

탐진강수계 상수원 보호구역의 수질개선 방안에 따른 수질오염총량 부하량 저감 효과

김정수[†] · 이보람

전남대학교 건설 · 환경공학과

(2019년 10월 15일 접수, 2019년 10월 28일 수정, 2019년 10월 30일 채택)

Reduction Effect of Total Amount of Water Pollution in accordance with the Water Quality Improvement Plan of the Tam-jin River Water Source Protection Area

Jeong-Soo Kim[†] · Bo-Ram Lee

Department of Civil and Environmental Engineering, Graduate School, Chonnam National University

(Received 15, October 2019, Revised 28, October 2019, Accepted 30, October 2019)

Abstract

The water quality management plan of the protected area of the water source in the Tam-jin River water system is analyzed and the water quality improvement and optimal management measures of the water source are taken. And Analyze the effects of existing suggestions and perform an analysis only on measures that can be taken to calculate the reduction load through the management measures of the source of pollution in the water source management area near the Ju-am Lake and the Tam-jin Lake. It also presents additional water quality improvement measures to enhance the efficiency of water quality management.

Keywords : Water quality management plan, Reduction effect, Efficiency analysis

1. 서론

탐진강수계에 위치한 주암호와 탐진호는 광주광역시 및 전라남도의 주요 상수원이다. 주암호와 탐진호 주변에는 대해 각종 오염원과 유해물질로부터 취수원을 보호하여 깨끗한 상수원을 확보하기 위하여 상수원 보호구역, 공장설립 제한지역, 공장설립 승인지역을 설정하고, 향후 수질관리, 보전 및 개선을 위한 체계적인 중·장기계획을 수립·시행하는

목적 하에 수립된 상수원 수질관리계획을 수립하여 관리한다. 상수원 수질관리계획상의 상수원보호구역 내 각종 오염원에 대한 관리계획의 수질관리 방안을 조사하여 부하량의 저감효과를 분석하고 부하량 저감효과와 기타 신규 관리계획을 도출하여 탐진강수계 지역의 상수원 관리의 계획에 활용하도록 제안한다.

2. 조사 방법

[†]Corresponding author E-mail: 01094305684@daum.net

2.1. 조사지역 범위

조사지역은 행정구역상 보성군 주암호 광역상수원 계획지역 면적은 222.867 km²(별교읍 0.311 km², 검백면 46.802 km², 울어면 48.524 km², 복내면 67.211 km², 문덕면 60.019 km²)(Fig. 1), 장흥군 탐진호 및 주암호 광역상수원 계획지역 면적은 117.787 km²(유치면 110.258 km², 장평면 7.5291 km²)(Fig. 2), 강진군 탐진호 광역상수원 계획지역 면적은 29.624 km²(옴천면 29.624 km²)(Fig. 3)이다.

위의 지역 중 광역상수원 보호구역으로 관리하는 지역은 보성군 0.747 km², 장흥군 10.485 km², 강진군 12.920 km²로 구성되고, 공장설립제한지역은 보성군 0.000 km², 장흥군 14.748 km², 강진군 0.000 km²로 구성되며, 공장설립 승인지역은 보성군 210.650 km², 장흥군 92.573 km², 강진군 16.704 km²로 구성되어 관리를 시행하고 있다.

인근의 주암호와 탐진호에 의한 광역상수원 계획지역 이외의 상수원을 지방상수원의



Fig. 1. 보성군 광역·지방 상수원 관리지역

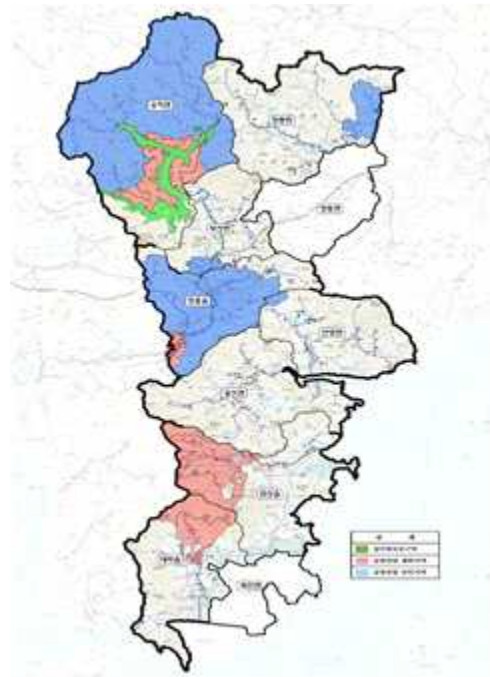


Fig. 2. 장흥군 광역·지방 상수원 관리지역



Fig. 3. 강진군 광역 상수원 관리지역

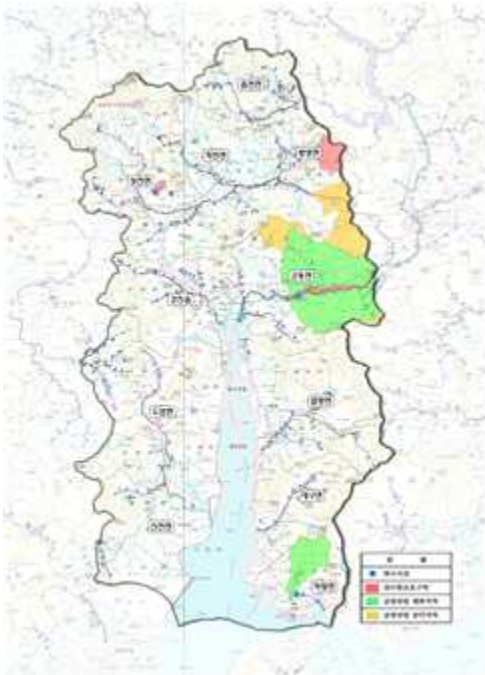


Fig. 4. 강진군 지방 상수원 관리지역

계획지역으로 구분하는데 면적은 보성군 162.785 km²(보성읍 34.021 km², 노동면 46.936 km², 미력면 30.695 km², 득량면 49.686 km², 회천면 1.447 km²), 장흥군 82.364 km²(관산읍 21.487 km², 대덕읍 13.087 km², 부산면 2.298 km², 안양면 0.9401 km², 장흥읍 44.552 km²), 강진군 48.842 km²(군동면 36.045 km², 대구면 0.002 km², 마량면 6.258 km², 병영면 6.197 km², 성전면 0.340 km²)(Fig. 4)이다.

위의 지역 중 지방상수원 보호구역으로 관리하는 지역은 보성군 1.900 km², 장흥군 0.000 km², 강진군 4.863 km²로 구성되고, 공장설립제한지역은 보성군 62.701 km², 장흥군 86.246 km², 강진군 32.293 km²로 구성되며, 공장설립승인지역은 보성군 98.184 km², 장흥군 45.420 km², 강진군 11.687 km²로 구성되어 관리를 시행하고 있다.

이상의 지역에 대하여 3개 지자체에서 상수원 관리계획을 수립하였던 자료를 검토하여 삭감시설의 효율을 비교 하였다.

Table. 1. 오염원 예측시 사용한 산정 방법

수학적 추정방법	
1) 연평균증가율	$y = (p_n/p_0)^{(1/x-1)}$
2) 등차급수법	$y = ax + b$
3) 등비급수법	$y = a(1 + b)^x$
4) 지수함수법	$y = k - ab^x$
y = 추정치 x = 결과연수	
p_n = 최종년도 값 p_0 = 시작년도 값	
k = 극한값 a, b, c = 매개변수	

2.2. 오염원 예측 방법

전국오염원조사 자료의 2010~2014년 자료를 활용하여 1단계인 2020년과 2단계인 2025년의 장래 오염원에 대한 전망은 오수배출시설(생활계), 가축분뇨배출시설(축산계) 및 폐수배출시설(산업계)로 구분하였으며, 전국오염원 자료를 바탕으로 연평균증가율, 등차급수, 등비급수, 지수함수 등의 수학적 방법으로 장래 오염원 전망을 추정하였다.

결정계수 산정은 4가지 방법으로 장래 오염원 전망 추정 후, 최대값과 최소값을 제외한 나머지 추정값의 평균으로 산정하여 장래를 전망하였으며 그 산정방법은 다음의 Table 1과 같다.

또한 과거 5년간의 추이가 증·감소를 보이지 않을 시에는 여건에 따라 과거 평균치를 적용하거나 2014년의 값이 장래에도 정해지는 것으로 전망하였다(Table 2).

축산계 및 산업계의 자료는 예측시 변동이 커서 증감을 적용의 한계로 2014년 전국오염원조사의 결과가 2025년까지 동일하다고 예측하고, 토지계 오염원 자료는 변동의 유무가 상수원보호구역과 공장설립 제한지역 및 승인지역으로 변동이 크지 않을 것으로 사료되어 2014년 전국오염원조사의 결과가 2025년까지 동일하다고 예측하였다.

2.3. 오염 부하량 산정방법

예측된 오염원을 기준으로 수질오염총량관리 기술지침에 따른 오염 부하량 BOD 발생 부하량(Table 3)과 T-P 발생부하량(Table 4)을 산정하였다.

오염원별 BOD 발생부하량(Table 5)과 T-P 발생부하량(Table 6)의 비율을 구분하여 보면 발생량은 광역상수원은 규제에 의하여 산업 시설에 의한 발생량이 적으나 지방상수원 지역은 산업시설에 의한 발생량이 가장 많다.

그러나 산업시설은 처리를 거쳐 실제적인 수질의 영향은 크지 않지만 다음으로 많은 분포를 보이는 축산시설의 영향이 배출부하량에 가장 큰 영향을 미친것으로 사료된다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 오염원 예측결과

오염원중 인구는 광역상수원은 주암호 인근 상수원보호구역의 영향으로 보성군이 가장 많고 전체적으로 감소하는 것으로 예측하였고, 지방상수원은 장흥군이 가장 많고 전체적으로 증가하는 것으로 예측하였다(Table 2).

3.2. 오염부하량 산정 결과

BOD 발생부하량은 광역상수원에서는 인구

Table 2. 계획 지역 내 인구 예측

구분	시군구	계획구역 인구현황 및 예측(인)			
		2014	2016	2020	2025
광역상수원	보성군	5,384	5,266	5,039	4,799
	장흥군	1,438	1,447	1,490	1,573
	강진군	834	759	638	541
	소계	7,656	7,472	7,167	6,913
지방상수원	보성군	14,997	14,796	14,552	15,013
	장흥군	18,009	18,822	20,716	23,633
	강진군	2,091	2,067	2,028	2,015
	소계	35,097	35,685	37,296	40,661

Table 3. 계획 지역 내 BOD 발생부하량

구분	시군구	BOD 발생부하량 현황 및 예측(kg/일)			
		2014	2016	2020	2025
광역상수원	보성군	3,608.9	3,603.2	3,592.1	3,580.5
	장흥군	1,769.9	1,769.2	1,771.3	1,775.3
	강진군	1,456.5	1,452.8	1,446.9	1,442.2
	소계	6,835.3	6,825.2	6,810.4	6,798.1
지방상수원	보성군	24,110.8	24,192.0	24,177.8	24,199.2
	장흥군	11,246.7	11,287.4	11,382.2	11,528.0
	강진군	1,905.1	1,903.9	1,902.0	1,901.3
	소계	37,262.7	37,383.4	37,462.1	37,628.6

Table 4. 계획 지역 내 T-P 발생부하량

구분	시군구	T-P 발생부하량 현황 및 예측(kg/일)			
		2014	2016	2020	2025
광역상수원	보성군	231.86	231.68	231.36	231.01
	장흥군	119.18	119.16	119.22	119.34
	강진군	99.06	98.95	98.78	98.63
	소계	450.11	449.80	449.36	448.99
지방상수원	보성군	703.92	703.37	703.07	703.76
	장흥군	472.58	473.63	476.10	479.93
	강진군	136.64	136.60	136.55	136.53
	소계	1,313.15	1,313.61	1,315.72	1,320.23

의 오염원과 비슷하게 보성군이 가장 많이 발생하고 점차 감소하였고, 지방상수원에서는 보성군의 다른 오염원의 영향으로 보성군이 가장 많은 발생부하량이 산정되었다(Table 3).

T-P 발생부하량은 광역상수원에서는 인구의 오염원과 비슷하게 보성군이 가장 많이 발생하고 점차 감소하였고, 지방상수원에서는 보성군의 다른 오염원의 영향으로 보성군이 가장 많은 발생부하량이 산정되었다(Table 4).

발생부하량의 영향은 인구의 영향을 직접적으로 받지는 않은 것으로 사료된다.

BOD 발생부하량을 오염원별로 분류했을때 광역상수원에서는 축산계의 영향이 가장 많은 것으로 조사되었고 지방상수원에서는 산

업계가 가장 많았으며 그뒤로 축산계의 영향이 큰 것으로 조사되었다(Table 5).

T-P 발생부하량을 오염원별로 분류했을 때 광역상수원과 지방상수원 모두 축산계의 영향이 가장 많은 것으로 조사되었고 지방상수원에서는 산업계가 그뒤로 영향이 큰 것으로 조사되었다(Table 6).

따라서 발생부하량의 영향은 인구의 영향보다 축산시설의 영향이 배출부하량에 가장 큰 영향을 미치는 것으로 사료된다.

3.3. 상수원 수질관리 방안

탐진강수계의 상수원 관리계획은 크게 3가지로 수립하였다.

첫 번째로 신규 하수처리시설 건설 및 하수관거 확대 등의 하수처리 구역의 확대,

두 번째로 관리시설 장비 확보로 오염사고 및 관리시 수질오염사고 발생을 예방하고 관리의 편의를 위한 계획, 농어촌 폐기물 등의 무단투기로 인한 수질악화를 방지하기 위하여 홍보 및 폐기물 투기 감시활동,

세 번째로 축산시설의 관리소홀로 인한 축산분뇨의 유출 등의 영향으로 인한 수질을 개선하고자 하는 방안으로 구분하였다.

첫 번째 하수처리 구역의 확대방안으로 저감부하량을 2020년 발생량 기준으로 산정한 결과 보성군은 7개소로 BOD 68.46 kg/일, T-P 1.100 kg/일(광역상수원 관리지역에 3개소 BOD 21.32 kg/일, T-P 0.228 kg/일, 지방상수원 관리지역에 4개소 BOD 47.14 kg/일, T-P : 0.872 kg/일)로 예측 되었다.

장흥군은 지방상수원 관리지역에만 3개소로 BOD 28.80 kg/일, T-P : 0.409 kg/일로 예측 되었다. 강진군은 지방상수원 관리지역에만 3개소로 BOD 14.74 kg/일, T-P 0.210 kg/일로 예측 되었다.

하수처리 구역의 확대방안은 오염원의 특성이 점오염원으로 관리와 저감부하량을 쉽게 확인할 수 있으나 다른 두 가지 방법은 저감량

Table. 5. 오염원별 BOD 발생 부하량

구분	시군구	BOD발생 부하량 현황 및 예측(kg/일)			
		2014	2016	2020	2025
광역상수원	생활계	373.2	363.1	348.3	335.9
	축산계	5,052.2	5,052.2	5,052.2	5,052.2
	산업계	8.2	8.2	8.2	8.2
	토지계	1,401.6	1,401.6	1,401.6	1,401.6
	소계	6,835.3	6,825.2	6,810.4	6,798.1
지방상수원	생활계	1,746.6	1,867.3	1,946.0	2,112.4
	축산계	13,196.3	13,196.3	13,196.3	13,196.3
	산업계	20,128.4	20,128.4	20,128.4	20,128.4
	토지계	2,191.3	2,191.3	2,191.3	2,191.3
	소계	37,262.7	37,383.4	37,462.1	37,628.6

Table. 6. 오염원별 T-P 발생 부하량

구분	시군구	T-P발생 부하량 현황 및 예측(kg/일)			
		2014	2016	2020	2025
광역상수원	생활계	11.13	10.83	10.39	10.02
	축산계	351.92	351.92	351.92	351.92
	산업계	0.01	0.01	0.01	0.01
	토지계	87.03	87.03	87.03	87.03
	소계	450.11	449.80	449.36	448.99
지방상수원	생활계	48.06	48.53	50.64	55.14
	축산계	958.02	958.02	958.02	958.02
	산업계	200.25	200.25	200.25	200.25
	토지계	106.79	106.79	106.79	106.79
	소계	1,313.14	1,313.61	1,315.72	1,320.23

을 산정하기 어려운 문제가 있어 본 연구에서 정확한 부하량 저감량을 산정하지 못하였다.

4. 결 론

탐진강수계의 상수원 관리를 위한 수질관리계획 중 확실한 방안으로 많은 비중의 예산을 투입한 하수처리시설의 확대가 있으나, 많은 예산을 투입한 효과가 전체 발생부하량 중 처리하는 저감부하량이 크지 않다(Table 7).

따라서 이외에도 발생오염원의 많은 부분을 차지하고 있는 축산계 시설의 관리를 위한 홍보 및 지도단속이 중요하며, BOD 발생부하

Table. 7. 계획 지역 내 전체 관리예산 비율

시군구	구분	시군별 예산중 비율%	
		2016~2020	2021~2025
보성군	하수처리구역 확대	99.76%	0.00%
	관리시설장비 확보	0.08%	0.06%
	교육 홍보	0.05%	0.05%
장흥군	하수처리구역 확대	98.93%	0.00%
	관리시설장비 확보	0.51%	0.00%
	교육 홍보	0.21%	0.35%
강진군	하수처리구역 확대	57.06%	41.71%
	관리시설장비 확보	0.98%	0.13%
	교육 홍보	0.09%	0.03%

량중 가장 많았던 산업시설에 대하여는 처리가 이루어져 배출부하량이 최소화 될 수 있도록 처리시설에 대한 관리감독을 증가하는 등의 추가 관리 방안이 포함될 필요가 있다.

타 지역의 상수원 관리계획상에는 상수원 인근의 주유소 및 유류저장 시설 등의 관리와 비상시 대응 방안 등에 대한 계획도 이루어지고 있어 광주광역시와 전라남도의 주요 상수원인 주암호와 탐진호의 상수원 관리시 이를 반영하여 기존의 계획과 함께 상수원 관리계획을 수립하여 관리하여 상수원의 향후 수질의 개선 및 유지 효과를 기대할 수 있을 것이다.

References

1. 2016 ~ 2025 보성군 주암댐 광역상수원 수질관리계획 수립(2017. 03), 보성군
2. 2016 ~ 2025 보성군 지방상수원 수질관리계획 수립(2017. 03), 보성군
3. 2016 ~ 2025 강진군 광역상수원 수질관리계획 수립(2017. 03), 강진군
4. 2016 ~ 2025 강진군 지방상수원 수질관리계획 수립(2017. 07), 강진군
5. 2016 ~ 2025 장흥군 광역상수원 수질관리계획 수립(2017. 11), 장흥군

6. 전라남도 함평군 상수원 수질관리계획 수립 기본계획 보고서(2018. 07), 함평군