

장래 탄천수질과 한강본류에 미치는 영향 예측

신정식 · 정종흡 · 오경두* · 나규환**

서울특별시 보건환경연구원
* 육군사관학교 토목공학과
** 연세대학교 환경과학과

Prediction of water quality in Tan stream of the Han river

Jung sik Shin, Jong heub Jung Kyung doo Oh* and Kyu hwan Ra**

Seoul Metropolitan Government Institute of Health and Environment

*Department of Civil Engineering, Korea Military Academy

**Department of Environment Science, Yonsei University

(Received 1 August 2001 ; Accepted 1 September 2001)

ABSTRACT

The water quality simulation was carried out to predict water quality in Tan stream of the Han river using water quality model, QUAL2E.

In the ends, the future variations in water quality of Tan stream were simulated and the prediction of the impacts of Tan stream on water quality in the Han river was carried out by applying the Tan stream simulation results into the model.

The results are as follows.

The predicted results of future water quality of Tan stream suggested that the concentrations of BOD, T-N and T-P at Chungdam bridge would increase to 0.68~0.77 mg/ℓ, 1.33~1.62 mg/ℓ and 0.05~0.06 mg/ℓ, respectively in 2006 and 2011 and that with the implementation of advanced treatment in Sungnam and Tanchun sewage treatment plants, the concentration of T-N would be reduced more as the amount of treated sewage increase, while the concentration of T-P would stay 0.49 mg/ℓ.

The results obtained from simulation of the impacts of future Tan stream water quality improvement on the main stream of the Han river showed that with implementation of advanced treatment in both Sungnam and Tanchun sewage treatment plants, the concentration of T-N, T-P and chlorophyll-a at Hangang bridge and Heangju bridge would be reduced by 11.6%, 7.7% and 20.9%, respectively in 2006 and by 13.6%, 9.4% and 22.2%, respectively in 2011, which indicates that the effect on the reduction of T-N and T-P would be relatively significant while the effect on the decrease of algae would be slight.

Keywords : Tan stream, Simulation, QUAL2E, Water Quality, Sewage Treatment

I. 서 론

수도권을 유하하는 한강은 유역에 거주하는 주민의 생활 및 산업활동에 필요한 용수원과 시민의 위락 공간으로 중요한 역할을 담당하고 있다. 지금까지 유역 토지 이용도의 증가, 산업시설의 대형화, 도시의 비대화, 인구의 집중화 등의 요인으로 인하여 용수의 수요량이 증가함과 동시에 생활환경 및 수질이 악화

될 가능성이 점차 높아지고 있는 실정이다.¹⁾

이와 같은 한강의 수질오염을 개선하기 위해서는 한강으로 유입되는 여러 지천의 수질 오염을 개선시킬 필요성이 대두되었으며 이에 따라 범정부적인 차원의 물관리 종합대책이 수립되어 시행되고 있다.

1986년 아시안 게임과 1988년 서울올림픽을 대비하여 한강을 시민의 휴식처로 개발하고 강의 기능을 회복하여 한강 수질을 혁신적으로 개선할 목적으로 1982년에 한강종합개발을 착수하여 1986년에 완공을 보게 되었다. 이 개발사업은 한강 행주대교로부터 암사동에 이르는 한강 양안에 연장 54 km, 면적 853

¹Corresponding author : Seoul Metropolitan Government Institute of Health and Environment.

Tel : 02-570-3375, Fax : 02-570-3475

E-mail : yeshin@shin.re.kr

km²의 호안 시설을 건설하여 양안으로부터의 오수, 오물, 토양 유출을 방지하고 동일구간의 종래 950~1,370 m의 하폭을 650~900 m로 축소하는 동시에 수심 2.5 m의 저수로를 건설하여 하천 유속을 증대시키도록 하였다. 양안에는 합계 210 만평의 고수부지가 형성되어 공원, 자연초지, 경기장 낚시터, 선착장 등 휴식편의 시설을 조성하였으며 분류하수관을 설치하여 종전과 같은 강변 거주지 및 공장 등으로부터의 하수, 오물, 폐수, 토사의 유입을 차단하였다.

가장 중심적인 시설은 개발 전구간의 양단 227 km에 달하는 대규모 분류 하수관로를 매설하여 탄천 등 지천은 물론 소하수천에서 유출되는 전 하수를 하수처리장으로 송수하였다.

특히 하천환경이란 하천의 물과 그 주변공간으로 구성된 자체로서 인간의 생활환경 형성에 깊이 관련되어 있는 것이라 말할 수 있다. 다시 말하면 생활환경이란 그 주체인 인간에 의하여 평가되어지는 것이며, 하천 환경도 그 생활환경을 형성하고 있는 것 중에서 하천이 관여하고 있는 것이라 할 수 있다.²⁾

따라서 하천 환경관리는 무엇보다 인간생활의 풍요로움을 목적으로 이루어져야 하고 이러한 환경형성은 인간에게 쾌적하고 윤택함을 줄 수 있는 방향으로 설정되어야 한다. 또한 국토 보전의 차원에서 후손에게 물려줄 아름다운 자연을 가꾸는 것으로 이해되어야 한다.¹⁰⁾

그 동안 한강에 많은 영향을 미치는 주요 하천인 중랑천, 안양천에 관하여 많은 연구가 진행되어 왔으나^{3,4,5)} 탄천에 대해서는 아직까지 체계적인 연구가 이루어지지 못한 실정이다. 탄천은 잠실수중보 하류부에서 최초로 한강에 유입되며 비교적 유량이 커서 한강 본류에 미치는 영향이 큰 지천 중의 하나이다.

탄천은 서울을 중심으로 위성 도시로 구성되어 있는 용인시 수지읍과 성남시 분당 지역의 택지 개발에 따른 인구 급증으로 유역환경에 많은 변화를 가져왔으며 서울의 송파구, 강남구, 강동구, 서초구와 경기도 과천시를 거쳐서 한강에 유입되는 지천으로서 한강 수질에 큰 영향을 미치는 중요한 하천이다. 따라서 한강의 효과적인 수환경관리와 한강의 수질개선을 위해 탄천의 수질오염도 평가 및 예측이 절대적으로 필요하다.

II. 재료 및 방법

1. 탄천의 수리학적 특성 분석

탄천의 수질을 모의하기 위해서는 먼저 탄천의 수

Table 1. Estimation of flowrates at several points of Tanchun

Point	Flow rate(m ³ /s)
Bojung Bridge	0.131
Pungduck stream	0.404
Jujeon bridge	0.525
Dunjeon dong	1.587
Daegok bridge	11.686
Tan stream bridge	17.082
Chungdam bridge	21.199

리학적 특성에 대한 분석이 필요하다. 본 논문에서는 QUAL2E 프로그램에 필요한 탄천의 수리학적 특성을 분석하기 위하여 HEC-RAS 프로그램을 이용하여 탄천의 수리학적 특성을 분석하였다.^{6,7,8)}

탄천의 하도 자료는 하천정비기본계획에 제시된 자료를 이용하였다.⁹⁾ 그리고 유량 자료는 탄천 수질 모니터링 TMS의 자료를 기준으로 유량 측정이 이루어지지 않은 지천에 대하여 비유량 산정 방법에 의하여 유량을 산정하였다.

유황 분석에서 제시된 바와 같이 7~10월을 제외한 건기의 유량은 별다른 변화가 없는 것으로 나타나 본 논문에서는 하수처리장을 제외한 지류의 유입은 건기 동안에는 일정한 것으로 가정하였다. 주요 지점별로 산정된 건기의 유량은 Table 1과 같다.

Table 1에 나타난 바와 같이 둔전동 상류의 유량은 1.587 m³/s 이하로 유량이 매우 적게 나타났으며, 대곡교 하류쪽에서 지천의 유입과 하수처리장의 방류수 유입 등으로 인하여 유량이 크게 증가하는 것으로 나타났다.

2. HEC-RAS 모형의 개요

HEC-RAS(river analysis system) 모형은 수면 곡선과 유황을 분석하는데 국내외에서 일반적으로 널리 이용되고 있는 HEC-2 모형의 후속 프로그램으로 1995년 7월에 미국 공병단 수리연구소에 의하여 개발 보급되었다.

HEC-RAS 모형의 기본 계산 모듈은 HEC-2와 동일하지만 윈도우용 프로그램으로 개발하여 GUI에 의한 자료 입력과 출력 결과 해석의 편의성을 크게 향상시켰으며, 자료저장 및 관리, 계산 결과에 대한 보고서 작성 등 여러가지 기능면에 있어서 기존 HEC-2 모형에 비해 월등히 향상되었다.

HEC-RAS 모형은 자연 또는 인공수로에서의 1차원 정상점변류의 수면형을 계산하는데 있어서 상류 및 사류 두 가지 경우의 수면형을 모두 계산할 수 있

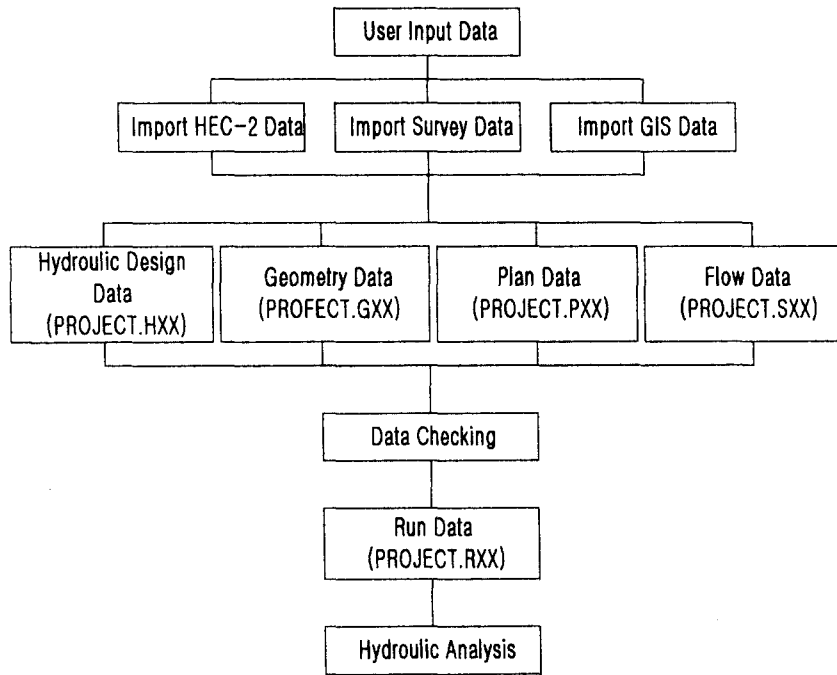


Fig. 1. Flow diagram of data process with HEC-RAS model.

으며 교량, 압거, 웨어 또는 홍수터의 구조물 등이 흐름에 미치는 영향에 대해서도 분석이 가능하고, 하천 흐름특성에 대한 사항을 3차원 조감도로 나타내어 검토할 수 있는 장점을 가지고 있다.^{11,12,13,15)}

그러나, HEC-RAS 모형은 아직까지는 정상류 해석만 가능한 상태이며 향후 부정류 계산과 토사유송의 계산을 포함하는 종합적인 하천 해석 프로그램으로 개발토록 계획되어 있다. Fig. 1은 HEC-RAS 모형의 데이터 처리과정을 도시한 것이다.

3. HEC-RAS 모형의 기본방정식

HEC-RAS 모형의 계산과정은 마찰수두손실을 고려한 일차원 에너지 방정식의 해에 근거하고 있으며, 마찰 손실은 Manning의 공식을 이용하여 구하게 된다. 계산방법은 HEC-2와 마찬가지로 표준축차계산법(standard step method)을 이용하고 있으며, 수위 계산을 위한 기본 방정식은 다음과 같은 1차원 에너지방정식으로 표현된다.¹⁴⁾

$$WS_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = WS_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + h_e$$

$$h_e = L \cdot S_f + C \left[\frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} \right]$$

여기서, WS_1, WS_2 : 상하류 단면에서의 수위 (EL.m)

V_1, V_2 : 상하류 단면에서의 평균유속 (m/s)

α_1, α_2 : 상하류 단면에서의 에너지 보정 계수

g : 중력가속도 (m/s²)

h_e : 손실수두 (m)

L : 상하류 단면간 거리 (m)

S_f : 상하류 단면간 마찰경사

C : 단면의 확대, 축소계수

III. 결과 및 고찰

1. 장래 탄천 수질과 한강분류에 미치는 영향 예측
 성남하수처리장과 탄천하수처리장은 하수처리구역내의 인구 증가 등으로 인하여 하수처리용량의 증가가 예상되며, 이에 따라 탄천의 수질은 물론 한강분류의 수질에 영향을 미칠 것으로 판단된다. 따라서 본 연구에서는 장래 하수처리용량의 증가가 탄천과 한강분류에 미치는 영향과 고도처리에 따른 수질개선 효과를 검토하였다.

1.1. 탄천의 장래 수질 변화 예측

Table 2는 성남하수처리장과 탄천하수처리장의 계획하수량 변화를 나타낸 것이다.

본 연구에서는 장래에 성남 및 탄천 하수처리장에서 처리해야 할 하수량의 증가에 따른 수질변화를 모의하여 그 영향을 검토하였다. 이를 위해서는 각 처리장의 방류수 수질과 하수종말처리장 뿐만 아니라 유역의 유량 및 수질 등의 변화에 대한 자료가 필요하다. 그러나 장래의 오염부하량과 유량 및 처리효율 등에 대한 추정은 상당부분 불확실성을 내포하고 있으며 이를 정확히 산정할 수 있는 자료가 불충분한 상태이다. 따라서 본 연구에서는 하수처리장으로 유입되는 하수량의 변화 외에 처리수의 수질, 유역의 수리 수문학적 특성 등은 동일한 것으로 가정하였다.

장래 수질과의 비교를 위한 현재의 수질은 하수처리장 운영 개선전의 수질자료로부터 모의된 결과를 기준으로 하였다.

Table 3은 청담교 지점의 장래 수질변화를 모의한 결과를 정리한 것이다.

Table 3에 나타난 바와 같이 용존산소의 변화는 거의 없으나 BOD, T-N, T-P는 각각 0.68~0.77 mg/

ℓ, 1.33~1.62 mg/ℓ, 0.05~0.06 mg/ℓ 증가할 것으로 나타났다. 물론 위의 수질모의 결과는 장래 하수처리장 방류수의 수질이 현재와 동일한 수준으로 처리되어 방류되며, 하수처리장 유입수의 유량변화 이외에 유역의 수질 및 수리·수문학적 특성이 동일한 것으로 가정하였으므로 장래 수질모의에 적용된 사항과 다른 사항이 발생할 경우에 장래 수질은 위에 모의된 결과와 다르게 나타날 것으로 예상할 수 있다.

다음으로 성남하수처리장과 탄천하수처리장에 유입되는 하수를 전량 고도처리할 경우의 장래 수질을 모의하였다. 고도처리에 따른 방류수 수질은 T-N은 7.0 mg/ℓ, T-P는 0.5 mg/ℓ 로 가정하였다. 고도처리에 따른 장래 수질 변화를 Table 4에 제시하였다.

Table 4에 제시된 바와 같이 T-N의 경우 성남 및 탄천 하수처리장에서 전량 고도처리 할 경우 청담교 지점을 기준으로 검토한 장래의 수질은 현재 상태에서 고도처리 할 경우 보다 더 개선될 것으로 나타났다. 이것은 하수처리장 방류수 보다 탄천 하류부 자체의 T-N 농도가 더 높기 때문에 고도처리 된 방류수의 유량이 증가할수록 희석효과가 커지기 때문으로

Table 2. Annual design sewage flowrate

(unit : kton/day)

Flow rate		1996년	2001년	2006년	2011년	Remark
Sungnam sewage treatment plant	daily average	334.4	395.2	427.4	461.2	daily average
	daily maximum	399.7	474.8	514.4	556.4	in 1999
Tanchun sewage treatment plant	hourly maximum	576.6	687.6	746.0	808.0	382kton/day
	daily average	864.2	999.1	1,086.4	1,178.9	daily average
Sungnam sewage treatment plant	daily maximum	1,024.2	1,208.6	1,316.7	1,431.2	in 1999
	hourly maximum	1,263.7	1,485.6	1,621.1	1,765.7	617kton/day

1) Expanding construction design of Tanchun sewage treatment plant facility(1994)

2) Expanding construction design of sewage treatment plant facility in Sungnam city(1995)

Table 3. Prediction of future Tanchun water quality according to the enlargement of sewage treatment plants(at Chungdam bridge)

Year	DO	BOD	T-N	T-P	Remark
1999 (Present)	6.74	7.05	17.39	0.91	based on 22.70 cms of Tan stream flow
2006	6.75	7.73	18.72	0.96	based on 28.66 cms of Tan stream flow
2011	6.75	7.82	19.01	0.97	based on 30.12 cms of Tan stream flow

Table 4. Prediction of future water quality with advanced treatment(at Chungdam bridge)

Year	T-N(mg/l)			
	Secondary treatment	Advanced treatment	Secondary treatment	Advanced treatment
1999(present)	17.39	7.92	0.91	0.49
2006	18.72	7.73	0.96	0.49
2011	19.01	7.69	0.97	0.49

판단된다.

반면에 T-P의 경우 고도처리 시 장래 수질은 0.49 mg/l로 변화가 없을 것으로 나타났다. 이것은 탄천 자체의 T-P 농도가 고도처리 된 하수처리장 방류수의 T-P 농도와 거의 비슷하기 때문에 하수처리장의 방류수 유량 증가에 따른 T-P 농도의 희석효과가 나타나지 않기 때문으로 사료된다.

1.2. 장래 탄천 수질변화가 한강 수질에 미치는 영향 예측

장래 탄천유역에 위치한 성남하수처리장과 탄천하수처리장으로 유입되는 하수량의 증가는 탄천의 수질은 물론 한강의 수질에도 영향을 미치게 된다. 본 연구에서는 Table 2에서 검토한 2006년과 2011년 탄천의 수질과 고도처리에 따른 수질개선 효과가 한강본류의 수질에 미치는 영향을 검토하였다.

팔당댐 방류량은 200 cms로 가정하였고, 수질을 비교할 지점으로는 탄천 하류부에 위치한 한강대교와 행주대교를 선택하였다.

1.2.1. 2006년 탄천유역 고도처리에 따른 한강수질 개선효과

Fig. 2~Fig. 7은 2006년 성남 및 탄천 하수처리장 유입수를 현재 수준으로 2차 처리하는 경우와 전량 고도처리할 경우에 대하여 한강의 T-N과 T-P, Chl-a 농도를 모의하여 비교한 것이며, Table 5는 한강대교와 행주대교에서의 수질모의치를 비교하여 제시한 것이다.

Table 5에 나타난 바와 같이 2006년 탄천에 위치한 성남하수처리장과 탄천하수처리장으로 유입되는 하수를 전량 고도처리할 경우 한강의 T-P 농도는 7.7~11.6% 감소하며, T-N 농도는 14.1~20.9% 감소할 것으로 나타났다. 그러나 Chl-a 농도는 2.0~4.0% 정도 감소할 것으로 나타났다. 이와 같이 고도처리를 통하여 질소와 인의 농도가 감소한 정도에 비하여 조류 농도의 감소가 상대적으로 작은 것은 질소와 인의 유입이 저감된 이후에도 한강의 질소와 인 농도가 여전히 과부영양화 상태에 있기 때문으로

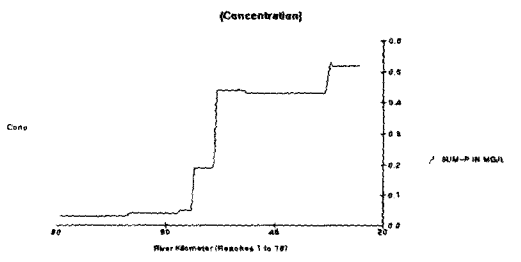


Fig. 2. T-P concentration of Han river (year 2006, secondary treatment of Tanchun basin).

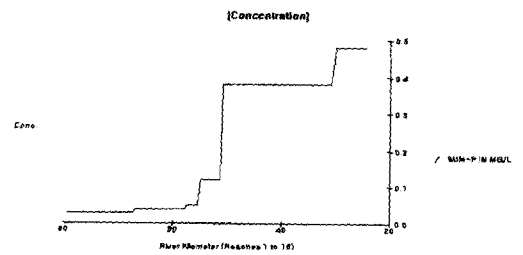


Fig. 3. T-P concentration of Han river (year 2006, advanced treatment of Tanchun basin).

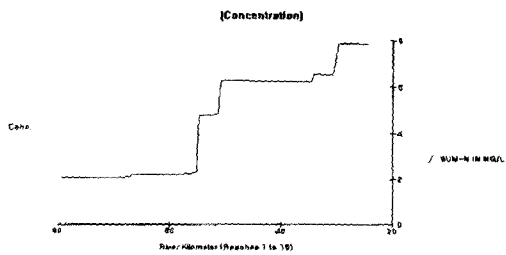


Fig. 4. T-N concentration of Han river (year 2006, secondary treatment of Tanchun basin).

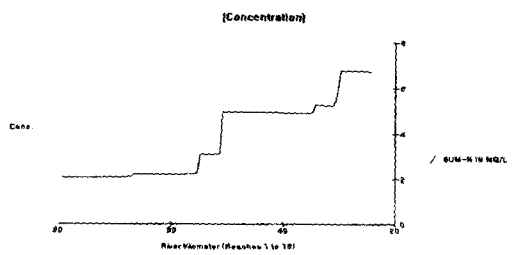


Fig. 5. T-N concentration of Han river (year 2006, advanced treatment of Tanchun basin).

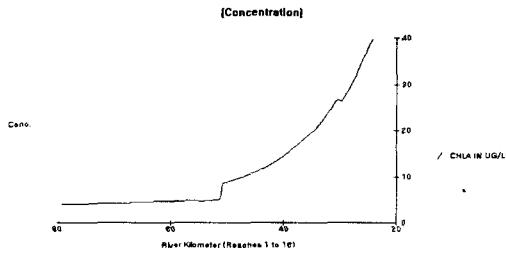


Fig. 6. Chlorophyll-a concentration of Han river(year 2006, secondary treatment of Tanchun basin).

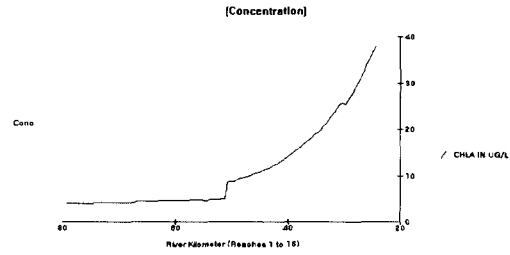


Fig. 7. Chlorophyll-a concentration of Han river(year 2006, advanced treatment of Tanchun basin).

Table 5. Prediction of Han river water quality change with adoption of advanced treatment for Seongnam and Tanchun sewage treatment plant(year 2006)

Site	T-P(mg/l)		T-N(mg/l)		Chl-a(μg/l)	
	Secondary treatment	Advanced treatment	Secondary treatment	Advanced treatment	Secondary treatment	Advanced treatment
Han river birdge	0.43	0.38 (-11.6%)	6.23	4.93 (-20.9%)	12.73	12.47 (-2.0%)
Hangju bridge	0.52	0.48 (-7.7%)	7.87	6.76 (-14.1%)	28.45	27.31 (-4.0%)

판단된다. 따라서 한강 하류부에 대한 질소와 인의 주요 공급원이 되고 있는 중량하수처리장, 가양하수처리장, 난지하수처리장 등에 대해서도 고도처리를 통하여 질소와 인의 유입을 동시에 줄여나가야 한강 하류부의 조류 농도 저감 효과를 거둘 수 있을 것으로 판단된다.

1.2.2. 2011년 탄천유역 고도처리에 따른 한강수질 개선효과

Fig. 8~Fig. 13은 2011년 성남 및 탄천 하수처리장 유입수를 현재 수준으로 2차 처리하는 경우와 전량

고도처리 할 경우에 대하여 한강의 T-N과 T-P, Chl-a 농도를 모의하여 비교한 것이며, Table 6은 한강대교와 행주대교에서의 수질모의치를 비교하여 제시한 것이다.

Table 6에 나타난 바와 같이 2011년 탄천에 위치한 성남하수처리장과 탄천하수처리장으로 유입되는 하수를 전량 고도처리할 경우 한강의 T-P 농도는 9.4~13.6% 감소하며, T-N 농도는 15.1~22.2% 감소할 것으로 나타났다. 그러나 Chl-a 농도는 2.1~4.1% 정도 감소할 것으로 나타났다. 2006년의

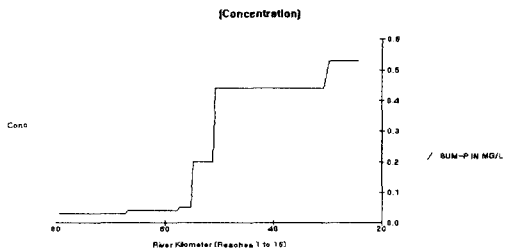


Fig. 8. T-P concentration of Han river(year 2011, secondary treatment of Tanchun basin).

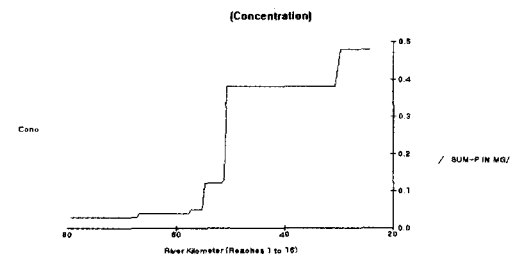


Fig. 9. T-P concentration of Han river(year 2011, advanced treatment of Tanchun basin).

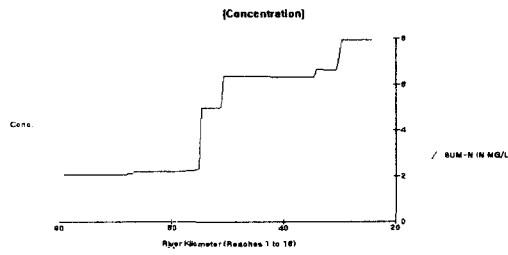


Fig. 10. T-N concentration of Han river(year 2011, secondary treatment of Tanchun basin).

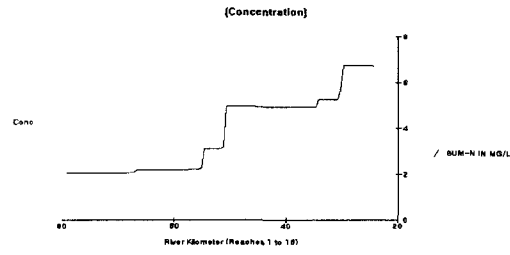


Fig. 11. T-N concentration of Han river(year 2011, advanced treatment of Tanchun basin).

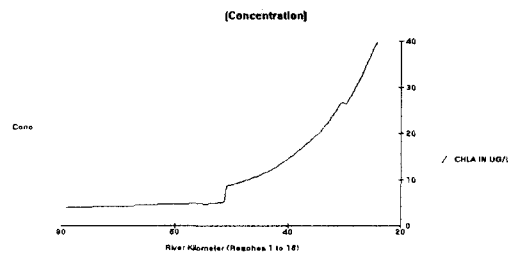


Fig. 12. Chlorophyll-a concentration of Han river(year 2011, secondary treatment of Tanchun basin).

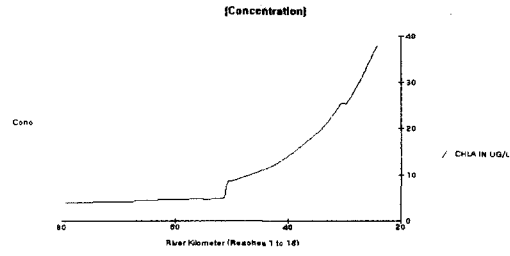


Fig. 13. Chlorophyll-a concentration of Han river(year 2011, advanced treatment of Tanchun basin).

Table 6. Prediction of Han river water quality change with adoption of advanced treatment for Seongnam and Tanchun sewage treatment plant(year 2011)

Site	T-P(mg/l)		T-N(mg/l)		Chl-a(µg/l)	
	Secondary treatment	Advanced treatment	Secondary treatment	Advanced treatment	Secondary treatment	Advanced treatment
Han river birdge	0.44	0.38 (-13.6%)	6.34	4.93 (-22.2%)	12.68	12.41 (-2.1%)
Hangju bridge	0.53	0.48 (-9.4%)	7.96	6.76 (-15.1%)	28.41	27.22 (-4.2%)

경우와 마찬가지로 고도처리를 통하여 질소와 인의 농도가 감소한 정도에 비하여 조류 농도의 감소가 상대적으로 작은 것은 질소와 인의 유입이 저감된 이후에도 한강의 질소와 인 농도가 여전히 과부영양화 상태에 있기 때문으로 판단된다.

IV. 결 론

본 연구에서는 장래 한강수계 탄천의 수질변화를 예측하고 탄천 수질변화가 한강수질에 미치는 영향

을 예측하기 위하여 QUAL2E 수질모형에 적용하여 수질모의를 수행하였다.

본 연구를 통하여 얻어진 결과는 다음과 같다.

1. 탄천의 상류유역은 지속적인 택지개발로 수질오염도가 높은 상태이고 하류는 하수처리장 방류수의 영향으로 수질오염도가 높아지는 것으로 나타났다.

2. 장래 탄천수질을 예측한 결과 청담교 지점의 탄천수질은 2006년과 2011년에 BOD, T-N, T-P는 0.68~0.77 mg/l, 1.33~1.62 mg/l, 0.05~0.06 mg/l 증가할 것으로 나타났으며 성남, 탄천하수처리

장 고도처리시는 T-N은 장래하수처리량이 증가할수록 개선효과도 증가될 것으로 나타났으나 T-P농도는 0.49 mg/l로 일정한 수준을 유지할 것으로 나타났다.

3. 장래 탄천수질개선이 한강본류에 미치는 영향을 검토한 결과 성남, 탄천하수처리장 고도처리시는 한강대교 및 행주대교에서 2006년에 T-P 11.6%, 7.7%, T-N 20.9%, 14.1%, chlorophyll-a 4.0% 및 2.0% 감소할 것으로 나타났으며 2011년에는 T-P 13.6%, 9.4%, T-N 22.2%, 15.1%, chlorophyll-a 4.1% 및 2.1% 각각 감소할 것으로 나타나 T-P, T-N 저감효과는 상대적으로 큰 반면 조류농도의 감소효과는 미미한 결과를 보였다.

참고문헌

- 1) 서울특별시 : 한강생태계조사연구, 1998.
- 2) 김광임 외 : 한국의 환경 50년사. 한국환경기술개발원, 1996.
- 3) 최중욱 : GIS와 수질모델을 이용한 안양천의 수질오염도 해석. 인하대학교 박사학위논문, 1998.
- 4) 성남시 : 탄천하천정비 기본계획, 1990.
- 5) 어수미 : 서울시 인근의 한강 본류 및 지천에 대한 하상 저질의 중금속 오염평가. 서울대학교대학원 박사학위논문, 1994.
- 6) Brown R. T., and Barnwell. T. O. : Computer Program Documentation for the Enhanced Stream Water Quality model QUAL2E. EPA/600-3-85/065, US Environmental Protection Agency, 1985.
- 7) Brown L. C. and Barnwell T. O. : The Enhanced Stream Water-quality Models QUAL2E and QUAL2E UNCAS. Documentation and User Manual Report No. EPA/600/3-87/U007, Environmental Research Laboratory, US EPA Athens, G.A., pp. 1-189, 1987.
- 8) Grenney W. J., Teurscher M. C. and Dixon L. S. : Characteristics of the Solution Algorithms for QUAL- II River Model. J. of WPCF 50(1), pp. 151-157, 1978.
- 9) 경기도 : 탄천하천정비기본계획, pp27~215, 1987.
- 10) 정종흡, 신정식 외 : 탄천이 한강본류에 미치는 영향 조사. 서울시보건환경연구 논문집 34, pp. 408-417, 1998.
- 11) Roesner L. A., Giguere P. R. and Evenson D. E. : Computer Program Documentation for Stream Modeling QUAL- II. EPA-600/P-81-014, EPA, 1981.
- 12) Scheollhamer D. H. : Lagrangian Transport Modeling with QUAL II Kinetics. J. of Env, Eng., ASCE, 114(2), pp. 368-381, 1988.
- 13) Z. Zakova, D. Berankova, E. Kockova and P. Kriz : Influence of Diffuse Pollution on the Eutrophication and Water Quality of Reservoirs in the Morava River Basin. Water Sci. Tech., 28(3-5), pp. 79-90, 1993.
- 14) 국립환경연구원 환경연수부 : 수질모델링, 1999.
- 15) 오경두, 구자용 : QUAL2E모형. 제1회 수공학워크샵, 한국수문학회, pp. 4-32, 1993.