

경안천~팔당호의 부영양화와 수질오염 특성

신재기* · 조주래¹ · 황순진 · 조경제²

(건국대학교 지역생태시스템공학과, 서울 143-701,

¹한국수자원공사 수자원연구소, 대전 305-390,

²인제대학교 환경시스템학부, 김해 621-749)

Eutrophication and Water Pollution Characteristics of the Kyongan Stream to Paltang Reservoir. Shin, Jae-Ki*, Joo-Lae Cho¹, Soon-Jin Hwang and Kyung-Je Cho² (Department of Biological Systems Engineering, Konkuk University, Seoul 143-701, ¹Water Resources Research Institute, KOWACO, Taejon 305-390, and ²School of Environmental Science and Engineering, Inje University, Kimhae 621-749, Korea)

Water pollution characteristics were investigated in the Kyongan stream and major inlet parts of Paltang Reservoir from April to July, 2000. Water quality in the Kyongan stream was extremely deteriorated by treated wastewater discharge at near sewage wastewater treatment plant (SWTP) located in the upstream, and it is likely to influence eutrophication of the lower part of the stream. Water quality of the Kyongan stream showed a typical hypertrophic condition. Influxed concentrations with NH₄ and SRP into the main stream from SWTP were declined precipitously as water flowed toward the lower part of the stream, and chlorophyll-*a* explosively increased in the midstream. Average concentrations of NH₄, SRP and chlorophyll-*a* in the main stream were 1,343 µg N/l, 1,779 µg P/l and 188 µg/l, respectively. Particularly, phosphorus load was very high, and its influence on the algal growth stimulation was remarkable. In comparison with the water quality inflowing into Paltang Reservoir, pollution status of the Kyongan stream was more worse than that in the Pukhan River and the Namhan River. The results of this study indicate that the management of point source, SWTP effluent, is urgent to mitigate eutrophication of Paltang Reservoir, and requires further necessary controls of inorganic phosphorus loading.

Key words: Eutrophication, Kyongan Stream, Nitrogen, Phosphorus, Paltang Reservoir, Point source, Sewage wastewater treatment plant (SWTP)

서 론

하천과 호소의 수질은 일반적으로 유황에 따라 차이가 크고 유역의 최상류에서는 비교적 청정하나, 하류로 유하하면서 주위에 산재된 오염원의 영향으로 인해 악화되는 부영양화 양상이 나타난다(신, 1998; 신 등, 2000; 임 등, 2000). 인공호소는 원래 하천의 일부분으로서 대

규모의 집수역을 포함하고 있을 뿐만 아니라 수자원을 효율적으로 이용하고자 하는 측면에서 하천의 증상류 또는 하구에 댐 축조와 수문을 건설하여 저수함으로써, 유입하천의 오염 수준이 결국 호소의 수질을 좌우하게 된다. 하천의 중·하류는 지역의 개발에 의한 빠른 도시화, 인구 집중현상 및 생활수준의 향상으로 인해 용수 요구량이 급증되고 각종 오·폐수가 증가하여 수질오염은 날로 높아지고 있다(임 등, 2000).

* Corresponding author: Tel: 011) 870-6121, Fax: 02) 456-5062, E-mail: jaekishin@hanmail.net

부영양화는 외부로부터 다량의 영양염이 유입됨으로 인해 식물플랑크톤을 포함한 미생물이 번성하고 내부생성 유기물의 양이 증가하여 수중생태계의 구조와 기능적 측면에서 물질순환의 불균형이 초래되는 현상을 의미한다(OECD, 1982; UN, 1993). 최근 들어, 우리나라는 부영양화가 상당히 진행된 호소 및 하천의 수질을 개선하기 위해 하천정비, 퇴적물준설, 가두리양식장철거, 소규모 배출업소의 간이오수처리설비 의무화 및 환경기초시설(sewage wastewater treatment plant) 확충 등의 대책을 계획하거나 적용하고 있다(환경부, 1999). 이 중에서 당초에 무엇보다도 기대가 가장 컸던 것은 환경기초시설 측면을 들 수가 있으며, 막대한 비용투입에 의해 지속적으로 대량 증설되고 있으나, 수질은 크게 개선되지 않고 있다. 특히 외부로부터 유입된 무기 N과 P에서 비롯되는 식물플랑크톤 생물량 증가는 심각한 실정에 있다(조와 신 1998; 신 등, 1999; 임 등, 2000).

우리나라의 수질오염은 강우가 집중되는 시기인 하계에 비점오염 물질의 유입과 더불어 관개를 통해 차집된 오·폐수가 제대로 처리되지 않고 내륙의 호소와 하천의 공공수역으로 직접 배출되는 양이 많아 대부분의 상수원을 포함 수자원의 부영양화를 가속시키는 인위적인 요인이 큰 비중을 차지하고 있다. 또한 기후적 특성으로 볼 때, 몬순강우의 계절적 편중으로 인해 우기를 제외하고는 평수기 이하의 유량이 장기화되는 등 자연적인 요인도 기여하는 바가 크다(신, 1998; 임 등, 2000). 하천유량의 절대적 부족은 갈수현상을 심화시키고 하천의 자정작용을 원활하지 못하게 하여 수질관리가 더욱 어렵게 된다.

경안천에서 수질과 관련된 선행연구로는 홍 등(1969)이 팔당호가 형성되기 전 봄철(3월~4월)에 주요 수환경 요인과 수서곤충의 분포에 관한 조사를 하였고, 문 등(1992)은 1989년~1991년(3년)동안 월 수질조사를 통해 BOD에 의한 상류지역 유기물 오염의 심각성을 보고한 바가 있을 뿐, 환경기초시설이 급증한 이후 최근에 오염양상과 그 특성을 밝힌 연구는 거의 없었다. 본 연구는 경안천의 상·하류와 팔당호 주요 유입부에서 유량이 비교적 적은 시기인 2000년 4월부터 7월까지 부영양화와 관련된 항목을 중심으로 수질오염 특성을 파악하여 향후 육수생태학적 기초자료로 활용하고자 하였다.

조사지 개황

경안천은 한강의 지류로서 북한강 및 남한강과 더불어 팔당호의 주요 유입하천에 해당하며, 서울·경기지역

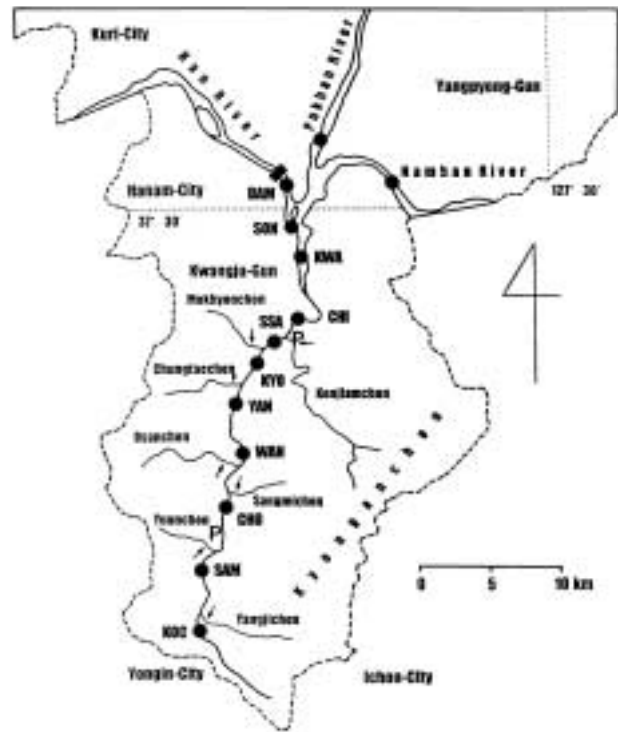


Fig. 1. Map showing sampling locations for the water pollution survey from upstream to downstream of the Kyongan Stream and Paltang Reservoir. The dam barrage and watergates of Paltang Reservoir were constructed from 1966 to 1974. P symbols and arrows indicate district sewage wastewater treatment plant and sampling point of each tributary, respectively.

을 포함하는 수도권 상수원의 수질에 직·간접적으로 영향을 미칠 수 있는 중요한 위치에 있다(Fig. 1). 상류(고천교, KOC)부터 팔당호 유입부(광동교, KWA)인 하류까지 유하거리는 약 31 km에 해당하며, 하천의 경사는 우리나라의 다른 하천과 마찬가지로 하류로 갈수록 완만하고 유량이 적은 시기는 평균 수심이 1 m 이하로서 그리 깊지 않다. 본 연구의 조사지점간에는 1~3개의 수중보가 축조되어 있고, 중소도시로부터 배출되는 각종 생활 하·오수를 차집 후 처리하는 수환경사업소와 지방공사 등이 하천 본류의 천변에 위치하고 있다.

본류와 유입지류의 주변에는 주거생활환경 뿐만 아니라 농경과 축산을 주종으로 하는 농가들이 밀집되어 있다. 따라서 경안천은 다양한 오염원으로부터 노출된 전형적인 농촌과 도시근교에 위치한 중소하천에 해당한다. 하천 상·하류의 본류에서 수문 특성은 고천교(KOC)~지월교(CHI)구간에서는 유속이 육안으로 관찰되나 부분적으로 본류와 지류의 수중보에 근접한 곳의 상부와

하류의 팔당호 유입부인 광동교(KWA) 지점에서는 홍수기와 팔당호댐 수문조작 시기를 제외하고는 물의 유동이 급감하여 반폐쇄적 정체수역을 이루고 있다.

재료 및 방법

본 연구는 팔당호 지류인 경안천의 상·하류구간을 중심으로 본류 11개 지점-고진교(KOC), 삼계교(SAM), 초부교(CHO), 왕산교(WAN), 양벌대교(YAN), 경안교(KYO), 쌍령교(SSA), 지월교(CHI), 광동교(KWA), 선착장(SON) 및 팔당호 댐(DAM) 부근-과 유입지천의 최하류부 7개지점(양지천, 유운천, 상미천, 오산천, 중대천, 목현천 및 곤지암천), 수환경사업소 1개지점(용인배수로, YON) 및 북한강(양수리)과 남한강(제탄리) 각각 1개 지점의 총 21개지점(Fig. 1)에서 조사하였다.

수질조사 항목 중 수온과 DO는 DO meter (YSI 58 또는 59)로, pH와 전기전도도는 각각 Orion 230A meter 및 Conductometer LF191-WTW로 현장에서 측정하였다. 분석시료는 조사지점에 따라 하상의 중심부에서 직접 채수하거나 또는 Van Dorn 채수기로 표층(0.3 m 수심)에서 채수하였다. 시료용기는 산(acid) 세척된 4 l 플라스틱병을 사용하였고 아이스박스에 담아 12시간 이내에 실험실로 옮겼다. 운반한 시료는 즉시 전처리 후 분석하였다. 수질은 Rump and Krist (1988)와 APHA (1992)의 분석법에 따라 duplicate로 측정하였다. Total-N, total-P 및 COD_{Mn} 분석은 원시료를 그대로 사용하였으나, 무기영양염(NH₄, NO₃, NO₂, SRP 및 SRSi)은 Whatman GF/F filter로 여과한 후 분석하였다. DIN (dissolved inorganic nitrogen)은 NH₄, NO₃ 및 NO₂의 합으로 산출하였다. Chl-a 농도는 시료를 GF/F 여과지로 여과한 후 90% 에탄올을 용매로 사용하여 비등 추출하였고, 분광광도계로 665 nm와 750 nm에서 흡광도를 측정하여 정량하였다 (Nusch, 1980).

결 과

1. 무기영양염 변동

1) 본류구간

질소성분 중 DIN, NH₄, NO₃ 및 NO₂의 평균농도는 각각 2,148 µg N/l, 1,343 µg N/l, 614 µg N/l 및 192 µg N/l였고, DIN 중에서 NH₄, NO₃ 및 NO₂는 각각 62.5%, 28.6% 및 8.9%를 차지하였다. NH₄는 CHO에서 평균값이 3,292 µg N/l로서 큰 폭으로 증가하여 KYO까지 높은 농도(2,770 µg N/l)를 유지하다가 그 하류의 CHI에서는

646 µg N/l 수준으로 급감하였다(Fig. 2). 다른 구간에 비해 YAN~SSA 구간에서는 변화 폭이 매우 컸고 5월에 최대 4,278 µg N/l을 나타냈다. NO₃는 CHI에서 평균값이 817 µg N/l로서 다른 지점에 비해 조금 높았으나 대체적으로 상·하류간에 큰 차이는 관찰되지 않았고 일정한 경향으로 볼 수 있었다. 반면에 NO₂는 NO₃와 달리 CHO에서 증가하기 시작하여 NH₄가 감소하는 YAN에서 평균값이 307 µg N/l로서 최대를 기록하였고 NH₄가 급격하게 감소하는 CHI까지 263 µg N/l을 유지하다가 KWA부터는 NH₄와 유사한 양상을 보였다(Fig. 2).

SRP는 YON의 배출수가 본류에 유입되는 지점(SAM~CHO사이) 직후부터 최고 2,440 µg P/l (평균 1,779 µg P/l)로서 폭발적인 증가를 보였고 최하류인 DAM (평균 2.3 µg P/l)까지 지수적인 감소가 관찰되었다(Fig. 2). SRSi는 SAM (0.71 mg Si/l)과 KWA~DAM (0.56 mg Si/l) 구간을 제외하고는 평균농도가 1.0 mg Si/l를 초과하여 Si가 다소 풍부한 편이었으나 다른 시기에 비해 5월에는 KWA의 상류를 제외하고는 0.1 mg Si/l 이하를 보여 Si의 절대적 결핍이 관찰되기도 하였다(Fig. 2).

2) 유입지류

지류에서 질소성분 중 DIN, NH₄, NO₃ 및 NO₂의 평균 농도는 각각 1,730 g N/l, 1,064 µg N/l, 545 µg N/l 및 122 µg N/l였고, DIN 중에서 NH₄, NO₃ 및 NO₂는 각각 61.5%, 31.5% 및 7.0%를 차지하였다. 지천별 분포를 볼 때, NO₃와 NO₂보다도 NH₄는 평균값으로 본 농도차이가 2,437 µg N/l (최대 2,460 µg N/l, 최저 23 µg N/l)로서 매우 컸고, NH₄는 양지천과 용인배수소가, NO₂는 YON을 제외하고는 하류로 갈수록 높은 농도로 유입되는 경향을 보였다(Fig. 2).

SRP는 유입지천에 따른 차이가 N을 포함한 다른 인자에 비해 그 영향이 뚜렷하였다. 본류의 SAM~CHO 사이에 위치한 YON의 배출수로부터 비롯되는 SRP의 농도는 평균값이 2,114 µg P/l로서 다른 지류의 평균 농도 65 µg P/l (3~159 µg P/l 범위)에 비해 33배나 높았다(Fig. 2). 결과적으로, YON의 배출수가 경안천 상·하류구간에서 본류의 P 영양염 증감에 주된 요인으로 작용함을 알 수 있었다. SRSi는 평균농도가 2.22 mg Si/l (1.46~3.16 mg Si/l 범위)였고, 지천에 따른 최대 및 최소의 차이가 1.70 mg Si/l로 컸으나 본류의 변동과 비교해 볼 때 부족한 양상은 관찰되지 않았고 풍부하게 유입되고 있었다(Fig. 2).

2. Chl-a

본류에서 chl-a의 변동은 상·하류간에 큰 차이를 보

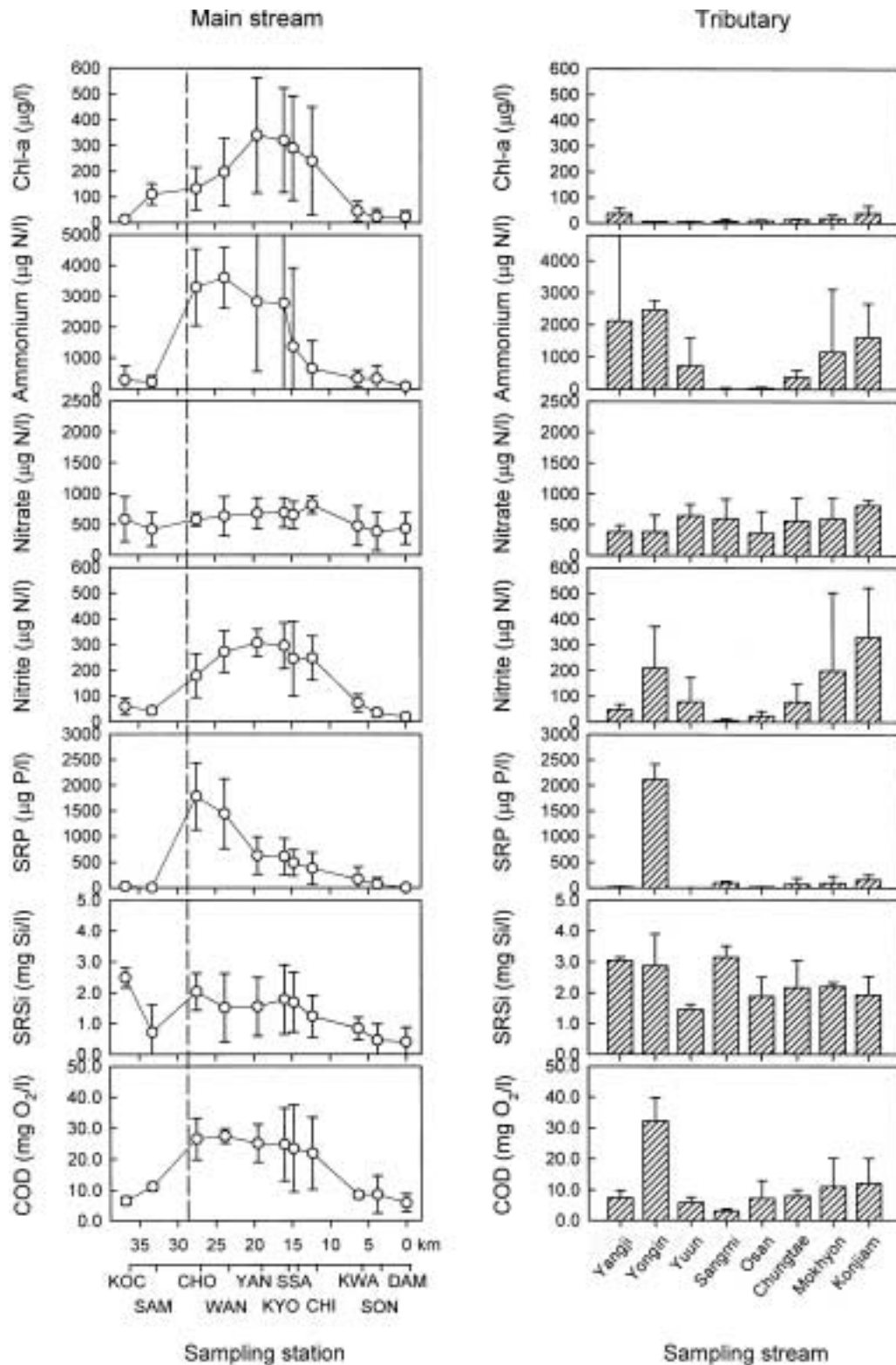


Fig. 2. Spatial variations and distributions of chlorophyll-*a*, ammonium, nitrate, nitrite, soluble reactive phosphorus (SRP), soluble reactive silicon (SRSi) and chemical oxygen demand concentration in the Kyongan Stream and Pal-tang Reservoir from April to July, 2000. Vertical bars and dashed line indicate standard deviation and inflowing point of sewage wastewater treatment plant (SWTP) discharge.

였을 뿐만 아니라 조사시기에 따른 변화 폭도 매우 컸다 (Fig. 2). SAM에서 평균농도가 110.6 µg/l로서 이미 상류에서부터 과영양 상태 (>75 µg chl-a/l)를 초과하였고 CHO까지는 132.4 µg/l로서 조금 증가하였으나 YAN까지 지수적 증가를 보여 평균값이 340.4 µg/l를 기록하여 SAM에 비해 그 발생 규모는 수질오염의 수준을 잘 반영하였다. KYO~CHI 구간에서는 다시 큰 폭으로 감소 (320.6 µg/l → 240.4 µg/l)하였고 팔당호 유입부에 해당하는 KWA에서 평균농도가 44.8 µg/l로 급격하게 감소하였다. 반면에 지류에서 chl-a의 분포는 양지천과 곤지암천이 각각 37.5 µg/l와 39.8 µg/l로서 비교적 높았고 그 외 지류에서는 평균값이 10.7 µg/l (5.7 ~ 19.5 µg/l 범위)로서 본류구간 평균농도 (187.7 µg/l)의 5.7% 수준에 해당하였다 (Fig. 2).

본류에서 chl-a의 증가는 NH₄, SRP 및 SRSi 농도의 감소와 관련성이 관찰되었다 (Fig. 2). 특히 SAM에서 전술한 영양염의 농도가 급감한 시기에 chl-a는 큰 폭으로 증가하였으며, 용인배수로의 합류 후 CHO~KWA 구간에서는 N·P와의 관계가 더욱 선명하였다.

3. 유기물(COD_{Mn}) 변동

수중 유기물 오염의 수준을 간접적으로 평가할 수 있는 COD는 본류의 KOC~SAM구간에서 평균값이 8.8

mg O₂/l이었으나 CHO에서 26.5 mg O₂/l로서 3배 증가한 후, CHI까지 평균 20.0 mg O₂/l를 유지하였다 (Fig. 2). 지류의 COD 분포에서 YON을 제외한 유입하천의 평균값은 7.8 mg O₂/l로서 목현천과 곤지암천이 각각 11.0 mg O₂/l와 12.1 mg O₂/l로서 다소 높았다. 특히 YON의 COD는 평균값이 32.3 mg O₂/l로서 다른 유입지류의 평균농도에 비해 4.1배 높은 수준이었다 (Fig. 2). 유기물 오염 측면으로 볼 때, YON의 배출수가 본류의 수질에 미치는 정도는 매우 큼을 알 수 있었고, 그 부하 영향은 절대적임을 시사하였다. 결과적으로 유입 지류별 COD 농도 수준을 비교해 보면 용인 배출수 > 곤지암천 > 목현천 > 중대천 > 오산천 > 양지천 > 유운천 및 상미천의 순으로 감소하였다.

4. TN, TP 및 제한영양염 추정

N과 P의 상대적인 풍부성은 수중 식물군집의 양과 종조성에 중요한 영향을 미치게 되며 (Smith, 1986; McCauley et al., 1989), 특히 N/P 비율은 수질의 영양상태와 밀접한 관련성이 있다. 수질이 오염될수록 그 비율이 감소하고 오염이 덜할수록 증가하는 경향을 보이며 P에 비해 상대적으로 N의 함량이 매우 클 때 그 값이 커서 담수에서 P는 식물의 생장에 대해 제한영양염으로 작용될 수 있다 (Downing and McCauley, 1992).

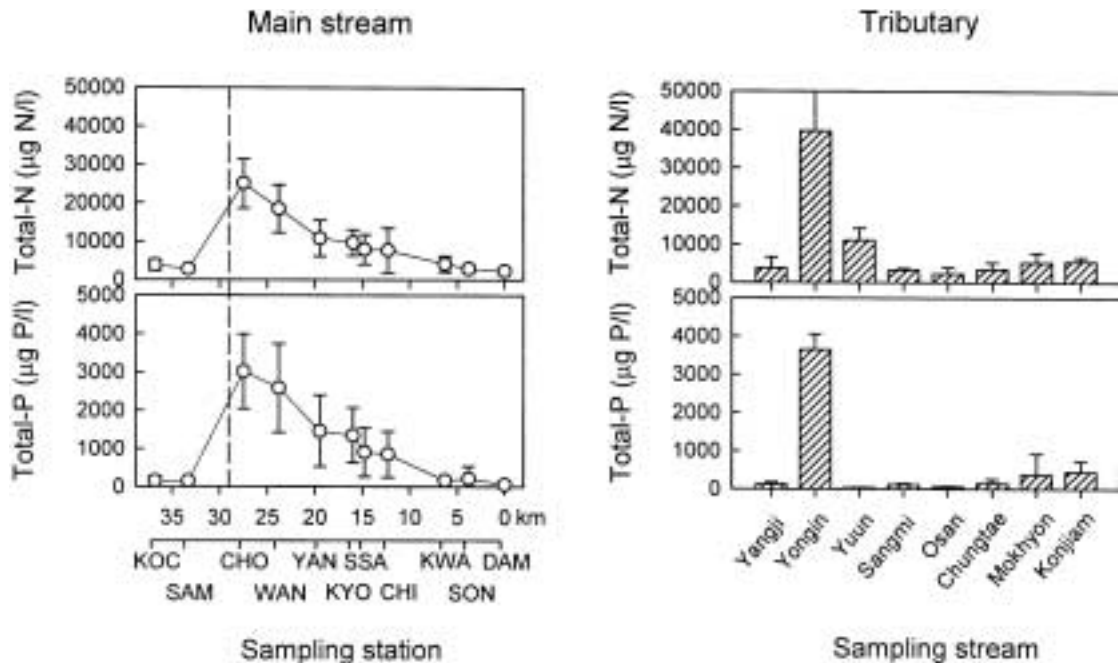


Fig. 3. Spatial variations and distributions of total nitrogen and total phosphorus concentration in the Kyongan Stream and Paltang Reservoir from April to July, 2000. Vertical bars and dashed line indicate standard deviation and inflowing point of sewage wastewater treatment plant (SWTP) discharge.

경안천에서 TN과 TP의 변동은 상·하류간에 차이가 매우 컸고 YON의 배출수가 합류된 직후부터 폭발적으로 증가하였으며 하류로 갈수록 지속적으로 감소됨이 뚜렷하였다(Fig. 3). 본류에서 TN의 변동은 CHO에서 급증하여 25,073 µg N/l을 기록하였고 하류로 갈수록 적어져 KWA 지점과 팔당호 DAM의 평균값과 비교하면 각각 83.3%와 90.5%가 감소하였다. 지류의 TN은 YON에서 평균값이 39,688 µg N/l로서 가장 높았고 다른 지류들은 5,002 µg N/l (2,360~11,074 µg N/l 범위)로서 YON의 12.6%에 해당하였다(Fig. 3).

TP는 SRP의 변화나 분포 양상과 유사하였다. 본류의 CHO에서 3,018 µg P/l로서 급격한 증가를 보였고 KWA에서 180.2 µg P/l로서 CHO에 비해 90% 감소하였다(Fig. 3). 지류에서 TP의 분포는 N과 마찬가지로 YON이 평균 3,654 µg P/l로서 기록적인 농도였고 다른 지류들은 평균 182 µg P/l (31~448 µg P/l 범위)로서 YON의 5.0% 수준이었다(Fig. 3). 그 결과, TN과 TP에 기초한 하천의 영양단계는 본류에서 KOC~KWA 구간이 과영양단계에 속하였고 지류는 다른 유입 소하천에 비해 양지천, 용인배수로, 유운천, 목현천 및 곤지암천이 악화된 상태였다.

일반적으로, 담수조류의 성장에 대한 제한영양염을 평가함에 있어 N/P 또는 Si/P의 비가 많이 적용된다. 경안천에서 영양염의 비는 조사지점간에 그 차이가 매우 컸다. TN/TP 및 DIN/SRP 비로 볼 때, 본류와 지류의 평균값(범위)이 각각 13.0(7.2~26.1), 75.4(2.3~613.6)와 65.3(10.9~352.7), 98.7(1.4~555.2)로서 대체적으로 그 비가 높아 N보다 P가 식물플랑크톤 발생에 중요한 제한인자로 작용할 수 있을 것으로 추정되었고(Porcella and Bishop, 1975; Downing and McCauley, 1992), SRSi/SRP 비도 본류와 지류의 평균값(범위)이 각각 83.7(1.1

~645.5), 111.8(1.4~561.5)로서 N/P 비와 마찬가지로 수중 P의 증감 수준이 중요하게 작용함을 알 수 있었다.

5. 팔당호 유입수질 평가

팔당호로 유입되는 주요 하천에 대한 수질을 비교한 것은 Table 1과 같다. N·P 영양염 중 TN, NH₄ 및 NO₂는 경안천(KWA)이 북한강과 남한강보다 각각 1.7배, 4.4배 및 4.3배 더 높은 반면 NO₃는 경안천이 오히려 13.8~24.6% 적었다. TP 농도는 경안천이 3배정도 높았으나 SRP는 평균농도가 162 µg P/l로서 108배 더 높았다. 경안천의 TN/TP, DIN/SRP 및 SRSi/SRP 비는 각각 23.2, 5.4 및 5.1로서 다른 유입하천에 비해 월등히 낮았으며 특히 무기영양염의 비가 아주 낮아 P의 유입 영향이 매우 큼을 시사하였다.

COD 농도로 볼 때, 북한강과 남한강은 평균값이 5.6 mg O₂/l이었으나 경안천은 8.4 mg O₂/l로서 약 1.5배 더 컸다. 이러한 결과는 N·P 영양염 뿐만 아니라 유기물 부하도 매우 큼을 알 수 있었다. Chl-*a* 함량은 북한강, 남한강 및 경안천이 각각 14.5 µg/l, 24.3 µg/l 및 44.8 µg/l로서 경안천은 다른 유입하천에 비해 부영양 수질을 초과한 상태를 보였다.

고 찰

일반적으로, 하천에서 부영양화 현상은 과도한 오염물질이 지속적으로 공급됨으로 인해 하천의 자정력을 초과할 때 그 양상이 뚜렷하다(UN, 1993). 오염물질 공급의 근원으로 볼 때, 점 또는 비점오염원으로 구분될 수가 있으나 우리나라의 경우 하상계수가 매우 크기 때문에 강우가 집중되는 시기를 제외하고는, 강수가 단시간에 유출됨으로서 점오염원의 영향이 중요한 부분을 차

Table 1. Comparison of water quality parameters at the three stations of inflowing rivers and stream, merging into Paltang Reservoir from April to July, 2000. ±: standard deviation.

Parameters\Sampling stations	Pukhan River	Namhan River	Kyongan Stream
Chlorophyll- <i>a</i> (µg/l)	14.5±11.9	24.3±24.2	44.8±38.7
Total nitrogen (µg N/l)	2,459.0±459.9	2,588.0±154.0	4,179.5±2,068.8
Ammonium (µg N/l)	88.8±78.5	60.9±47.5	332.0±281.8
Nitrate (µg N/l)	552.6±167.8	631.6±167.0	476.1±317.3
Nitrite (µg N/l)	15.4±3.7	17.7±2.4	72.4±33.2
Total phosphorus (µg P/l)	58.7±17.8	60.3±11.6	180.2±24.3
Soluble reactive phosphorus (µg P/l)	1.4±1.2	1.6±0.9	161.6±244.3
Soluble reactive silicon (mg Si/l)	0.41±0.49	0.34±0.57	0.83±0.36
TN/TP ratio	41.9	42.9	23.2
DIN/SRP ratio	469.0	443.9	5.4
SRSi/SRP ratio	292.9	212.5	5.1
Chemical oxygen demand (mg O ₂ /l)	5.8±2.2	5.4±1.7	8.4±1.2

지한다(임 등, 2000). 경안천은 이러한 양상을 보이는 대표적인 수계로서 각종 주요 오염원으로부터 채집 후 제대로 처리되지 않은 오·폐수 처리수의 다량 유입으로 인해 하천의 상·하류가 유기 및 무기 성분에 의한 수질오염의 심각성이 크게 드러나고 있는 실정에 있다. 하천 본류의 유지유량이 평수기 이하 시기에는 수처리 최종배출수의 수량이 차지하는 비중이 더욱 높음에 따라 하천수는 색도가 커서 마치 배양한 것처럼 수색이 검붉은색 또는 짙은 녹색으로 변하여 식물플랑크톤의 생물량은 극에 달하는 수준을 보이고 있다(Fig. 2 참조).

경안천에서 식물플랑크톤의 폭발적인 생장은 유역에 산재된 점오염원에 기인된 오염물질이 다량 유입되고 난 직하류부터 chl-a 증가로서 뚜렷하게 관찰되었고, NH₄, SRP 및 SRSi 등의 무기영양염에 의한 영향이 절대적이었다. 또한 풍부한 영양염의 공급 뿐만 아니라 하천의 구조적 문제점도 지적될 수가 있었다. 상·하류구간에서 유로하상의 횡단면에 어도 역할과 주변 농경지의 용수공급을 위해 이수 목적으로 건설된 많은 수중보(weir)는 부분적으로 물의 흐름을 크게 저하시켜 체류시간을 증가시킴으로써 유속의 급감현상은 미생물과 식물플랑크톤을 포함한 자생유기물 생산에 기여하는 바도 매우 클 것으로 추정되었다. 이러한 유기물의 생산은 생활사를 통해 사멸 후 수층 뿐만 아니라 수심이 깊지 않아 내부 저토에 축적되거나, 유하하면서 하류에 위치한 상수원인 호소로 직접 유입되는 운명과 분해과정을 거쳐 수체로 재순환되는 오염 영향을 미치게 될 것으로 추정된다(신과 조, 2000)

결국 오염된 하천의 수질은 물질순환 과정을 통해 하천 그 자체를 비롯하여 하류의 수질 부영양화에도 크나큰 영향을 미치게됨으로써 근본적인 해결이 선행되어야 할 것으로 판단되었다. 따라서 현 시점에 상수원의 부영양화를 감소시키기 위한 다각적인 노력 중에서 1차적으로 처리된 오·폐수의 배출수가 하천이나 호소로 직접 유입되는 환경기초시설과 같은 점오염원의 관리가 무엇보다도 중요한 것으로 제시될 수 있었고, 특히 다른 요인보다 생활하수, 축산폐수 및 공단폐수 등의 수처리 방류수에 대한 면밀한 진단과 재분석을 통해 기존에 적용되고 있는 BOD와 SS를 포함한 수질항목과 기준보다도 무기 N·P의 저감방안대책 수립과 시행이 시급한 것으로 판단되었다.

사 사

본 논문은 2000년 한국학술진흥재단의 연구비(KRF-

2000-DA0031)에 의하여 연구되었음.

적 요

경안천의 상·하류와 팔당호 주요 유입부에서 부영양화 양상과 수질오염 특성을 파악하기 위해 2000년 4월부터 7월까지 조사하였다. 경안천 수질은 전형적인 과영양상태를 보였고 상류에 위치한 오·폐수처리장(sewage wastewater treatment plant, SWTP)의 배출수가 본류와 합류된 직후부터 크게 악화되었으며, 이에 대한 영향은 하류의 부영양화에 절대적이었다. 배출수로부터 비롯되는 NH₄와 SRP 영양염은 하류로 유하하면서 급감하는 반면에 자생유기물의 chl-a는 중류에서 폭발적인 증가를 보였다. 환경요인 중 본류에서 NH₄, SRP 및 chl-a의 평균농도는 각각 1,343 µg N/l, 1,779 µg P/l 및 188 µg/l였고, 특히 P에 대한 부하가 매우 컸으며 식물플랑크톤 생장에 미치는 영향이 현저하였다. 팔당호 유입부 수질의 비교에서 경안천은 북한강과 남한강의 다른 하천에 비해 오염 수준이 가장 높은 것으로 볼 수 있었다. 결과적으로 볼 때, 경안천 뿐만 아니라 팔당호의 상수원 수질 보호를 위해서는 오·폐수 처리수의 점오염원 관리에 대한 대책 마련이 매우 시급한 것으로 판단되었다.

인 용 문 헌

- 문경환, 김영규, 정문호. 1992. 경안천의 수질과 주변역의 오염부하. 한국육수학회지 25: 285-288.
- 신재기. 1998. 낙동강 부영양화에 따른 담수조류의 생태학적 연구. 인제대학교 박사학위논문, 202pp.
- 신재기, 조경제. 2000. 생물검정에 의한 남조류 *Microcystis*가 수질에 미치는 영향. 한국환경과학회지 9: 267-273.
- 신재기, 조경제, 오인혜. 1999. 대청호에서 수환경 요인과 식물플랑크톤의 변동. 한국환경생물학회지 17: 529-541.
- 임창수, 신재기, 조경제. 2000. 금강 중·하류에서 오염양상과 수질평가. 한국육수학회지 33: 51-60.
- 조경제, 신재기. 1998. 낙동강 하류에서 동·하계의 N·P 영양염류와 식물플랑크톤의 동태. 한국육수학회지 31: 67-75.
- 홍사옥, 박대성, 문창규. 1969. 경안천의 춘기 육수학적 연구. 한국육수학회지 2: 45-50.
- 환경부. 1999. 환경백서. 653pp.
- APHA, AWWA, WEF. 1992. Standard methods for the examination of water and wastewater, 18th ed. American Public Health Association, Washington, DC.
- Downing, J.A. and E. McCauley. 1992. The nitrogen: phosphorus relationship in lakes. *Limnol. Oceanogr.* 37:

- 936-945.
- McCauley, E., J.A. Downing and S. Watson. 1989. Sigmoid relationships between nutrients and chlorophyll among lakes. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* **46**: 1171-1175.
- Nusch, E.A. 1980. Comparison of different methods for chlorophyll and phaeopigment determination. *Arch. Hydrobiol. Beih. (Ergebn. Limnol.)* **14**: 14-36.
- OECD. 1982. Eutrophication of waters. Monitoring, assessment and control. Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris, France. 154pp.
- Porcella, D.B. and A.B. Bishop. 1975. Comprehensive management of phosphorus water pollution. Ann Arbor Science, Ann Arbor, Mich. 303pp.
- Rump, H.H. and H. Krist. 1988. Laboratory manual for the examination of water, wastewater, and Soil. VCH Verlagsgesellschaft, Publ, New York, NY (USA). 190pp.
- Smith, V.H. 1986. Light and nutrient effects on the relative biomass of blue-green algae in lake phytoplankton. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* **43**: 148-153.
- UN (United Nations). 1992. Protection of inland waters against eutrophication. New York, ECE/ENVWA/26. 29pp.