

## 진위천 수계의 수질오염총량제 시행에 따른 지역개발과 삭감계획 평가

### Evaluation of the Development and Reduction Scheme under Implementation Plan of Total Maximum Daily Loads in the Jinwi Watershed

한미덕 · 안기홍 · 류지철 · 손지영 · 박배경<sup>†</sup> · 김용석

Mideok Han · Ki Hong Ahn · Jichul Ryu · Jeeyong Son · Bae Kyung Park<sup>†</sup> · Young Seok Kim

국립환경과학원 유역총량연구과

Watershed and Total Load Management Division, National Institute of Environmental Research

(2014년 4월 25일 접수, 2014년 6월 9일 수정, 2014년 6월 17일 채택)

**Abstract :** The development and reduction scheme under implementation plan of TMDLs were performed in the Jinwi watershed including 8 cities (Gunpo, Yongin, Suwon, Anseong, Osan, Uiwang, Pyeongtaek and Hwaseong) since 2012. Progress of the annual development schemes was faster than the reduction schemes in most of the cities during the planning period. Main load reduction methods included establishment and enlargement of sewage treatment plants, resources of livestock excretions, and introduction of best management practices of non-point source pollution. Especially, reduction load using recycling and composting of livestock excretions comprised 34.1% of all reduction load. It is necessary to implement methodical development and reduction scheme for making of successful performance of TMDLs and water quality improvement in the Jinwi watershed.

**Key Words :** Allocation load, Development plan, Jinwi watershed, Reduction load, TMDLs

**요약 :** 본 연구에서는 2012년부터 수질오염총량관리 시행계획이 시행중인 진위천 수계의 연차별 지역개발 및 삭감계획을 평가하여 최종년도 할당부하량 및 목표수질을 만족하기 위한 방향성을 제시하고자 하였다. 진위천 수계 8개 자치단체의 시행계획을 분석한 결과, 대부분의 지자체에서 삭감계획보다 개발계획의 연차별 진행률이 빠른 경향을 보였다. 군포시, 용인시, 화성시는 2020년, 평택시는 2018년, 안성시는 2015년, 오산시는 2019년이 되어서야 삭감계획 진행률이 개발계획 진행률 보다 높거나 같아졌다. 주요 삭감방법은 하수처리시설 신증설, 방류수질 개선, 축산폐수 및 고형물의 자원화, 비점저감시설 확충 등이었으며, 특히 축산산업이 활발한 지역의 특성이 반영되어 총 삭감률 중 가장 높은 비율을 차지하는 삭감방법은 축산폐수 및 고형물의 자원화로 삭감률은 34.1%에 해당되었다. 진위천 수계의 수질오염총량제가 성공적으로 정착하기 위해서는 삭감계획 및 지역개발계획의 체계적인 관리를 포함하여 기초자치단체의 적극적인 의지가 무엇보다 중요할 것으로 판단된다.

**주제어 :** 삭감부하량, 수질오염총량제, 지역개발계획, 진위천 수계, 할당부하량

## 1. 서론

현재 우리나라 4대강 수계에서는 단위유역 내에서 배출되는 오염물질의 총량을 목표수질을 달성할 수 있는 허용부하량 이내로 규제·관리하기 위한 수질오염총량제를 「한강수계 상수원 수질개선 및 주민지원 등에 관한 법률」(이하 한강수계법), 「낙동강수계 물관리 및 주민지원 등에 관한 법률」, 「금강수계 물관리 및 주민지원 등에 관한 법률」, 「영산강·섬진강수계 물관리 및 주민지원 등에 관한 법률」(이하 3대강 수계법)에 근거하여 실시하고 있다. 진위천 수계는 이와는 별도로 「수질 및 수생태계 보전에 관한 법률」(이하 수생태법)에 근거하여 2012년부터 경기도 8개 기초자치단체에서 시행계획이 수립되어 추진중에 있다. 진위천 수계는 법적 근거의 차이점 이외에도 관리대상물질, 목표수질 설정기준 등이 다르게 적용되고 있다. 4대강 수계는 BOD<sub>5</sub>와 T-P가 대상물질이나, 진위천 수계는 BOD<sub>5</sub>만을 관리하고 있다. 목표수질 설정기준도 진위천 수계는 수계이용현황 및 수질상태 등을 고려하여 설정하는 것을 원칙으로 하였으나 한강 수계는 좋은 등급 이상, 3대강 수계는 약

간 좋은 등급 이상으로 설정하도록 기준을 제시하고 있다.

주요 상수원이 아닌 진위천 수계에 수질오염총량제가 도입된 이유는 유역내 다수의 개발이 활발하게 이루어지고, 유량이 비교적 적으며 유속이 느린 유역특성에 따라 유역내 수질이 급격하게 악화되었기 때문이다.<sup>1,2)</sup> 기본계획의 기준년도인 2009년에 단위유역 말단의 BOD<sub>5</sub> 농도가 13.0 mg/L로 VI등급(생활환경 기준)을 나타냈다. 또한 수생태법 제24조(대리역 수질보전 기본계획의 수립)에 의한 물환경 관리, 수생태계 보전을 위한 정부의 최상위 계획에서 안성천 수계의 2015년 목표수질을 3.2 mg/L로 설정함에 따라 안성천 수계의 상류에 위치하면서 주요 오염원이 밀집되어있는 진위천 유역의 오염원 관리가 물환경관리 기본계획의 목표수질 달성을 위해서 담보되어야 하는 상황이 되었다. 그러나 상기 계획의 경우 이행에 대한 강제성 및 미이행시 부과되는 패널티 등이 마련되어 있지 않아 목표수질을 담보할 수 있는 관리계획이 요구되었고 그러한 맥락으로 진위천 수계의 수질오염총량제가 환경부, 경기도, 기초자치단체간의 합의 통해서 시행되었다.

지금까지 진위천 수계의 수질오염총량제 추진상황에 대한

<sup>†</sup> Corresponding author E-mail: bkpark67@korea.kr Tel: 032-560-7403 Fax: 032-568-2044

소개 및 분석 등에 대한 연구는 거의 이루어지지 않았다. 본 연구에서는 우리나라 기타 수계로서 유일하게 2012년부터 수질오염총량제가 추진중인 진위천 수계의 개발 및 삭감 계획을 분석·평가하고 2020년 최종 목표수질 및 목표부하량을 달성하기 위한 과제 및 방향 등을 제시함으로써 향후 유사한 지역의 오염물질 관리계획 수립 및 정책 추진시 도움이 될 수 있도록 하였다.

## 2. 연구범위 및 방법

### 2.1. 단위유역 현황

진위천 수계의 수질오염총량제 수계구간은 2009년, 환경부장관에 의해서 고시되었으며 진위천, 오산천, 황구지천의 발원지부터 안성천 합류점 전까지 전 구간 및 유역으로 정의되는 진위A 단위유역이다. 본 단위유역의 목표수질 설정구간은 진위천 본류와 안성천이 합류되는 지점으로 진위천 본류 중점(경기도 평택시 궁안교)에 대해서 BOD<sub>5</sub> 6.6 mg/L로 목표수질이 2011년에 고시되었다. 총량계획을 수립해야하는 행정구역은 경기도 군포시, 용인시, 수원시, 안성시, 오산시, 의왕시, 평택시, 화성시가 해당된다. 각 지자체별 진위A 단위유역 점유율은 수원시와 오산시는 전 지역이 100% 해당되며 용인시 33.9%, 평택시 31.5%, 화성시 25.8%, 의왕시 20.0%, 군포시 11.4%, 안성시 6.5%이다 (Fig. 1).

본 대상지역은 총 유역면적이 735.22 km<sup>2</sup>이며 국가하천인 안성천의 제1지류로서 용인시 남사면과 이동면에서 시작하여 안성시 양성면과 원곡면을 향하여 동에서 서측으로 흐르다가 평택시 진위면 하북리 남단에서 오산천과 합류하여 흐르는 유하특성을 가지고 있다. 토지이용 형태는 2012년을 기준으로 전 8.9%, 답 19.1%, 임야 35.6%, 대지 23.2%, 기타 13.2%로 임야를 제외하고 대지가 차지하는 비중이 가장 높은 도농지역이다(Table 1). 지자체별로는 군포시, 안성시, 용인시, 화성시가 지목별 점유율중 임야가 가장 높은 비중을 보였고, 수원시, 오산시, 의왕시는 대지 비중이 가장 높게 나타났다. 평택시는 유일하게 답의 점유율이 가장 높게 나타나는 등 지자체별로 토지이용별 특징이 다르게 나타났다.

Table 1. Land uses types of Jinwi watershed in 2012

City	Percent(%)				
	Upland	Paddy	Forest	Site area	Others
Gunpo	20.6%	11.5%	37.2%	20.1%	10.6%
Yongin	5.9%	11.9%	53.9%	16.0%	12.2%
Suwon	7.6%	12.0%	22.5%	43.2%	14.7%
Anseong	5.5%	12.8%	66.4%	7.0%	8.3%
Osan	10.3%	15.7%	27.3%	37.2%	9.5%
Uiwang	19.6%	10.7%	27.0%	31.0%	11.8%
Pyeongtaek	10.1%	35.5%	19.6%	16.4%	18.3%
Hwaseong	11.5%	22.0%	32.7%	22.6%	11.3%
Sum	8.9%	19.1%	35.6%	23.2%	13.2%

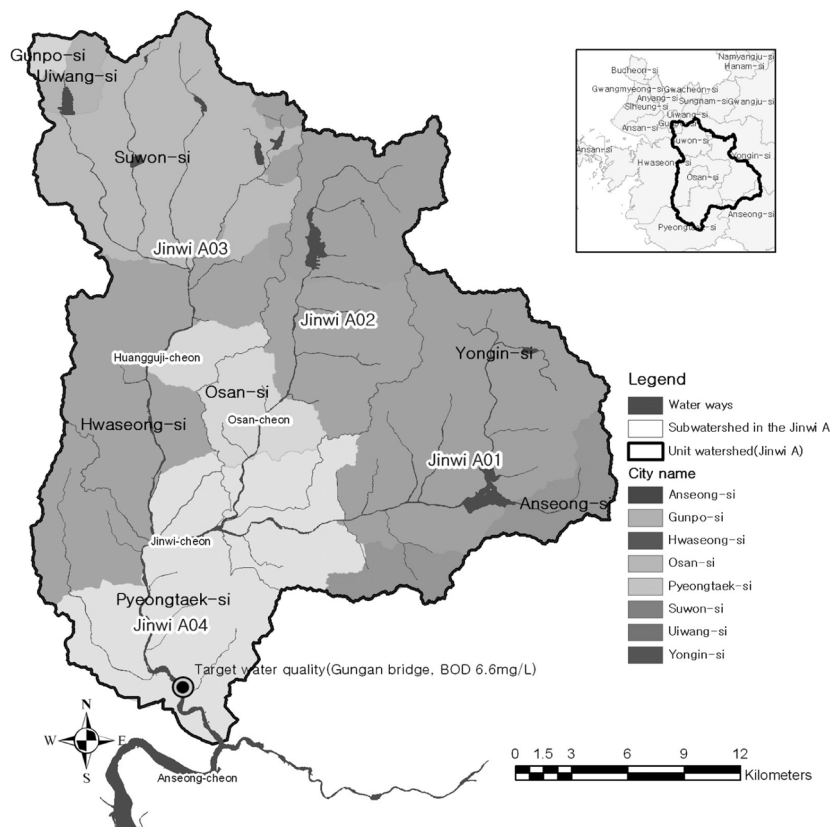


Fig. 1. Study area (Jinwi A unit watershed).

## 2.2. 진위천 수계 수질오염총량제 개요

경기도가 수립한 진위천 수계의 기본계획은 2010년 12월에 최초로 환경부로부터 승인되었고, 2013년 1월에 추가개발 및 추가삭감 등을 반영하여 기본계획 변경이 이루어졌다. 8개 기초자치 단체에서 수립한 시행계획은 2013년 6월에 경기도로부터 승인되었으며, 계획기간은 2012년 1월부터 2020년 12월까지로 2013년에 2012년도에 대한 이행평가가 마무리된 상태이다. 기본계획 수립당시 기준수질은 7.6 mg/L, 유달부하량은 8,423.1 kg/일, 기준유량은 14.77 CMS(저수기)이다.<sup>3)</sup>

타 수계와 구별되는 특징 중의 하나는 진위천 수계의 기준유량에서 찾아볼 수 있다. 기준유량(저수량) 중 자연유량은 26.7%인 3.943 CMS, 인위적 유입유량은 73.3%인 10.828 CMS가 적용되었다. 이는 물수지 순환과정상 단위유역 이외의 지역으로부터 공급되는 광역용수량에 기인한 것으로 판단된다. 인위적인 유입유량의 상당량은 공공하수처리시설의 방류량 형태로 유입되며 진위A03 소유역에 위치하고 있는 수원 공공하수처리시설의 방류유량이 인위적인 유입유량의 50% 이상인 것으로 산정되어 반영되었기 때문이다. 이러한 유량 물질수지의 패턴으로부터 진위천 수계의 하천수질에 미치는 공공하수처리시설의 방류수질의 영향이 유달을 등을 고려한다고 하여도 매우 지배적일 것으로 판단된다.

본 연구에서는 위와 같은 유역특성을 보이는 진위천 수계의 수질오염총량관리 시행계획에 수록되어 있는 연차별 지역개발 및 삭감계획을 분석하고 평가하였으며, 2012년도 이행평가 결과를 바탕으로 최종년도 할당부하량 및 목표수질을 달성하기 위해서 필요한 내용 등을 제안하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1. 연차별 개발 및 삭감계획

진위천 수계는 수생태법 시행규칙 제11조에 의해서 총량관리 기본계획을 수립하여야 하는 연도를 기준으로 10년 단위로 수립하도록 되어 있다. 따라서 진위천 수계의 각 지자체별 시행계획은 2012년부터 2020년까지 계획되었으며 2013년 6월에 경기도로부터 최종 승인되었다. 시행계획에는 계획의 개요, 유역 및 오염원 현황, 개발계획 및 삭감계획, 오염부하량, 수질모델링, 연차별 총량관리 부하량, 삭감이행계획, 이행관리계획 등의 내용이 포함되어야 하며, 삭감계획 및 개발계획에 대해서는 연차별로 수립되어야 한다. 진위천 수계에 포함된 8개 시의 개발 및 삭감계획의 연차별 배분현황을 분석한 결과는 Fig. 2와 같으며 대부분의 지자체에서 삭감계획보다 개발계획의 연차별 진행률이 빠른 경향을 보였다.<sup>4-11)</sup>

군포시, 용인시, 화성시는 2020년, 평택시는 2018년, 안성시는 2015년, 오산시는 2019년이 되어야 삭감계획 진행율이 개발계획 진행율보다 높거나 같아졌다. 수원시와 의

왕시는 최종년도 대비 누적삭감율이 일정한 패턴을 보이는 것이 아닌 중간 경과년도에 높아졌다가 다시 낮아지는 경향을 보였다. 그 원인은 일부 삭감계획의 경우 시행전 대비 비점오염 부하량을 증가시키는 결과를 초래하기 때문으로 판단된다.

연차별 삭감계획의 분석결과, 대부분의 지자체 시행계획에서 삭감계획의 상당 부분이 계획기간 후반기에 분포하는 것으로 확인되었다. 이러한 계획은 연차별 분배시 도시계획, 하수도정비기본계획 등의 타 부서 계획들과 연계되어 수립되었지만 해당 계획의 수립이 지연되거나 취소될 경우 최종년도 할당부하량을 준수하기 어려운 상황이 될 수 있다.

2004년 광주시를 시작으로 팔당댐 상류의 7개 시군에서 실시된 한강수계 임의제 오염총량관리계획상의 삭감계획 이행율을 평가한 결과, 가평군 28.5%, 광주시 56.4%, 남양주시 57.1%, 양평군 63.2%, 여주군 74.2%, 용인시 65.6%, 이천시 30.6%의 이행률을 보여 계획된 삭감내용을 완전하게 시행하는 데는 예산 및 타 계획의 변경 등의 원인으로 한계가 있음이 확인된 바 있다. 문제는 이러한 삭감계획이 단순히 계획의 미이행으로 끝나는 것이 아니라 할당부하량 및 목표수질 관리에 영향을 주게 된다는 점이다. 한강수계 임의제 지역의 경우에도 총 32개 단위유역 중 6개 단위유역이 할당부하량을 초과하였으며 초과 원인의 대부분이 하수처리장 준공지연, 하수처리율제고 지연 등으로 분석되었다.

진위천 수계 시행계획에서는 점오염원과 비점오염원을 구분하여 장래예측 및 수질모델링을 실시하고 2020년까지 준수해야 하는 연차별 할당부하량을 각각 제시하였다. 따라서 삭감 및 개발 부하량도 점과 비점을 구분하여 계획하였다. 삭감계획의 경우 2020년까지의 총 삭감부하량 중 비점 삭감부하량이 차지하는 비중은 수원시가 45.3%로 가장 높았고 그 다음으로 화성시 19.3%, 용인시 16.3%, 오산시, 군포시, 안성시, 의왕시, 평택시는 0%로 나타났다. 즉, 대부분의 삭감계획이 점 삭감에 편중되어 있으며 비점오염원이 초과할 경우 적절한 대책을 수립하기가 어려운 점이 있다.

### 3.2. 지역개발사업에 대한 분석

수질오염총량제의 관리대상이 되는 지역개발사업은 수질오염총량관리기본방침 제27조에 의해서 명확하게 정의되어 있으며, 일정규모 이상인 대부분의 개발사업을 포함한다. 각 지자체별 개발계획에 포함된 계획의 종류는 공동주택사업, 교통망 확충사업, 단지개발사업, 시설계획사업, 지구단위사업, 택지개발사업 등으로 구분되어 수립되었으며 구체적인 개발계획 종류별 개발건수, 배출부하량 및 지역개발 할당부하량 대비 개발계획 비율에 대한 내용을 Table 2에 제시하였다.

개발계획 종류별로는 건수 기준으로 시설계획사업이 374건으로 가장 많았으며, 배출부하량 기준으로는 단지개발사업 부하량이 4,348.02 kg/day로 가장 높은 비중을 차지했다. 지역개발 할당부하량 대비 구체적인 개발계획에 대한 배출

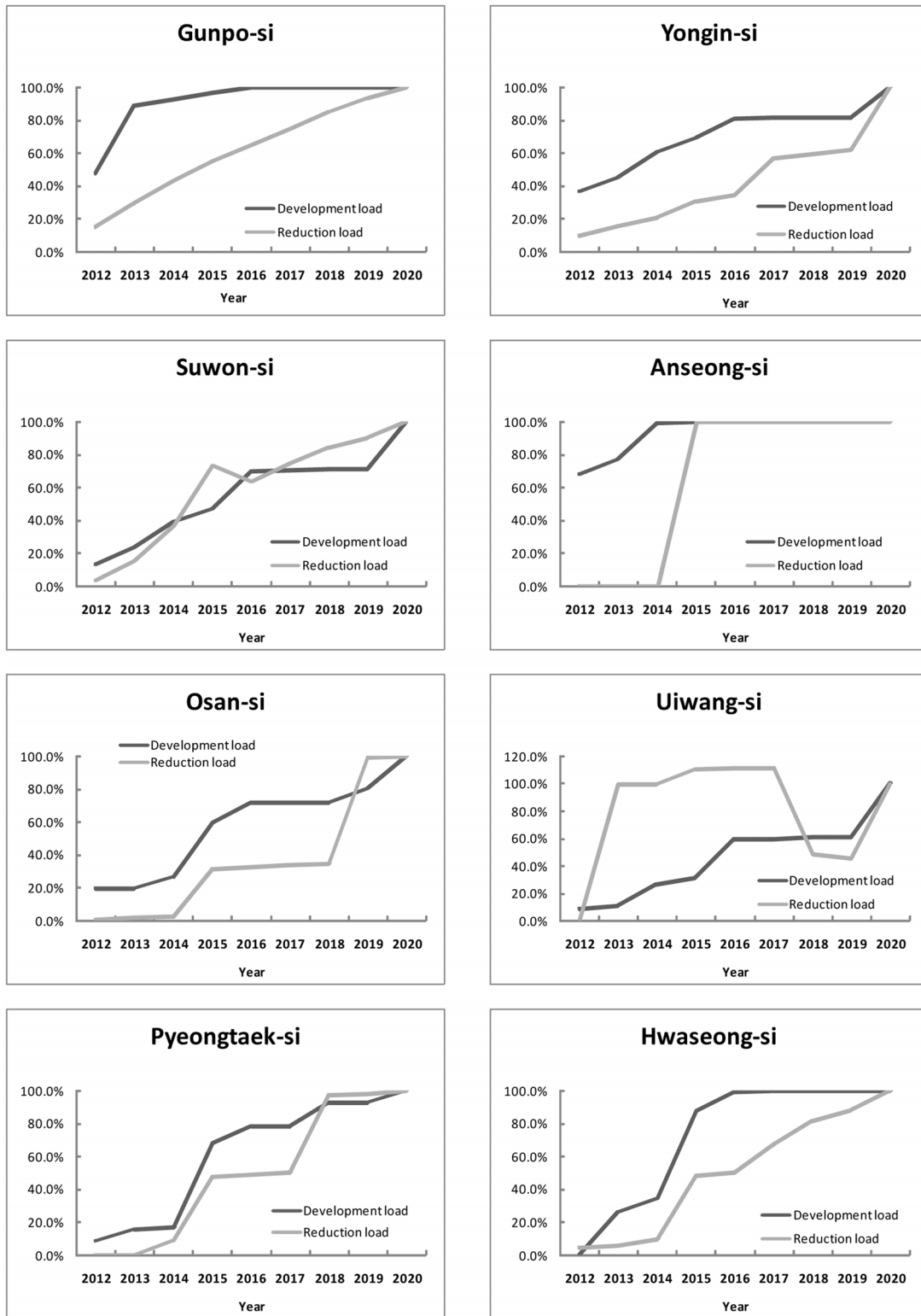


Fig. 2. Annual development and reduction scheme of each city in Jinwi A.

부하량 비율을 분석한 결과에서는 군포, 안성, 의왕의 경우는 50% 이상의 추가적인 개발 여력을 유지하고 있는 반면, 오산, 용인, 수원, 평택, 화성시의 경우는 지역개발을 위해 할당된 부하량의 대부분을 이미 기존의 시행계획에서 소진한 것으로 나타났다. 현재 시행계획에서 할당량 대부분을 소진

한 지자체의 경우는 새로운 개발사업에 대한 협의 및 진행 등에 어려움을 겪을 수 있기 때문에 기존에 계획되었던 개발사업 중 진행 가능성이 낮거나 취소된 개발사업을 정확하게 파악하여 주어진 할당량내에서 진행될 수 있도록 조치해야 할 것이다.

Table 2. Detailed plan and allocated load for development

City	Development plans							Allocated load for development (B)	(A)/(B) (%)	
	Apartment House	Traffic network	Complex development	Facilities	District unit	Housing land	Sum (A)			
Gunpo	n <sup>a)</sup>						2	2		
	load <sup>b)</sup>						3,02	3,02	75,38	4,0
Yongin	n	19	47	40	58	7	2	173		
	load	86,59	152,07	240,15	374,68	277,41	162,99	1,293,89	1,460,06	88,6
Suwon	n	62	71	32	40	27	2	234		
	load	232,19	99,96	627,46	198,95	299,28	564,87	2,022,71	2,174,39	93,0
Anseong	n				30			30		
	load				48,46			48,46	144,08	33,6
Osan	n		14	11	6	15	4	50		
	load		44,75	237,62	25,35	342,21	142,06	791,99	1,243,65	63,7
Uiwang	n		9	1	5	5		20		
	load		20,82	22,79	2,63	15,89		62,13	180,51	34,4
Pyeongtaek	n	6	10	12	87	7	1	123		
	load	12,06	33,00	2,217,70	274,77	70,80	0,00	2,608,33	3,256,90	80,1
Hwaseong	n	14	18	9	148	19	12	220		
	load	233,54	101,20	1,002,30	126,80	153,01	1,603,40	3,220,25	3,228,99	99,7
Sum	n	101	122	105	317	73	21	739		
	load	564,38	451,80	4,348,02	1,051,64	1,158,60	2,476,34	10,050,78	11,763,96	85,4

<sup>a)</sup> n: planned development number

<sup>b)</sup> load: BOD<sub>5</sub> discharge load from development plan

용인시와 수원시는 개발계획 종류별로 배출부하량의 편차가 크지 않은 반면 평택시는 단지개발사업, 화성시는 단지개발 및 택지개발사업에 편중되어 있는 특징을 보였다. 해당 지자체의 경우 국제화 산업단지 및 대규모 신도시 개발사업 등이 활발하게 진행되고 있고 개발 수요가 최근 급격하게 증가하는 지역으로 파악된다. 따라서 대규모 개발사업이 계획되어 있는 지자체의 경우 삭감계획이 지연될 경우 해당 개발사업의 준공년도 지연 및 추가삭감 확보 등 적절한 대응책 마련이 우선시 되어야 할 것이다.

### 3.3. 오염원별 삭감방법 분석

진위천 수계의 목표수질 및 할당부하량을 준수하기 위해 각 지자체들이 제시한 삭감방법으로는 생활계 오염부하량 삭감을 위한 하수처리장의 신증설, 하수처리구역 확대 및 처리율 제고, 방류수질 개선, 관거정비, 축산계 오염원 자원화, 토지계 오염부하량 삭감을 위한 비점저감시설 확충 등이 주를 이룬다. Table 3에서 제시된 바와 같이, 각 지자체별 총 삭감부하량 중 각각의 삭감방법이 차지하는 비율은 상이하게 나타났다. 안성시와 평택시는 하수처리장 신·증설을 통해서 각각 100.0%, 95.5%, 군포시와 용인시는 하수처리구역 확대 및 처리율 제고를 통해서 각각 100.0%, 68.2%, 오산시는 방류수질 개선을 통해서 63.6%, 화성시는 축산자원화를 통해서 48.7%, 수원시와 의왕시는 비점저감시설 확충을 통해서 각각 45.7%, 163.4%의 삭감을 계획하였다.

Table 3. Percent of BOD<sub>5</sub> load reduction by various methods

City	Sewage treatment plants				Recycling of livestock manure	BMPs
	Establishment	Enlargement	Improve effluent water quality	Sewer system maintenance		
Gunpo	-	100,0%	-	-	-	-
Yongin	-	68,2%	-	-5,0%	34,2%	2,6%
Suwon	-19,5%	27,0%	37,3%	-2,7%	12,1%	45,7%
Anseong	100,0%	-	-	-	-	-
Osan	-	39,4%	63,6%	-3,0%	-	-
Uiwang	-	-	-	-63,4%	-	163,4%
Pyeongtaek	95,5%	1,3%	1,7%	1,6%	-	-
Hwaseong	-2,0%	9,9%	40,4%	3,0%	48,7%	-
Sum	8,8%	23,2%	29,6%	0,4%	34,1%	3,9%

#### 3.3.1. 생활계 오염부하량 삭감 : 하수처리장의 신증설, 하수처리구역 확대 및 처리율 제고, 방류수질 개선, 하수관거정비

진위천 수계 시행계획에서 생활계 오염부하량 삭감을 위해서 주로 반영된 삭감방법은 하수처리시설을 통한 점오염원 삭감이었다. 세부적으로는 하수처리장 신증설을 통한 삭감량은 전체 삭감량의 8.8%, 하수처리구역 확대 및 처리율 제고가 23.2%, 방류수질 개선 29.6%, 관거정비 0.4%를 차지하는 것으로 분석되었다. Table 2에서 수원시 및 화성시의 하수처리장 신·증설에 의한 삭감율이 마이너스를 나타내

**Table 4.** Sewage and wastewater treatment facilities in the Jinwi watershed

City	Public sewage treatment plants			Final treatment plants for Industrial complex wastewater	Human and livestock manure treatment facilities
	Treatment capacity $\geq$ 500 m <sup>3</sup> /day	50 m <sup>3</sup> /day $\leq$ Treatment capacity < 500 m <sup>3</sup> /day	Treatment capacity < 50 m <sup>3</sup> /day		
Gunpo	1				
Yongin	9		3		1
Suwon	2(1)				1
Anseong		1(1)			
Osan	2				1
Uiwang	1				1
Pyeongtaek	4(3)	15(7)		6(4)	
Hwaseong	4(2)		2		
Sum	23(6)	16(8)	5	6(4)	4

( ) Planned facilities until 2020

는 이유는 해당 지자체의 경우 다른 행정구역으로 배출되던 부하량이 처리시설이 신설되면서 방류구의 위치가 해당 지자체로 옮겨짐에 따라서 삭감시설이 신설된 지자체의 배출 부하량이 증가하는 결과를 보이기 때문이다.

2012년 기준으로 진위천 수계 단위유역내에는 공공하수처리시설 30개소, 폐수종말처리시설 2개소, 분뇨·축산분뇨폐수공공처리시설 4개소 등 총 36개소의 처리시설이 운영 중인 것으로 조사되었다. 2012년에 신설된 시설은 2개소였다. 용인시는 총 13개의 처리시설이 밀집되어 있는 것으로 나타났으며 대부분의 시설이 1일 하수처리용량 500 m<sup>3</sup> 이상에 해당하는 시설들이었다(Table 4). 또한 2012년 이후로 14개소의 하수처리 시설 및 2개소의 폐수종말처리시설이 신설될 예정인데, 이 중 10개소는 2015년 이후에 신설될 계획이다. 따라서 개발이 선제적으로 이루어지고 10년차 계획의 후반기에 편중되어 있는 삭감계획 등이 예산집행의 지연, 공사 및 운영의 지연 등으로 계획년도에 시행되지 않을 경우, 현재의 오염원이 감소하지 않는 한 최종년도의 할당부하량 초과는 불가피할 수밖에 없는 상황이다.

하수처리구역 확대 및 처리율 제고는 하수 미처리구역에 하수관로를 개설하고 보수하여 합병처리 정화조 및 소규모 집합배수시설을 하수관로에 접속시켜 개별배출 오염부하량을 최소화 시키는 것을 의미한다. 2012년 하수도 통계 자료에 의하면 전국의 하수관로 보급률은 75.8%이나, 경기도는 그보다 약간 높은 78.8%를 나타내고 있다.<sup>12)</sup> 진위천 수계에 포함된 8개 시중 경기도 평균 하수관로 보급률 대비 높은 자치단체는 군포시, 용인시, 수원시, 평택시로 나타났고 낮은 자치단체는 안성시, 오산시, 의왕시, 화성시로 나타났다. 따라서 하수도 보급률이 낮은 지자체의 경우 보다 적극적으로 능동적인 확충계획 등이 수립될 필요가 있을 것으로 판단된다.

진위천 수계에 위치한 공공하수처리시설 및 폐수종말처리

시설의 방류수질은 IV지역(수생태법 제26조 관련 별표 10)에 적용되는 기준을 준수하도록 되어 있다. 따라서 공공하수처리시설은 1일 처리용량에 상관없이 BOD 10 mg/L 이하를, 폐수종말처리시설도 2013년 이후부터 10 mg/L 이하를 적용하고 있다. 이러한 수질기준을 바탕으로 진위천 수계의 시행계획에서 계획된 방류수질 개선 방법에 의한 삭감비율은 총 삭감량의 29.6%에 해당하는 것으로 분석되어 축산자원화에 의한 삭감 다음으로 삭감비율이 높은 것으로 분석되었다.

방류수질 개선을 통한 삭감량은 법적 방류수질 및 기존의 기준배출 수질을 기준으로 해당 수질보다 낮은 배출수질을 계획하였을 경우에 삭감되는 부하량으로부터 산정하였다. 따라서 방류수질 개선에 의한 삭감량은 처리용량이 큰 수원하수처리장과 오산 하수처리장이 위치한 화성시와 오산시에서 큰 비중을 차지하는 것으로 나타났다. 각각의 처리시설은 현재의 법적 방류수질인 10 mg/L에서 5 mg/L로 고도처리시설을 도입하여 방류수질을 개선할 계획이며 계획년도는 각각 2019년과 2015년으로 예정되어 있다. 또한 총 방류수질 개선을 통한 삭감량 중 95% 이상이 2015년 이후로 계획되어 있는 상태로 삭감계획이 정상적으로 진행되지 않을 경우 최종년도에 할당부하량을 초과할 가능성을 배제할 수 없는 상태이다. 이는 또한 목표수질 달성에 대한 불확실성을 가중시킬 수 있다.

특히 진위천 수계 임의적 유량의 50% 이상을 차지하고 있는 수원하수처리장의 경우 2015년에 방류수질 개선을 통해 약 1,800 kg/일의 삭감을 이행할 계획이다. 재원은 국비, 도비, 시비가 모두 조달될 계획이며 국비의 비중이 가장 높다. 해당 시설은 기존의 고도처리공정(4-Stage BNR공법) 및 시설을 개량하고 추가 3차 처리시설을 설치하여 방류수질을 개선할 계획이며 그에 따라 지정 할당부하량도 2015년부터 1/2 수준으로 관리될 예정이다.

진위천 수계의 경우 일일 처리용량이 500톤 이상의 처리시설에 대해서 시설별 오염부하량을 할당하고 관리하기로 협의 하였으며 수생태법 제4조의5에 근거하여 매년 관할 지방환경관서에서 각 시설별로 할당된 오염부하량을 통보받아 관리하는 형태로 운영되고 있다. 또한 초과배출자에 대한 오염총량 초과부과금 등이 부과·징수될 수 있다. 지정된 할당부하량의 이행여부는 방류수의 기준배출수질과 방류유량의 곱으로 산정된 배출부하량과의 비교분석을 통해서 이루어진다. 기준배출수질은 산술 평균값이 아닌 정규분포화된 상위 95% 확률 순위수질로 평가하도록 하고 있다. 따라서 방류수질 자료가 편차가 클 경우 산술 평균수질과 기준배출수질의 차이는 커질 수 있기 때문에 지정된 할당부하량의 준수를 위해서는 유지관리 및 운영이 일정한 처리공법의 채택 및 대비책 등의 마련이 뒷받침 되어야 한다.

### 3.3.2. 축산계 오염부하량 삭감 : 축산폐수 및 고형물 자원화, 위탁처리 촉진

진위천 수계 시행계획상의 총 삭감량중 가장 비중이 높은 삭감방법은 축산계 오염원의 자원화로 분석되었다. 특히 축

Table 5. Treatment coefficient of livestock manure for BOD on Technical guidelines for TMDLs<sup>13)</sup>

Facilities type	Wastewater treatment	Solid treatment	Wastewater recycling coefficient	BOD			
				Wastewater treatment coefficient	Farm restoration coefficient	Recycling treatment coefficient	Export coefficient from farm
Permit	Recycling	Recycling	1	0	0	0.40	0.15
Register	Recycling	Recycling	1	0	0	0.40	0.15
Others	Recycling	Recycling	1	0	0	0.40	0.15
	Untreated		0	0	0	0	0.25

산계 발생부하량이 큰 화성시는 총 삭감량의 48.7%를 축산계 오염원의 자원화를 통하는 것으로 계획되어 있다. 수질오염총량관리기술지침에서 제시하는 축산계 오염원의 개별삭감량 산정은 아래의 식에 의해서 산정된다.<sup>13)</sup> 기술지침에서 제시하고 있는 관련 계수값은 Table 5에 제시하였다.

$$\text{축산계개별삭감량} = \text{폐수개별삭감량} + \text{고형물개별삭감량} \quad (1)$$

$$\text{폐수개별삭감량} = \text{폐수자원화삭감량} + \text{폐수개별처리량} + \text{폐수처리농지환원삭감량}$$

$$\begin{aligned} \text{폐수자원화삭감량} &= \text{자원화처리비} \times \text{폐수자원화량} + \\ & (1 - \text{자원화처리비}) \times \text{농지전환비} \times \\ & (1 - \text{농지유출비}) \times \text{폐수자원화량} \end{aligned}$$

$$\text{폐수자원화량} = (1 - \text{폐수직접이송비}) \times \text{폐수자원화비} \times \text{폐수발생량}$$

$$\begin{aligned} \text{폐수개별처리량} &= (1 - \text{폐수직접이송비}) \times (1 - \text{폐수자원화비}) \\ & \times \text{폐수처리비} \times (1 - \text{농지환원비}) \times \\ & \text{폐수발생량} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{폐수처리농지환원삭감량} &= \text{농지전환비} \times (1 - \text{농지유출비}) \\ & \times \text{폐수처리농지환원량} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{폐수처리농지환원량} &= (1 - \text{폐수직접이송비}) \times (1 - \text{폐수자} \\ & \text{원화비}) \times \text{폐수처리비} \times \text{농지환원비} \\ & \times \text{폐수발생량} \end{aligned} \quad (2)$$

$$\text{고형물개별삭감량} = \text{고형물자원화삭감량} + \text{고형물농지삭감량}$$

$$\text{고형물자원화삭감량} = (1 - \text{고형물직접이송비}) \times \text{자원화처리비} \times \text{고형물발생량}$$

$$\begin{aligned} \text{고형물농지삭감량} &= (1 - \text{고형물직접이송비}) \times (1 - \text{자원화처} \\ & \text{리비}) \times \text{농지전환비} \times (1 - \text{농지유출비}) \\ & \times \text{고형물발생량} \end{aligned} \quad (3)$$

위의 식을 근거로 삭감량을 산정해 보면, 폐수발생부하량 = 50 kg/일, 고형물 발생부하량 = 50 kg/일일 경우 폐수와 고형물 모두 자원화 계획을 가지고 있다면 폐수자원화비 = 1, 폐수처리비 = 0, 농지환원비 = 0, 자원화처리비 = 0.4, 농지유출비 = 0.15가 적용되어 폐수개별삭감량과 고형물개별

삭감량 모두 45.5 kg/일이 되어 최종배출부하량은 100 kg/일중 91%가 삭감된 9 kg/일만이 수계로 배출되는 것으로 계산된다.

진위천 수계의 평택시, 용인시, 화성시의 경우 돼지, 가금류 등의 가축 사육두수가 타지역 대비 높은 것으로 조사됨에 따라서 축산계 발생부하량이 총 부하량중 차지하는 비중이 높은 편이다. 따라서 해당 자치단체에서 개별축사에서 개별 배출되던 부하량을 축산계 오염의 자원화로 처리할 경우 발생하는 삭감 부하량은 상당할 것으로 판단된다. 그러나 이러한 자원화 계획이라는 것이 자치단체별로 미처리 농가에 대한 자원화를 지원하겠다는 계획으로, 구체적으로 담보할 수 있는 계획이 아닌 것이 문제이다. 현재처럼 가축분뇨에 대한 배출, 수집 운반, 처리과정이 명확하지 않은 상황에서 농가 및 처리업자, 재활용 신고자 등을 체계적으로 관리하고 모니터링 하는 전 과정 관리는 어려울 것으로 판단된다. 또한 퇴비화와 농지살포 등을 실시하여 개별 퇴비화를 시행한다고 하여도 퇴비 노천야적, 액비 무단방류, 액비살포 시 악취발생 등으로 2차적인 환경피해가 유발될 수 있으며 이러한 주변환경 오염행위에 대한 처벌규정이 미비하여 해당 삭감방법을 통한 수질개선 효과는 미미할 수 있다. 실제로 이러한 관리 미흡으로 인해서 일정량 이상의 강우배출이 일어날 경우 농지로 살포된 축산폐수 및 고형물로부터 수계로 배출되는 비점오염원이 수계의 수질에 미치는 영향이 큰 것으로 알려져 있다.<sup>14,15)</sup>

따라서 이러한 삭감계획에 대한 이행여부를 평가할 시 개별 농가별 축산분뇨의 처리방법 등을 철저히 조사하여 삭감 인정폭을 제한시킬 필요가 있을 것으로 판단되며, 가축분뇨 발생량을 근원적으로 저감하기 위하여 허가대상 축사의 면적을 확대시키고, 무허가 축사의 경우도 적정한 분뇨처리시설을 갖춘 경우에 한해서만 축산업을 허가해 주는 등의 보다 강화된 규제가 필요할 것이다. 또한 개별적으로 산재되어 있는 축산농가의 개별 자원화 시설 등을 종합 자원화단지 및 가축분뇨 폐수공공처리시설들로 연계처리하거나 위탁처리하는 방식으로 유도하여 유지관리의 투명성 및 관리의 용이성을 높일 필요가 있다.

### 3.3.3. 토지계 오염부하량 삭감 : 비점저감시설의 확충

비점저감시설 설치 및 확충에 따른 총 삭감율은 3.9%로 비교적 낮았다. 현재 총량계획에서 토지계 비점 오염부하량의 삭감을 위해서 적용되고 있는 저감기법은 생태면적, 빗

물이용시설, 침투시설(침투통, 침투관, 침투측구, 투수성포장, 침투도랑, 침투저류지), 여과시설(식생수로, 식생여과대, 모래여과시설, 제조여과시스템), 저류시설(습식연못, 지하저류조, 인공습지), 생태저류시설, 와류시설, 스크린 등으로 다양하다.<sup>16)</sup>

이중에서 진위천 수계 총량계획에 가장 많이 활용된 방법은 생태저류시설, 스크린, 투수성 포장, 지하저류조 등으로 사업자 편의성 등의 사유로 자연형보다는 장치형 시설이 선호되고 있는 상태이다. 이렇게 표면적으로 드러나 있는 삭감계획 이외에도 지역개발사업내에 적용된 비점저감시설의 경우 사후관리 및 모니터링 등에 한계가 있어 총량제에 적용하지 못하는 부분이 다수 존재하고 있다.

수생태법 제53조(비점오염원의 설치신고·준수사항·개선명령 등)에 의해서 일정규모 이상의 도시개발, 산업단지 조성 등 그 밖에 비점오염원에 의한 오염을 유발하는 사업에 대해서는 비점오염 저감시설을 설치해야만 한다. 특히, 대단위 택지개발사업의 경우 수십개의 비점오염 저감시설이 설치되어 있으나 해당 시설이 도로건설 사업시 무분별하게 설치되어 저감효율에 대한 담보가 불확실한 상황이며 대부분이 지하에 설치되어 있어 적정 유지 관리의 확인 및 모니터링 등이 곤란한 상황이다.

비점 삭감량이 가장 높은 수원시는 수생태법 제54조에 의해서 2010년에 비점오염원 관리지역으로 지정되어 현재 시행계획이 수립중에 있으며 광범위한 지역에서 다양한 기법의 비점저감시설이 계획되어 있다. 수원시는 진위천 수계의 최상류에 위치한 자치단체로서 계획된 삭감량이 준수되지 않을 경우 하류에 미치는 영향이 연쇄적으로 일어날 가능성이 크다. 따라서 수질오염총량제와 비점오염원 관리지역 지정제도 등의 연계방안 등을 통하여 효율적인 제도시행이 이루어져야 할 것이다.

2010년 비점오염원이 하천수질오염에 기여하는 비율이 BOD의 경우 68%를 차지하는 것으로 조사된 바 있으며 장래에는 점오염원의 관리대책이 강화될수록 그 중요성이 증가될 것으로 예측하고 있다.<sup>17,18)</sup> 따라서 비점오염원 관리 및 저감에 대한 중요성이 더욱 부각될 것으로 예측된다.

그러나 총량제에 있어 일부 제도적 한계 및 미비 등으로 자치단체의 비점저감시설을 통한 삭감 의지가 소극적인 상태이다. 구체적으로 보면, 유지관리에 따른 저감효율의 편차 등으로 저감시설의 삭감부하량 인정 범위가 제한적이며 오염부하량 할당 및 목표수질 평가를 기준유량(저수기)으로 설정하고 있기 때문에 비점오염 저감시설에 대한 삭감효과가 저평가 될 우려가 있다.

또한 총량제에서는 매년 해당 시설들에 대한 모니터링 결과를 통해서 삭감량을 산정하여 재평가하는 절차를 통해 최종년도 할당부하량 준수 가능성 등을 평가한다. 2012년도 일부 자치단체의 이행평가를 통해서 확인된 바로는 계획삭감량의 20~60%만이 이행된 것으로 평가되었다. 따라서 비점저감시설이 설치된다고 하여도 사후 유지관리 등이 제대로 이행되지 않을 경우 계획삭감량을 달성하는 데는 어려움

이 있다. 또한 현재까지 계획된 55건의 비점저감시설 설치 계획중 51건의 경우는 2015년도 이후에 계획되어 있다. 타 삭감방법과 마찬가지로 예산집행 및 연계계획의 지연 등이 발생할 경우 계획삭감량 이행에 차질이 발생할 수 있다.

## 4. 결론

진위천 수계의 2012년부터 2020년도까지 계획된 총량시행계획내의 지역개발과 삭감계획을 분석한 결과, 연차별 계획중 초년도부터 지역개발계획은 지속적으로 증가하는 반면, 삭감계획은 중반 이후부터 급격하게 증가하는 경향을 보였다. 이와 같은 경향은 일부 자치단체에 국한되는 문제가 아닌 대부분의 자치단체에서 공통적으로 나타나는 문제점으로 최종년도 할당부하량 및 목표수질을 준수하기 위해서는 지속적이고 체계적인 관리 및 이행평가가 뒷받침되어야 할 것으로 판단된다.

1) 최종년도 할당부하량을 준수하기 위해서 우선적으로 시행되어야 할 부분은 삭감계획이다. 따라서 연차별 삭감계획이 차질 없이 진행될 수 있도록 예산집행 지연 해소, 연계계획의 수립 및 변경에 대한 대응계획 수립 등이 중요한 요소가 될 것이다.

2) 삭감계획과 동시에 배출부하량을 지속적으로 증가시키는 지역개발사업에 대한 관리가 병행되어야 한다. 지역개발사업의 할당부하량은 해당 자치단체의 지역개발부하량 누적관리대장으로 관리되며 매년 협의 및 준공 등의 진행 상황을 평가하도록 되어있다. 따라서 삭감계획의 진행정도를 정확히 파악하여 연차별 할당부하량이 초과하지 않도록 지역개발부하량 협의 시기 등을 최대한 삭감계획의 진행경과 등을 고려하여 관리하는 것이 필요할 것이다. 현재 진위천 수계 수질오염총량제에서는 연차별로 계획된 할당부하량 초과에 대한 강제적인 조치사항 및 제재 등이 마련되어 있지 않지만, 4대강의 경우 2014년 4대강 수계법이 개정되면서 연차별 할당부하량을 초과할 경우 적절한 조치방안이 수립되기 전까지 개발사업을 일부 제재할 수 있는 근거가 마련된 상황이다. 따라서 이러한 전반적인 정책 및 관리방향을 파악하여 연차별 할당부하량을 준수하는 것이 중요할 것이다.

3) 총량제는 타 계획과는 다르게 매우 복잡하고 다양한 내용을 포함하고 있다. 따라서 자치단체의 부서별 협의를 통한 효율적 추진방안이 필수적인 계획이라 할 수 있다. 특히 수계관리 분야, 수질감시·지도 분야, 건축 및 주택 분야, 하천관리 분야, 도시계획 분야, 건설 분야, 상하수도 분야 등 다양한 분야에 대한 종합적인 관리 및 통섭이 필요하다.

4) 진위천 수계 총량시행계획의 주요 특징 중의 하나는 타 수계와 비교해서 축산계 및 토지계의 비점 오염원 관리를 통한 삭감계획이 다수 포함된 점이다. 특히 축산계의 축산폐수 및 고형물에 대한 자원화 계획은 전체 삭감부하량의



34.1%를 차지할 정도로 높은 비중을 보였다. 따라서 이러한 자원화 계획이 하천수질에 긍정적인 영향을 미치기 위해서는 해당 축산자원화 시설에 대한 체계적인 관리 및 지속적인 모니터링이 반드시 수행되어야 하며 가축분뇨처리에 대한 축산농가의 인식 및 전문성 함양을 위해서 자치단체의 적극적인 홍보 및 교육 등도 지속적으로 지원되어야 할 것이다.

5) 진위천 수계 총량제는 4대강 수계의 총량 의무제와는 도입배경, 법적근거, 대상물질, 목표수질 설정원칙 등 여러 가지 면에서 차별성을 가진다. 특히 자치단체에서 자발적으로 해당 수계의 수질을 개선하기 위해서 실시된 만큼 보다 적극적이고 선제적인 제도시행을 통하여 성공적인 사례가 될 수 있도록 관리되는 것이 무엇보다 중요할 것으로 판단된다.

**KSEE**

## Reference

- Gyeonggi Province, Monitoring of Flow and Water Quality in the Jinwi Watershed (2011).
- Oh, M. W., Lee, O. M., Song, H. B., Park, S. J., Song, M. Y. and Kong, D. S., "Comparative Analysis on the Application of Biotic Indices for Environmental Assessment of a Polluted Stream (Jinwi Stream)," *J. Kor. Soc. Water Qual.*, **27**(6), 760~768(2011).
- Gyeonggi Province, General Plan of Total Maximum Daily Loads (TMDLs) in the Jinwi Watershed(2010).
- Ansung City, "Implementation Plan of TMDLs in the Jinwi A Watershed (Ansung City)," (2013).
- Gunpo City, "Implementation Plan of TMDLs in the Jinwi A Watershed (Gunpo City)," (2013).
- Hwaseong City, "Implementation Plan of TMDLs in the Jinwi A Watershed (Hwaseong City)," (2013).
- Osan City, "Implementation Plan of TMDLs in the Jinwi A Watershed (Osan City)," (2013).
- Pyeongtaek City, "Implementation Plan of TMDLs in the Jinwi A Watershed (Pyeongtaek City)," (2013).
- Suwon City, "Implementation Plan of TMDLs in the Jinwi A Watershed (Suwon City)," (2013).
- Uiwang City, "Implementation Plan of TMDLs in the Jinwi A Watershed (Uiwang City)," (2013).
- Youngin City, "Implementation Plan of TMDLs in the Jinwi A Watershed (Youngin City)," (2013).
- The Ministry of Environment in Korea, "Environmental Statistics Yearbook 2012," (2012).
- The Korean National Institute of Environmental Research, "Technical guidelines for TMDLs," (2012).
- Lee, H. Y., Lim, J. E., Kim, S. C., Kim, K. R., Lee, S. S., Kwon, O. K., Yang, J. E. and Ok, Y. S., "Environmental Monitoring of Selected Veterinary antibiotics in Solis, Sediments and Water Adjacent to a Poultry Manure composting facility in Gangwon Province, Korea," *J. Kor. Soc. Environ. Eng.*, **32**(3), 278~286(2010).
- Lee, Y. S., Lee, H. J, Hong, S. C. and Oh, D. M., "Effect of Non-Point Sources from Livestock composted Land - A case of cows manure-," *J. Kor. Wetlands Soc.*, **11**(3), 81~89(2009).
- The Korean National Institute of Environmental Research, "Best Management Practices of Non-Point Source Pollution for the TMDLs," (2012).
- Choi, J. Y., "The Here and the Hereafter of Non-Point Source Pollution," *Magazine Kor. Water Resour. Assoc.*, **39**(12), 12~18(2006).
- Interagency Joint, "Secondary Comprehensive Countermeasures of Non-Point Source Pollution ('12~'20),"(2012).