합되는(warm monomictic) 전형적인 국내 인공호의 육수학적 특성을 보이고 있다¹³⁻¹⁷.

금오지의 오염원은 잘 보존된 자연녹지에서 발생한 육상기원의 비점오염물질이 하천(계곡수)을 통해서 유입되는 외부기원과 호소내에서 2차로 발생하는 내부생성기원으로 분류 할 수 있다. 외부기원의 오염물질은 약 60년 동안 지속적으로 호소바닥에 쌓여 2차 오염원으로 호내 수질변화에 영향을 미칠 가능성이 높을 것으로 사료되었다. 이전조사가 없어 비교할 수는 없지만 금변조사에서는 DO 수직분포가 부양양호에서 나타나는 전형적인 clinograde 형태를 나타내고 있었으며, 심층의 무산소층(DO 농도 1.0 mgO₂/L 이하)이 2001년 6월부터 형성되어 10월까지 유지되는 것으로 보아 장기간 호소바닥에 쌓인 퇴적유기물의 영향으로 부영양화가 가속화되는 것으로 사료되었다^{15,18,19}.

표층에서 T-P와 T-N의 평균농도(6~9월)는 각각 0.049 mgP/L, 2.3 mgN/L로 Forsberg & Ryding¹²의 영양단계에 따른 분류에 의하면 T-P는 부영양호 수준이었고, T-N은 과부영양호(hypertrophic)로 판단되었다. 특히, T-N/T-P 무계비가 20~138로 인이 제한인자로 나타났고, 식물플랑크톤의 증식에 중요한 DIP는 연중 약 0.010±0.007 mgP/L로 낮은 농도를 보이고 있었으나, 위락시설 등 인위적 유역오염원이 증가하는 추세로 DIP 증가에 의한 녹조현상이 발생할 가능성이 높을 것으로 사료되었다.

외부로부터 지속적인 유기물의 유입으로 COD_{Mn}(평균 4.9 mgO₂/L)는 3급수 상태를 보이고 있었으며, DOC는 평균 3.5 mgC/L로 Thurman²⁰에 의하면 중영양호로 분류되었다. 유기물 형태중 BOD 78%, COD_{Mn} 87%, TOC 90%로 입자성보다는 용존성 유

기물이 대부분을 차지하고 있었으며, DOC 분해실험결과 생분해성(L-DOC)은 적고 난분해성이 약 90% 정도 차지하는 것으로 나타났다. 또한 표층의 DOC는 식물플랑크톤의 기원으로 쉽게 분해되는 특성을 보였으며²²⁻²⁴, 심층으로 갈수록 R-DOC가 증가하는 경향으로 국내 다른 인공호에서와 비슷한 결과를 보였다²⁵.

영양상태지수(TSI) 평균값은 48 정도로 중영양호로 평가되었다. 한강수계¹⁹, 낙동강수계^{26,27}, 동해안 식호²⁸, 도심의 인공호²⁹에서 조사된 국내의 다른 인공호들과 비교해서 금오지의 TSI는 작은 값으로 나타났으나, 앞으로 수질조사를 통해 부영양화 경향을 지속적으로 주시할 필요성이 있을 것으로 판단되었다.

농업용수를 공급하는 본래의 기능을 상실한 금오저수지의 수자원을 금오산 도립공원, 금오천, 구미시 도심권과 연계하여 활용할 수 있는 방안들을 다음과 같이 검토하여 보았다. 첫째, 대체상수원으로서 현재 소량이 이용되고 있으나 더 많은 양이 이용될 수 있을 것으로 판단되었으며, 둘째, 금오산 도립공원과 저수지를 연계한 물순환시스템을 구축하여 갈수기 계곡수의 수량확보가 가능하며, 셋째, 도시하천으로 변모한 금오천에 유지용수를 공급하여 생태하천복원을 계획할 수 있으며, 넷째 경북자연학습원과 연계한 수생생태공원의 조성과 마지막으로 <구미시 도심권 → 금오천 → 금오저수지 → 금오산>을 연결하는 생태네트워크 조성에 금오지 수자원을 활용할 수 있을 것으로 기대되었다.

5. 결 론

농업용 저수지로서의 기능을 상실한 금오지를 대상으로 2001년 5월부터 2002년 6월까지 계절 및 수심별로 수질조사를 실시한 결과는 다음과 같다.

- 1) 금오지는 하계에 성층이 강하게 형성되었고, 동계(12월~3월)에는 호소 전체가 혼합(turnover)되는 육수학적 특성을 보였다.
- 2) 표층에서는 포화농도에 가깝고 심층으로 갈수록 감소하는 clinograde DO 수직분포로 심층에서는 산소고갈 현상이 관측되었다. 심층의 DO 부족은 수체(overlying water)와 퇴적층(sediment) 사이의 물리·화학·생물학적 요인을 변화시켜 영양염류, 유기물 등 내부생성 오염물질의 이동 가능성을 높일 것으로 사료되었다.
- 3) 표층에서의 T-P와 T-N 농도는 각각 0.008~0.152 mgP/L, 1.4~3.0 mgN/L 범위였으며, T-N 농도 보다는 T-P 농도가 계절·수심별 변화폭이 크게 나타났다. T-N/T-P 무계비는 20~138의 범위로 인이 제한영양염으로 나타났다.

- 4) 유기물특성을 정량평가할 수 있는 DOC 농도는 2.8~5.4 mgC/L 범위였으며, 특히 생분해성 DOC (L-DOC)는 약 14% 정도 차지하고 있었으며 대부분은 난분해성의 DOC(R-DOC)가 차지하고 있는 것으로 나타났다.
- 5) 부영양화도 평가결과, TSI가 44~52 정도로 중영양호로 판정되었으며, T-P, T-N, DOC 농도에 의한 영양상태는 각각 부영양, 과부영양, 중영양으로 판정되었다. 결과적으로 수질오염이 가속화되고 있는 금오지의 경우 수질관리 및 수자원 재활용을 위한 대책수립이 시급한 것으로 판단되었다.

감사의 글

본 연구는 2001년도 금오공과대학교 학술연구비에 의하여 연구된 논문임.

참 고 문 헌

- 1) 농림부·농업기반공사, 2000, 저수지와 담수호의 수질개선방안(I).
- 2) 농림부·농업기반공사, 2000, 농업용수 수질오염원조사 종합보고서.
- 3) 박혜경, 천세억, 박승익, 이문호, 유재근, 1992, 국내 주요 댐호에 있어서의 계절별 조류종 천이, 한국수질보전학회지, 8(2), 150-158.
- 4) 김범철, 김은경, 표동진, 박호동, 허우명, 1995, 국내 호수에서의 남조류 독소발생, 한국수질보전학회지, 11(3), 231-237.
- 5) Park, H. D., B. Kim, E. Kim and T. Okino, 1998, Hepatotoxic microcystins and neurotoxic anatoxin-a in cyanobacterial blooms from Korean lakes, Environ, Toxicol, and Water Quality, 13, 225-234.
- 6) Srivastava, V. C., A. R. Choi, W. Kim and J. A. Lee, 1999, Horizontal and vertical distribution of protein phosphatase inhibitors of microcystin class in the Nakdong river, Korea, Algae, 14, 67-72.
- 7) 기상청, 1992-2002, 기상연보.
- 8) 환경부, 1996, 수질오염공정시험법.
- 9) APHA, 1995, Standard methods for the examination of water and wastewater, 19th ed., Washington, DC, 82pp.
- 10) 박제철, 1998, 용존유기물의 내부생성 메커니즘에 관한 실험적 연구. I. 동물플랑크톤의 영향, 한국육수학회지, 31(2), 129-135.
- 11) Carlson, R. E, 1977, A trophic state index for lakes, Limnol, Oceanogr, 22, 361-369.
- 12) Forsberg, C. and S. O. Ryding, 1980, Eutrophication parameters and trophic state indices in 30 swedish wastereceiving lakes, Arch fur Hydrobiol, 89, 189-207.
- 13) Hutchinson, G. E, 1967, Treatise on Limnology, Vol. II. Jhon Wiley and Sons, Inc., New York.
- 14) Welch, E. B, 1980, Ecological effects of waste water, Cambridye Univ, Press, Cambridge, 133pp.
- 15) Kim, B. and K. S. Cho, 1989, The Hypolimnetic Anoxic Zone and the Metalimnetic Oxygen Minimum Layer in a Deep Reservoir, Lake Soyang, Korean J. Limnol, 22(3), 167-177.
- 16) 허우명, 1993, 소양호의 부영양화와 남조류 bloom에 관한 연구, 강원대학교 대학원 박사학위논문, 60pp.
- 17) 허우명, 권상용, 김범철, 박주현, 2000, 안동호 수질의 장기적인 변화, 한국육수학회지, 33(3), 260-266.
- 18) 김범철, 박주현, 임병진, 허명우, 황길순, 최광순, 채기숙, 1997, 국내 주요호수의 육수학적 조사 (1):옥정호, 한국육수학회지, 30(4), 431-453.
- 19) 김범철, 조규승, 안태석, 1988, 한강수계 인공호의 부영양화에 관한, 한국육수학회지, 21(3), 151-163.
- 20) Thurman, E. M., 1985, Organic geochemistry of natural water, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Netherlands, 5-110pp.
- 21) Takeo, H. and N. Handa, 1983, The seasonal variation of organic constituents in a eutrophic lake, Lake Suwa, Japan, Part II. Dissolved organic matter, Arch, Hydrobiol, 98, 443-462.
- 22) Fukushima, T., J. C. Park, A. Imai and K. Matsushige, 1996, Dissolved organic carbon in a eutrophic lake: Dynamics, biodegradability and origin, Aquat, Sci, 58, 139-157.
- 23) 김범철, 김동섭, 황길순, 최광순, 허우명, 박원규, 1996, 부영양한 낙동강수계에서 유기물오염에 대한 조류 1차생산의 기여도, 조류학회지, 11(3), 231-237.
- 24) 김범철, 최광순, 김철구, 이유희, 김동섭, 박제철, 1998, 소양호의 DOC와 POC의 분포, 한국육수학회지, 31(1), 17-24.
- 25) 홍선희, 석정현, 김동주, 박경미, 전선옥, 안태석, 2000, 팔당호 수체에서 산소의 생성과 소모, 한국육수학회지, 33(4), 374-379.
- 26) 김범철, 박주현, 임병진, 허명우, 황길순, 최광순, 채기숙, 1999, 국내 주요호수의 육수학적 조사 (3):진양호, 한국육수학회지, 32(2), 111-126
- 27) 허우명, 김범철, 황길순, 최광순, 박원규, 1995, 낙동강 수계의 인, 질소, 및 엽록소 a 농도 분

- 또, 한국육수학회지, 28(2), 178-181.
- 28) 허우명, 김범철, 전만식, 1999, 동해안 석호의 부영양화 평가, 한국육수학회지, 32(2), 141-151.
- 29) 김호섭, 황순진, 고재만, 2003, 도심의 얽은 인공호인 일감호의 수질변화특성과 퇴적 환경의 평가, 한국육수학회지, 36(2), 161-171.