

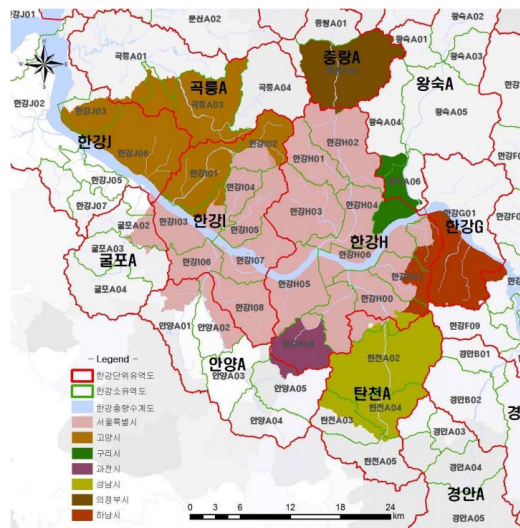
수질오염총량제

07. 지자체 총량관리 기본계획 수립 사례 I

1. 서울시 오염총량관리 기본계획 개요

1) 대상 유역

한강수계 총량관리단위유역 중 한강H와 한강I 단위유역은 서울시, 경기도 과천시, 구리시, 고양시, 성남시, 의정부시, 하남시에 위치한다. 한강H 단위유역(총면적 428.90km²) 중 서울시와 경기도가 차지하는 면적은 각각 350.95km²와 77.95km²이며, 한강I 단위유역(총면적 278.95km²)은 서울시와 경기도가 각각 200.12km² 및 78.83km²를 차지한다(그림 1). 따라서 가장 넓은 면적을 차지하는 서울시가 한강H 및 한강I 단위유역의 오염총량관리 기본계획(이하 “기본계획”)을 수립해야 하는 주체이다.



<그림 1> 서울시 오염총량관리 단위유역

자료: 서울특별시. 2013. 서울특별시수질오염총량관리 기본계획.

2) 기본계획 수립 목적 및 경과

환경부는 2011년 「한강수계 상수원수질개선 및 주민지원 등에 관한 법률」에 따라 한강수계의 특별·광역시·도 경계지점의 목표수질을 <표 1>과 같이 고시하였다. 목표수질이 설정된 총량관리 대상물질은 생화학적산소요구량(BOD)과 총인(T-P)이며, 경기도와 서울시의 경계지점인 한강I 단위유역의 말단지점의 목표수질은 BOD 4.1mg/L 및 T-P 0.236mg/L이다.

<표 1> 한강수계 특별·광역시·도 경계지점의 목표수질

수계 구간명	설정지점	목표수질	
		BOD (mg/L)	T-P (mg/L)
한강G	경기도와 서울특별시 경계의 한강 본류지점 (왕숙천 합류후)	1.7	0.042
탄천A	경기도와 서울특별시 경계의 탄천 본류지점 (한강본류 합류전 탄천본류 지점)	6.8	0.454
중랑A	경기도와 서울특별시 경계의 중랑천 본류지점 (한강본류 합류전 중랑천본류 지점)	8.6	0.575
안양A	경기도와 서울특별시 경계의 안양천 본류지점 (한강본류 합류전 안양천본류 지점)	6.2	0.558
한강I	경기도와 서울특별시 경계의 한강 본류지점 (굴포천 합류전)	4.1	0.236
굴포A	인천광역시와 경기도 경계의 굴포천 본류지점 (한강본류 합류전 굴포천본류 지점)	7.9	0.959

자료: 환경부 고시 제2011-95호

서울시 기본계획은 위와 같이 설정된 목표수질을 달성·유지할 수 있도록 단위유역별·지방자치단체별로 오염물질 할당부하량(허용총량)을 산정하고, 배출부하량을 할당부하량 이내로 관리하기 위해 수립된다. 서울시 기본계획 수립기간은 2013년 6월 1일부터 2020년 12월 31일까지이며, 계획수립의 기준년도는 2010년이다.

2012년 6월 서울시 총량관리 기본계획(안)이 서울연구원의 용역으로 만들어졌으며, 이후 환경부와 서울시의 검토·보완 작업이 진행되었다. 2013년 9월 12일 환경부의 승인으로 서울시 총량관리 기본계획이 확정되었다.

3) 단위유역 수질 현황

한강H 및 한강I 단위유역의 목표수질은 각각 한강대교와 행주대교 지점의 수질로 평가한다. 2008년~2011년 한강H 단위유역의 연평균 수질은 2.8~4.3mg/L (BOD) 및 0.148~0.329mg/L (T-P)이었다. 같은 기간 한강I 단위유역의 수질은 3.8~4.9mg/L (BOD) 및 0.235~0.487mg/L (T-P)였다(표 1~2).

단위유역의 목표수질 달성여부는 연평균 수질이 아니라 한강 수계법 시행규칙에 따라 다음과 같이 과거 3년간 측정된 값을 대수변환하여 구한 평균값으로 평가한다.

$$\text{평균수질} = e^{\left(\text{변환평균수질} + \frac{\text{변환분산}}{2} \right)}$$

위 식에서, 변환평균수질 및 변환분산은 각각 다음과 같다.

$$\text{변환평균수질} = \frac{\ln(\text{측정수질}_1) + \ln(\text{측정수질}_2) + \dots}{\text{측정횟수}}$$

$$\text{변환분산} = \frac{\ln(\text{측정수질}_1) - \text{변환평균수질}^2 + \ln(\text{측정수질}_2) - \text{변환평균수질}^2 + \dots}{\text{측정횟수} - 1}$$

위의 식에 따라 한강I 단위유역의 과거 3년 평균수질을 구하면 BOD와 T-P 모두 목표수질을 초과하는 것으로 나타났다.

<표 2> 한강H 및 한강I 단위유역 BOD 수질평가

단위유역	연평균 수질 (mg/L)				과거 3년 평균수질* (mg/L)	
	2008	2009	2010	2011	2008~2010	2009~2011
한강H	4.3	4.0	3.2	2.8	3.9	3.5
한강I	4.9	4.8	3.9	3.8	4.6	4.2

*4대강 수계법 시행규칙에 따라 과거 3년 측정값을 대수변환하여 구한 평균값

자료: 서울특별시. 2013. 서울특별시수질오염총량관리 기본계획.

<표 3> 한강H 및 한강I 단위유역 T-P 수질평가

단위유역	연평균 수질 (mg/L)				과거 3년 평균수질* (mg/L)	
	2008	2009	2010	2011	2008~2010	2009~2011
한강H	0.329	0.272	0.148	0.172	0.257	0.201
한강I	0.487	0.387	0.235	0.263	0.379	0.300

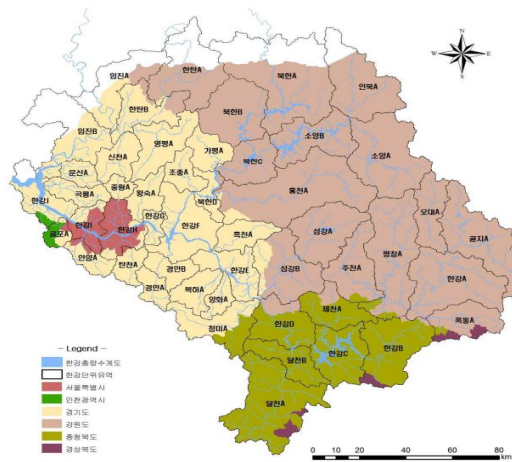
*4대강 수계법 시행규칙에 따라 과거 3년 측정값을 대수변환하여 구한 평균값

자료: 서울특별시. 2013. 서울특별시수질오염총량관리 기본계획.

2. 유역환경 조사

1) 총량관리 단위유역 및 소유역

한강수계는 총 49개의 단위유역으로 구성되며(그림 2), 앞에서 살펴본 것처럼 서울시는 한강H 및 한강I 단위유역의 총량관리 기본계획을 수립한다. 나머지 단위유역의 경우, 굴포A는 인천시가, 흑천A 등 32개 단위유역은 경기도가 기본계획을 수립한다. 그 외 14개 단위유역은 강원도, 충청북도, 경상북도에 위치하며, 서울·인천·경기의 총량제 시행성과를 반영해 2020년부터 총량제가 도입될 예정이다.



<그림 2> 한강수계 오염총량관리유역도

자료: 서울특별시. 2013. 서울특별시수질오염총량관리 기본계획.

<수질오염총량관리기본방침>에 따르면 소유역이란 유역환경조사, 수질모델링 등에 필요한 배수구역단위를 설정하기 위해 단위유역을 세분한 유역을 의미한다. 서울시 기본계획에서는 수치지형도로부터 수치표고모델(Digital Elevation Model, DEM) 자료를 생성하고, DEM 자료와 하천의 수계망(水系網)을 중첩시켜 공간분석을 통해 소유역을 구분하였다.

한강H 단위유역에는 경기도 과천시, 구리시, 성남시, 의정부시, 하남시 일부가 포함되며, 한강I 단위유역에는 경기도 고양시 일부가 포함된다. 또한 굴포A(인천광역시), 안양A, 탄천A, 한강J(이상 경기도) 단위유역 등 다른 시·도가 기본계획을 수립하는 단위유역에 서울시 일부 지역이 포함된다(앞의 <그림 1> 참조).

3) 유역환경 조사

기본계획에는 대상유역의 기상, 수자원, 하천·호소, 수질, 유량 등 수계환경에 대한 자료가 담긴다. 서울시 총량관리기본계획에서 사용된 조사방법을 간략히 설명하면 다음과 같다.

기상자료는 한강H와 한강I 유역 내 포함되는 서울특별시, 경기도 고양시, 과천시, 구리시, 성남시, 의정부시, 하남시 지역과 인접한 서울, 수원, 양평, 동두천 기상관측소의 관측자료를 이용하였다. 관측소별로 관측일자에 따라 평균기온, 강수량, 증발량 등 기상자료가 기본계획에 수록되어 있다.

하천 자료는 국토교통부의 <한국하천일람>, 서울시의 <하천 수질-유량 모니터링 보고서>, 하천정비기본계획 등의 자료를 수집하여 분석하였다. 기본계획에는 하천별로 하천등급(국가,

지방), 하천구간(기점~종점), 하천연장, 유로연장, 평균하폭, 하천면적, 유역면적, 개수계획, 기개수 하천연장, 개수율 등의 하천현황 조사결과가 담겨있다 단위유역내 호소 현황을 파악하기 위해 한국농어촌공사 및 국가수자원관리종합정보시스템(WAMIS)의 농업용저수지 자료와 하천정비기본계획의 호소 현황을 조사하였으며, 기본계획 수립대상인 한강H 및 한강I 단위유역에는 호소가 없는 것으로 파악되었다. 구의, 암사, 자양, 풍납, 한강취수장 등 유역 내 취수장 자료는 서울특별시 상하수도사업본부와 경기도 성남시 자료를 토대로 조사하였다.

수질자료로는 국립환경과학원 산하 한국물환경연구소에서 8일 간격으로 측정 중인 총량측정망의 한강G, 한강H, 한강I, 중랑A 및 탄천A 단위유역 말단지점 자료와 서울시와 한강유역환경청에서 관리하는 수질측정지점(22개)의 자료를 수집하였다. 기본계획에는 조사지점별로 조사일시에 따른 수온, 용존산소(DO), 전기전도도, 부유물질(SS), 화학적산소요구량(COD), 총유기탄소(TOC), 총질소(T-N), 용존총질소(DTN), 암모니아성질소(NH₄-N), 아질산성질소(NO₂-N), 질산성질소(NO₃-N), 총인(T-P), 용존총인(DTP), 인산염인(PO₄-P), 및 클로로필-a(Chl-a)의 측정값이 수록되어 있다.

하천유량은 한강물환경연구소에서 8일 간격으로 측정 중인 총량측정망 자료(5개 지점)를 수집하여 기본계획에 수록하였다.

3. 오염원 조사

1) 오염원 조사방법

오염원 조사는 <수질오염총량관리기본방침> 및 <수질오염총량관리기술지침>에 따라 생활계, 축산계, 산업계, 토지계, 양식계, 매립계 및 환경기초시설 등 오염원 그룹별로 기초자료를 수집하여 정리하였고, 오염원 조사표 작성 및 부하량 산정에 적합하도록 수정·보완작업을 진행하였다. 오염원 자료는 기존년도 2010년을 포함하여 과거 5년간(2006~2010년) 수집이 가능한 자료를 각 시·군의 협조를 얻어 수집·정리하였고, 해당 시·군 담당자의 검토를 거치는 등 자료의 수정·보완 작업이 진행되었다. 환경기초시설 자료는 하수도정비기본계획 및 하수관거정비사업, 비점오염원 저감사업, 축산분뇨 처리시설 계획과 관련된 사항들을 조사·정리하였다.

2) 장래 오염원 예측방법

생활계 오염원의 예측방법은 다음과 같다. 장래 인구는 개발에 의한 영향을 제외한 자연증감에 의한 인구변화를 예측하였다. 과거 5년간 인구통계에서 연차별로 총인구의 순증가율을 산정하여 행정구역별로 자연증감인구를 예측하였다. 인구 외의 생활계 오염원은 과거 5년(2006년~2010년) 오염원 조사자료를 바탕으로 수학적 전망방법을 사용하여 최종년도(2020년)까지의 변화를 전망하였다.

축산계 오염원은 주요 축종인 한우, 젓소, 돼지, 가금에 대해 과거 5년간 통계자료를 바탕으로 추이를 분석하여 장래 사육두수를 전망하였다. 말, 양, 사슴, 개 등 기타 축종은 표본수가 적고 과거 5년의 추세가 급격히 증·감하는 경향을 보여 기존년도 현황이 장래에도 유지되는 것으로 가정하였다.

산업계 오염원 중 배출규모 1종, 2종 및 3종 시설에 대해서는 과거 물사용량 변화추이와 물수요관리정책을 고려하여 현재 상태가 미래에도 유지되는 것으로 가정하였다. 산업계 오염원 중 소규모 폐수배출업소(4종, 5종)는 과거 폐수발생 및 배출량 변화추이(연평균 증감

을)를 장래 자연증감율로 적용하였다.

토지계 오염원에 대해서는 과거 5년간 법정동리별 지적공부의 지목별 현황을 기술지침에 따라 전, 답, 임야, 대지, 기타 지목으로 정리하여 변화추이(연평균 증감율)를 분석하고, 이를 지목별 자연증감률로 적용하였다.

양식계 오염원은 장래에도 현재 시설이 유지될 것으로 가정하였다. 매립계 오염원은 인구 증감율을 고려하여 침출수 발생 및 배출유량을 전망하였다.

3) 오염원 현황 및 전망

한강H와 한강I 단위유역의 인구는 총량관리 최초년도인 2012년에 각각 6,074,883인, 3,906,585인에서, 계획의 최종년도인 2020년에는 각각 5,355,271인, 3,542,387인으로 연평균 1.48%와 1.17%씩 감소하는 것으로 전망되었다. 물사용량은 한강H와 한강I 단위유역 각각 연평균 0.91% 및 0.73% 감소하는 것으로 나타났다. 축산 사육두수는 한강H 단위유역에서는 젓소, 한우, 가금, 사슴은 감소하는 것으로, 한강I 단위유역에서는 젓소, 한우, 돼지는 감소하는 것으로 전망되었다. 산업계 폐수방류량은 한강H 및 한강I 단위유역 모두 2006년에 비해 각각 연평균 0.10% 및 0.33% 증가하는 것으로 전망되었다. 토지면적은 한강H 단위유역에서는 전, 답, 임야 면적은 줄어들고 대지와 기타 면적은 증가할 것으로 예측되었다. 한강I 단위유역에서는 답과 임야 면적은 감소하며, 전, 대지, 기타 면적은 증가하는 것으로 전망되었다. 양식장과 매립장의 경우는 기존년도인 2010년 오염원 규모가 장래에도 그대로 유지되는 것으로 전망되었다.

오폐수 발생량은 총량관리 최초년도인 2012년 1,744,897.6m³/일에서 최종년도 2020년에는 1,625,723.3m³/일로 연평균 0.85%의 감소할 것으로 전망되었다. 한강I 단위유역의 오폐수 발생량 또한 최초년도(2012년) 991,815.8m³/일에서 최종년도 2020년 935,905.0m³/일로 연평균 0.70% 감소하는 것으로 전망되었다. 오폐수 발생유량은 서울시에서는 강남구가, 경기도에서는 고양시가 가장 많았다.

4. 발생 및 배출부하량 산정

1) 발생부하량 현황 및 전망

한강H 단위유역의 BOD 발생부하량은 최초년도(2012년) 460,660.34kg/일에서 최종년도 2020년 424,549.11kg/일로 연평균 0.98% 감소하는 것으로 전망되었다. 한강I 단위유역은 BOD 발생부하량이 최초년도(2012년) 280,629.88kg/일에서 최종년도 2020년 262,796.45kg/일로 연평균 0.79% 감소하는 것으로 전망되었다(표 4).

한강H 단위유역의 T-P 발생부하량은 최초년도(2012년) 12,134.988kg/일에서 최종년도 2020년 11,240.464kg/일로 연평균 0.92% 감소하는 것으로 전망되었다. 한강I 단위유역은 T-P 발생부하량이 최초년도(2012년) 7,361.383kg/일에서 최종년도 2020년 6,918.030kg/일로 연평균 0.75%의 감소하는 것으로 전망되었다(표 5).

BOD와 T-P의 발생부하량은 오폐수 발생량과 마찬가지로 서울시에서는 강남구가 경기도에서는 고양시가 가장 높았다.

<표 4> 단위유역별 BOD 발생부하량 현황 및 전망 (단위: kg/일)

<표 1-9> 단위유역별 BOD 발생부하량 현황 및 전망(kg/일)

단위유역	2010년(기준년도)	2012년(최초년도)	2020년(최종년도)	연평균 증감율(%)
한강H	468,800.07	460,660.34	424,549.11	-0.98
한강I	282,873.37	280,629.88	262,796.45	-0.79
합계	751,673.44	741,290.22	687,345.56	-0.91

자료: 서울특별시. 2013. 서울특별시수질오염총량관리 기본계획.

<표 5> 단위유역별 T-P 발생부하량 현황 및 전망 (단위: kg/일)

단위유역	2010년(기준년도)	2012년(최초년도)	2020년(최종년도)	연평균 증감율(%)
한강H	12,331.440	12,134.988	11,240.464	-0.92
한강I	7,416.253	7,361.383	6,918.030	-0.75

자료: 서울특별시. 2013. 서울특별시수질오염총량관리 기본계획.

2) 배출부하량 현황 및 전망

앞선 차시에서 설명했듯이, 배출부하량이란 발생한 오염물질이 처리과정을 거쳐 삭감된 후에 공공수역으로 배출되거나 발생한 오염물질이 처리과정을 거치지 않고 직접 공공수역으로 배출되는 양을 의미한다.

한강H 단위유역의 BOD 배출부하량은 최초년도(2012년) 53,590.88kg/일에서 최종년도(2020년) 47,829.11kg/일로 연평균 1.34% 감소하는 것으로 나타났다. 한강I 단위유역은 BOD 배출부하량은 최초년도(2012년) 44,413.35kg/일에서 최종년도(2020년) 36,373.06kg/일로 연평균 2.26%의 감소하는 추세를 보였다(표 6).

T-P 배출부하량은 한강H 단위유역 경우, 최초년도(2012년) 4,567.779kg/일에서 최종년도(2020년) 2,016.672kg/일로 연평균 6.98% 감소하는 것으로 나타났다. 한강I 단위유역의 T-P 배출부하량은 최초년도(2012년) 4,908.150kg/일에서 최종년도(2020년) 1,795.788kg/일로 연평균 7.93% 감소하는 것으로 전망되었다(표 7).

BOD 및 T-P의 배출부하량은 서울시에서는 강서구가 경기도에서는 고양시가 가장 높았다.

<표 6> 단위유역별 BOD 배출부하량 현황 및 전망 (단위: kg/일)

단위유역	2010년(기준년도)	2012년(최초년도)	2020년(최종년도)	연평균 증감율(%)
한강H	54,084.21	53,590.88	47,829.11	-1.34
한강I	44,684.74	44,413.35	36,373.06	-2.26

자료: 서울특별시. 2013. 서울특별시수질오염총량관리 기본계획.

<표 7> 단위유역별 T-P 배출부하량 현황 및 전망 (단위: kg/일)

단위유역	2010년(기준년도)	2012년(최초년도)	2020년(최종년도)	연평균 증감율(%)
한강H	4,629.564	4,567.779	2,016.672	-6.98
한강I	5,359.456	4,908.150	1,795.788	-7.93

자료: 서울특별시. 2013. 서울특별시수질오염총량관리 기본계획.

[참고문헌]

- 서울특별시. 2013. 서울특별시수질오염총량관리 기본계획.