

정책연구 2017-44

수질오염총량제 T-P 개발부하량 확보방안

이재근

**연구책임
공동**

- 이재근 / 도시기반연구실 책임연구위원
- 정환도 / 도시기반연구실 책임연구위원
- 이은재 / 도시기반연구실 책임연구위원
- 문충만 / 도시기반연구실 연구위원

정책연구 2017-44

수질오염총량제 T-P 개발부하량 확보방안

발행인 박재목

발행일 2017년 11월

발행처 대전세종연구원

34863 대전광역시 중구 중앙로 85(선화동 287-2)

전화: 042-530-3524 팩스: 042-530-3575

홈페이지 : <http://www.dsi.re.kr>

인쇄: 〇〇〇〇〇 TEL 042-〇-〇 FAX 042-〇-〇

이 보고서의 내용은 연구책임자의 견해로서 대전광역시와 세종자치특별시의 정책적 입장과는 다를 수 있습니다.

출처를 밝히는 한 자유로이 인용할 수 있으나 무단 전재나 복제는 금합니다.

차 례

1장 서론	1
1절 연구의 배경 및 필요성	3
2절 연구의 목적 및 방법	4
2장 이론적 배경	7
1절 제3단계 수질오염총량관리제 및 검토	9
2절 수질오염총량관리 기본방침 및 검토	13
3절 수질오염총량관리기술지침 및 검토	15
4절 비점오염저감시설 선정시 고려사항	17
1. 토지이용 특성	17
2. 물리적 실현가능 여부	18
3. 시설별 특성 및 종류	18
3장 대전시 T-P 개발부하량 확보방안 연구	27
1절 고속도로의 비점오염원 저감	29
1. 대전시 이외에서 관리하는 삭감부하량 확보	29
2. 삭감부하량 산정을 위한 필요자료	31
2절 간이공공처리시설 적용에 의한 저감	39
1. 간이공공처리시설	39
2. 간이공공처리시설 배출부하량 및 모니터링	43
3. 간이공공처리시설 삭감부하량 산정 및 조건	44
3절 물순환 선도도시, 비점오염원관리지역의 삭감계획의 의한 저감 ..	47
1. 물순환 선도도시	47
2. 비점오염관리지역	51
3. 물순환선도도시 및 비점오염원관리지역 지정에 의한 삭감방안	55
4절 우수처리, 단독정화처리구역의 하수처리구역화에 의한 저감	56

1. 하수처리 체계의 문제점	56
2. 오수처리, 단독정화처리구역 현황	58
3. 하수처리구역 확대에 의한 삭감계획 및 조건	62
5절 투수성포장 적용에 의한 저감	66
1. 지목의 원단위에 따른 발생부하량	66
2. 토지배출의 삭감 방법	68
3. 삭감을 위한 투수성포장 필요자료	69
6절 하수관로 정비 및 하수도 편입에 의한 저감	76
1. 가수원동 일원 하수관로 정비	76
2. 장동처리분구 하수관로 정비	77
3. 대덕연구단지 일원 하수관로 정비	78
4. 대전 1,2산단 처리분구 하수관로 분류화	79
5. 하수미처리구역 공공하수도 편입계획	80
6. 하수관로 정비, 공공하수도 편입에 의한 삭감계획 적용방안	82
7절 계획 개발사업의 재검토	84
1. 삭감계획 수립의 한계 및 기존 개발계획의 문제점	84
2. 개발사업 현황 및 변화	88
3. 개발사업의 정리	89
4장 결론 및 정책제언	91
1절 결론	93
2절 정책제언	95
참고문헌	97

표 차례

[표 2-1] 시행계획 수립대상 단위유역 및 관리대상 물질	9
[표 2-2] 대전시 단위유역별 목표수질	10
[표 2-3] 대전시 단위유역별 최종년도 T-P 부하량 총괄표	11
[표 2-4] 비점오염저감시설 설치시 고려사항-물리적 조건	18
[표 2-5] 비점오염저감시설의 시설별 특성	19
[표 2-6] 비점오염저감시설 별 비교	19
[표 3-1] 대전시 고속도로 현황	32
[표 3-2] 대전시 내 비점오염저감시설 설치현황 및 계획	33
[표 3-3] 대전시 내 고속도로 비점오염저감시설 삭감부하량	37
[표 3-4] 비점오염저감시설 저감효율	38
[표 3-5] 간이공공처리시설(1차침전지) 유출특성	42
[표 3-6] 제3단계 수질오염총량제 시행계획의 간이공공처리시설 배출 ..	43
[표 3-7] 모니터링에 의한 간이공공처리시설 배출	44
[표 3-8] 간이공공처리시설 삭감부하량	45
[표 3-9] 물순환 선도도시 적용가능 LID 기술	50
[표 3-10] 대전시 동구 오수처리, 단독정화처리 인구(수질오염총량제) ...	58
[표 3-11] 대전시 서구 오수처리, 단독정화처리 인구(수질오염총량제) ...	59
[표 3-12] 대전시 대덕구 오수처리, 단독정화처리 인구(수질오염총량제) ·	59
[표 3-13] 대전시 유성구 오수처리, 단독정화처리 인구(수질오염총량제) ·	60
[표 3-14] 대전시 중구 오수처리, 단독정화처리 인구(수질오염총량제) ...	61
[표 3-15] 대전시 오수처리, 단독정화처리 인구(수질오염총량제)	61
[표 3-16] 제3단계 T-P 삭감계획에 의한 삭감부하량 및 이행시기	64
[표 3-17] 단독정화의 하수처리장 연계가능 인구 및 예상 삭감부하량 ...	65
[표 3-18] 토지계 지목별 연평균 발생부하원단위	66
[표 3-19] 대전시 지목별 면적 및 발생부하량	67
[표 3-20] 침투형 비점오염저감시설 저감효율(%)	68

[표 3-21] 투수성포장의 기술 효율	71
[표 3-22] 대전시 내 투수성 향상 사업현황 및 계획	73
[표 3-23] 대전시 내 투수성 향상 삭감방법 및 사업주체	74
[표 3-24] 대전시 내 침투시설 설치현황 및 삭감부하량	75
[표 3-25] 가수원동 하수도보급률 향상 효과	76
[표 3-26] 가수원동 향후 추진일정	76
[표 3-27] 장동처리분구 하수도보급률 향상 효과	77
[표 3-28] 장동처리분구 향후 추진일정	77
[표 3-29] 대덕연구단지 하수도보급률 향상 효과	78
[표 3-30] 대덕연구단지 하수관로 정비 향후 추진일정	78
[표 3-31] 1,2산단 하수도보급률 향상 효과	79
[표 3-32] 1,2산단 하수관로 정비 향후 추진일정	79
[표 3-33] 제1단계 수질오염총량제 삭감계획	84
[표 3-34] 제2단계 수질오염총량제 삭감계획	85
[표 3-35] 제3단계 수질오염총량제 삭감계획	86
[표 3-36] 단계별 개발부하량 할당 및 최종 소비된 부하량 비교	87
[표 3-37] 수질오염총량제 진행에 따른 개발부하량의 변화	88
[표 3-38] 수질오염총량제 진행 중 취하/연기된 개발사업	89
[표 4-1] 대전시 추가 T-P 삭감계획 및 삭감부하량	95
[표 4-2] 대전시 추가 T-P 삭감계획 수립을 위한 절차	98
[표 4-3] 연도별 적용가능 T-P 삭감부하량	98

그림 차례

[그림 1-1] 연구 방법 및 내용	5
[그림 2-1] 대전시 수질오염총량관리 대상 단위유역도	12
[그림 2-2] 소규모 습지 예시	24
[그림 2-3] 침투도랑 예시	24
[그림 2-4] 식생형시설 예시	25
[그림 3-1] 대전광역시 도로망	30
[그림 3-2] 수질오염총량제에서 관리하는 삭감계획 및 개발사업 추진과의 관계	31
[그림 3-3] 대전시 물순환 선도도시 사업구간	49
[그림 3-4] 비점오염원관리지역 위치도	53
[그림 3-5] 수질오염총량제에서 관리하는 삭감계획 및 개발사업 추진과의 관계	69
[그림 3-6] 투수블록의 시공 사례	70
[그림 3-7] 투수성포장의 시공 사례	70
[그림 3-8] 공공하수도 편입지역	80

1장

서론

1. 연구의 배경 및 필요성
2. 연구의 목적 및 방법

1장 서론

1절 연구의 배경 및 필요성

1) 배경

- 수질오염총량제는 수계를 행정구역이 아닌 단위유역으로 구분, 단위 유역별로 목표수질을 설정하여 설정된 목표수질을 유지할 수 있도록 오염물질의 배출한도를 할당부하량으로 정하여 관리하는 제도임
 - 2005년에 제1단계 수질오염총량제 기본계획 수립된 이후, 우리나라의 대표적인 수질관리 정책으로 자리잡게 됨
 - 특히 환경과 개발을 함께 개발함으로써 지속가능성을 제고하게 됨
 - 광역지자체 및 기초지자체별로 오염배출의 책임을 명확히 함으로써 광역수계를 효율적으로 관리할 수 있게 됨
 - 또한, 물관리정책과 개발사업에 대한 사전협의, 환경영향평가 등 관련 정책의 연계관리를 진행함에 따라 환경정책의 효율성이 증대하게 됨
 - 장점은 기준설정 및 집행이 용이하며 저비용으로 관리할 수 있음. 단점은 유역별 상황을 고려하지 않은 기준을 제시하여 역차별을 조장할 수 있음
- 현재는 수질오염총량제 제3단계가 진행 중으로 기본계획 및 시행계획이 승인, 이행평가가 진행되고 있음
 - 시행계획 이후, 이행평가에서 신규 개발사업이 추가되어 진행되는 반면에, 할당부하량 준수를 만족시키기 위한 기 승인된 삭감계획의 안정적인 진행 및 새로운 삭감계획의 도출에는 한계가 있음

- 이렇게, 개발사업은 계속 추가가 되고 삭감계획의 추가가 없다면 대전시 내에서 계획/예정되어 있는 개발사업을 안정적으로 진행하는데 있어 한계에 도달하게 됨

2) 필요성

- 성공적인 수질오염총량제와 대전시의 안정적인 발전을 위해서는 갑천 A, 금본F, 금본G, 금본H 단위구역의 할당부하량 준수 및 추가 개발사업에 대한 부하량을 확보하기 위한 대안이 필요함
 - 특히, 수질오염총량제 할당부하량을 준수하지 못하였을 경우에는 해당 지자체에 대해 신규 개발사업의 승인이 제한되는 등의 큰 어려움이 발생하게 됨
 - 이에, 지금까지 다루어지지 않았거나, 적극적이지 않았던 삭감계획의 발굴이 필요함

2절 연구의 목적 및 방법

1) 목적

- 수질오염총량관리 제3단계가 본격 시행되고 있음
 - 대전시 T-P 개발부하량 부족으로 기본계획 반영사업 외에 새로운 추가 개발사업 추진 곤란
 - 하수처리장 현재 고도처리시설의 한계로 총인 방류수 수질기준 강화를 통한 삭감계획 수립이 불가하며 추가 시설(이전계획)도 어려운 상황임
- 시행계획 및 장래 변화에 따른 배출부하량 조정의 예측은 진행 중이지만, 이러한 배출부하량 조정을 위한 세부 삭감계획의 수립 및 삭감부하량의 산정에 대한 연구는 없는 상황임
 - 이에, 2020년까지의 수질오염총량관리 제3단계 기간 동안 대전시에 할당된 배출부하량을 초과하여 지속가능성을 위협하지 않도록 기본계획 및 시행계획에서 없었던, 새로운 T-P 삭감계획을 수립하는 것을 목적으로 함

2) 연구방법

- 연구방법으로, 대전시 수질오염총량관리 제3단계에서의 단위유역별 할당부하량 준수하기 위한 다음의 방법을 진행함
 - 3단계 기간 동안의 삭감계획 검토를 기본으로 함 (수행가능 여부 및 확대, 축소가능성 검토)
 - 수질오염총량 제3단계 사업기간(2020년) 내 추진이 가능한 삭감사업 발굴 (하수도정비기본계획, 하수관거관리 관련계획, 도심재생사업, 하수처리장이전계획 등 관련사업계획 참조)
 - 대전시가 추진중인 사업과 연계성 있는 사업으로 환경부의 승인이

가능한 삭감 사업 도출

- 필요시에 미처리배출 등 확인이 되지 않은 오염원이 있는지의 현장 확인도 병행하고, 확인 시에는 정량화
- 갑천A 단위구역의 삭감방안 및 삭감부하량 (T-P)

2장

이론적 배경

1. 제3단계 수질오염총량관리제 및 검토
2. 수질오염총량관리 기본방침 및 검토
3. 수질오염총량관리기술지침 및 검토
4. 비점오염저감시설 선정시 고려사항

2장 이론적 배경

1절 제3단계 수질오염총량관리제 및 검토

1) 수질오염총량관리 시행계획 개요

○ 수질오염총량관리의 수립주체 및 법적근거

■ 제3단계 총량관리 계획기간 중 금강수계 대전광역시 관할지역 갑천 A, 금분F, 금분G, 금분H 단위유역의 오염총량관리시행계획(이하 “시행계획”이라 한다)의 수립주체는 대전광역시장임

■ 「금강수계 물관리 및 주민지원 등에 관한 법률」 제11조

○ 시행계획 수립목적 및 범위

■ 수립목적 : 총량관리단위유역의 목표수질을 달성하는 범위에서 오염총량관리기본계획 상의 대전시 할당부하량을 오염원별로 할당하고 적정한 개발계획과 실현가능한 삭감계획 및 이행담보 방안 수립

■ 계획기간 : 2016년 1월 1일 ~ 2020년 12월 31일

[표 2-1] 시행계획 수립대상 단위유역 및 관리대상 물질

시행계획 수립대상 단위유역	관리대상물질		비고
	BOD	T-P	
갑천A	해당되지 않음	해당됨	
금분F	해당되지 않음	해당됨	
금분G	해당되지 않음	해당됨	
금분H	해당되지 않음	해당됨	

2) 수질오염총량관리 목표

○ 금강수계에서 대전시 및 인근지자체가 준수해야 할 목표수질

[표 2-2] 대전시 단위유역별 목표수질

단위유역	대상물질	목표수질 (mg/L)	평가수질(mg/L)		시행계획 수립 대상여부
			2010~2012 (1회)	2011~2013 (2회)	
갑천A	BOD	5.2	5.2	5.0	-
	T-P	0.200	0.337	0.234	○
금분F	BOD	1.0	0.8	0.8	-
	T-P	0.018	0.024	0.024	○
금분G	BOD	2.3	2.2	2.1	-
	T-P	0.081	0.108	0.083	○
금분H	BOD	2.9	2.9	2.7	-
	T-P	0.094	0.113	0.093	○

단위 유역	측정지점 위치	목표 수질	연도별 평균수질					
			2009년	2010년	2011년	2012년	2013년	2014년
갑천A	갑천말단부	0.200	0.515	0.436	0.394	0.200	0.143	
금분F	신탄진동 대청댐	0.018	0.018	0.017	0.031	0.029	0.017	0.014
금분G	부용2리 부강대교	0.108	0.213	0.147	0.122	0.068	0.063	
금분H	대평리 금강교	0.107	0.150	0.135	0.120	0.087	0.071	

■ 수질오염총량관리 제2단계까지 대전시는 BOD를 중심으로 수질을 관리하였음

■ 대전시에 속하는 BOD 수질이 목표수질을 만족하게 됨에 따라, 제3 단계에서는 BOD는 제외되고 새로운 관리목표인 T-P의 목표수질을 준수하여야 함

3) 수질오염총량관리 시행계획 할당부하량

[표 2-3] 대전시 단위유역별 최종년도 T-P 부하량 총괄표

단위 유역	구분	할당부하량					삭감 목표 부하량	삭감 부하량	삭감후 최종배출 부하량	잔여량
		계	오염원	지역개발부하량						
				계	개발 계획	여유량				
D=c+d	c	d=d1+d 2	d1	d2	E=C-D	F	G=C-F	H=D-G		
갑천 A	점	217.375	209.568	7.807	6.156	1.651	62.462	54.704	212.684	4.691
	비점	399.772	385.298	14.474	13.756	0.718	6.851	6.670	381.780	17.992
	계	617.147	594.866	22.281	19.912	2.369	69.313	61.374	594.464	22.683
금분 F	점	0.525	0.036	0.489	0.000	0.489	0.936	0.907	0.524	0.001
	비점	16.361	15.207	1.154	0.023	1.131	0.003	0.000	15.608	0.753
	계	16.886	15.243	1.643	0.023	1.620	0.938	0.907	16.133	0.753
금분 G	점	15.527	11.228	4.299	0.128	4.171	0.300	0.480	13.271	2.256
	비점	28.607	26.425	2.182	0.468	1.714	0.093	0.000	26.469	2.138
	계	44.134	37.653	6.481	0.596	5.885	0.393	0.480	39.740	4.394
금분 H	점	0.634	0.515	0.119	0.075	0.044	0.000	0.000	0.559	0.075
	비점	7.673	7.529	0.144	0.028	0.116	0.000	0.000	6.949	0.724
	계	8.307	8.044	0.263	0.103	0.160	0.000	0.000	7.508	0.799
합계	점	234.061	221.347	12.714	6.359	6.355	63.698	56.092	227.039	7.022
	비점	452.413	434.459	17.954	14.275	3.679	6.947	6.670	430.806	21.607
	계	686.474	655.806	30.668	20.634	10.034	70.644	62.762	657.846	28.628

■ 대전시 T-P 지역개발부하량은 총 30.688 kg/일이며, 이미 확정된 개발계획 외 추후 신규 개발사업에 할당될 수 있는 여유량은 10.034 kg/일임

■ 신규 개발사업부하량이 여유량을 초과할 경우 수질오염총량관리 시행계획에서 계획한 삭감부하량 이외의 삭감계획을 수립하여야 함

2절 수질오염총량관리 기본방침¹⁾ 및 검토

1) 목적

- 이 방침은 「한강수계 상수원 수질개선 및 주민지원 등에 관한 법률」 제8조제2항 및 「낙동강수계 물관리 및 주민지원 등에 관한 법률」, 「금강수계 물관리 및 주민지원 등에 관한 법률」, 「영산강·섬진강수계 물관리 및 주민지원 등에 관한 법률」 제9조제2항 및 「수질 및 수생태계 보전에 관한 법률」 제4조의2제2항에 따른 오염총량관리기본계획 및 오염총량관리시행계획 수립 등에 필요한 사항을 정함을 목적으로 함

2) 정의

- “할당부하량”이란 기준배출부하량에서 안전부하량을 제외한 부하량을 말함
- “지역개발사업”이란 단위유역내에서 개발사업을 추진하고자 하는 자가 특별시장·특별자치시장·광역시장·시장·군수로부터 오염물질 배출부하량을 할당받아야 하는 사업과 한강수계 특별대책지역 I권역내 해당하는 단위유역에서 건축연면적 400 m² 미만의 숙박업·식품접객업 및 건축연면적 800 m² 미만의 오수배출시설 설치사업을 말함

3) 지역개발부하량 및 개발계획

- 시도지사는 총량관리계획기간 동안 개발계획으로 인하여 배출할 수 있는 오염물질의 양을 다음 산식에 의하여 산정하되, 특대유역 생활계 자연증감부하량은 소규모개발부하량으로서 지역개발부하량에 포함

1) 환경부, 수질오염총량관리기본방침, 2013

■ 지역개발부하량 = 할당부하량 - 기존오염원 최종부하량(기준년도 오염원이 제15조의 삭감계획에 의하여 시행계획 종료시 배출하는 오염물질의 양) - 자연증감부하량

○ 시도지사는 산정된 지역개발부하량의 범위안에서 개발계획을 수립하여야 함

4) 삭감목표부하량 및 삭감계획

○ 시도지사는 총량관리계획기간 동안 삭감하여야 할 오염부하량을 다음 산식에 의하여 산정함

■ 삭감목표부하량 = 기존오염원부하량(기준년도 오염원이 그 당시에 배출하는 양) + 자연증감부하량 + 지역개발부하량 - 할당부하량

○ 시도지사는 제1항의 삭감목표부하량 또는 그 이상을 삭감하기 위한 계획을 수립하여야 함

○ 삭감계획에는 삭감방법별 처리규모, 사업기간, 처리효율 및 삭감부하량, 시설비용(재원별), 관련계획(하수도정비기본계획 등)의 반영여부 등에 관한 사항이 포함되어야 함

5) 연차별 삭감이행계획

○ 시행청은 산정된 삭감목표부하량을 달성하기 위하여 다음과 같이 연차별 삭감이행계획을 수립함

■ 할당방법에 따른 삭감 : 삭감주체, 할당된 오염부하량 또는 지정배출량, 적용되는 삭감방법, 삭감사업별 추진일정, 오염물질 삭감일정 및 이행완료시기, 삭감일정에 따른 삭감량, 재원확보계획

■ 할당 이외의 방법에 따른 삭감 : 삭감주체, 삭감목표부하량, 적용되는 삭감방법, 삭감사업별 추진일정, 오염물질 삭감일정 및 이행완료시기, 삭감일정에 따른 삭감량, 재원확보계획

3절 수질오염총량관리기술지침²⁾ 및 검토

1) 목적 및 적용범위

- 이 지침은 한강수계 상수원 수질개선 및 주민지원 등에 관한 법률 제 8조제3항, 낙동강수계 물관리 및 주민지원 등에 관한 법률, 금강수계 물관리 및 주민지원 등에 관한 법률, 영산강/섬진강수계 물관리 및 주민지원 등에 관한 법률 각 제9조제3항, 수질 및 수생태계 보전에 관한 법률 제4조의2의 규정에 의한 수계별 오염총량관리기본방침에 따른 기술적인 사항을 정함을 목적으로 함
- 오염총량관리 기본계획 또는 오염총량관리 시행계획의 수립 및 적용 등에 필요한 당해 지역의 유역환경조사, 오염원조사, 오/폐수량 및 오염부하량 산정방법, 오염부하량 할당방법 및 수질모델링 방법 등 기술적인 사항에 대하여 이 지침을 적용함

2) 오염원의 조사

- 생활계, 축산계, 산업계, 토지계, 양식계, 매립계, 환경기초시설로 분류
 - 환경기초시설은 주로 생활계 및 토지계에서 발생한 오염원을 이송하여 배출하게 됨

3) 오폐수 발생유량 산정

- 생활계, 축산계, 기타로 분류

4) 발생부하량 산정

- 생활계, 축산계, 산업계, 토지계, 양식계, 매립계로 분류

2) 국립환경과학원, 수질오염총량관리기술지침, 2014

5) 배출량 산정

- 배출량에는 관거배출량, 방류량, 간이공공처리 방류량, 직접정화량, 배출량 등으로 분류되어 있음
 - 이러한 배출형태에 따라 각 오염원에서의 삭감량을 산정할 수 있음
 - 또한, 이를 근거로 삭감계획 수립시에 기대할 수 있는 삭감부하량을 산정할 수 있음

6) 수질모델링

- 수질예측모델의 선정
- 수질모델링 방법
 - 해당 단위유역에서 목표수질을 만족하기 위하여 적용구간 선택, 유달을 산정, 수질모델의 보정/검증의 단계를 거침

7) 오염부하량 할당

- 오염부하량 할당방법
 - 배출부하량을 할당할 때에는 기존/최종배출부하량, 기준배출부하량, 할당부하량, 지역개발부하량 및 삭감목표부하량을 산정하게 됨
 - 전체적인 오염부하량을 할당한 후, 향후 지역개발부하량이 변화하게 될 때 전체적인 부하량을 일정하게 맞추기 위해서 필요한 삭감 목표부하량이 변화하게 되며, 필요시에는 추가적인 삭감계획을 수립하여야 함

4절 비점오염저감시설 선정시 고려사항³⁾

1. 토지이용 특성

1) 도로

- 간선 도로 및 고속도로 등 차량 흐름이 많은 지역은 여유부지 확보가 어렵고 차량사고시 안전성 확보가 곤란한 대규모 습지·저류지 외에는 대부분의 시설이 적용될 수 있음

2) 도심지역

- 침투도랑 및 침투저류조와 같은 침투형시설이 적합하나 부지확보가 관건으로 신규개발 지역에서는 계획단계에서부터 비점오염저감시설 설치 부지를 확보하는 것이 바람직함
- 고밀도 개발지역은 토지매입 및 부지확보가 어렵고 유동인구가 많아 안전에 주의하여야 하므로 지하에 매설할 수 있는 시설이 바람직함
- 비점오염물질 처리 후 시설 내 남은 잔류유량이 장기간 체류시 부패로 인한 2차오염 또는 해충발생으로 민원 발생이 우려되므로 시설설계시 비점오염저감시설내 잔류유량이 최소화 되도록 고려하여야함

3) 특별오염유발지역

- 유독물질 등을 처리하는 공장, 유해한 오염물질 과다 배출지역에서는 비점오염물질 특성에 맞는 저감시설 설치가 바람직하며, 토양오염의 가능성이 있는 경우 오염물질이 지하로 침투되지 못하게 시설 바닥에 차수층(遮水層)을 설치하여야 함

3) 환경부, 비점오염업무편람, 2006

2. 물리적 실현가능 여부

- 최적의 비점오염저감시설을 선정하기 위하여 개발 예정 부지의 토양, 경사, 자연유하(自然流下) 가능성 등 물리적 조건을 종합적으로 고려함

[표 2-4] 비점오염저감시설 설치시 고려사항-물리적 조건

구 분	물리적 조건
토양특성	오염된 빗물을 처리하는 과정에서 토양 및 지하수 오염을 유발할 가능성이 있으므로 관리시설 설치 예정지의 토양 특성을 평가하여야 함 저류지와 습지는 처리대상 오염물질의 종류와 양, 토양특성에 따라 바닥에 차수처리를 하도록 함
지하수위	관리시설의 바닥높이는 지하수위선에서 최소 1m는 떨어져 있어야 하고, 특히 침투시설은 1.5m 떨어지는 것이 바람직하며 오염물질의 종류와 양, 토양특성 등을 종합적으로 고려하여 이격거리를 조정하여야 함
경사도	빗물을 담아 처리하기 위하여 비점오염저감시설의 주변부지는 적절한 경사도를 주어 강우유출수가 자연적으로 수집되도록 설계하여야 하는 바, 수로부지는 4% 이하, 침투여과시설 부지는 6% 이하, 습지부지는 8% 이하, 저류지 주변부지는 15% 이하인 것이 바람직함
자연유하 가능성	비점오염저감시설 유입부와 유출부 높이에 차이를 두어 자연유하로 배제될 수 있도록 시설을 설계하여야 함

3. 시설별 특성 및 종류

1) 비점오염저감시설 특성

- 적절한 시설을 선정하기 위하여 인근 하천 및 하류지역의 하천 수질 등 기타 하천의 특성을 고려함
 - [표 2-5]에는 시설별 특성을 그리고 [표2-6]에는 비점오염저감시설 별로 비교를 하였음

[표 2-5] 비점오염저감시설의 시설별 특성

저류시설	습지	침투시설	여과시설	식생수로
<p>체류시간을 확보 할 수 있는 충분한 공간이 필요하며 저류된 초기우수를 연계처리하거나 자체적으로 처리할수 있는 방안을 마련함</p> <p>홍수가 우려되는 지역은 홍수조절 방안을 마련함</p>	<p>물생태계 보호 차원에서 저운을 유지해야 하는 하천구역에서 사용을 제한함</p> <p>홍수가 우려되는 지역의 경우 홍수조절 방안을 마련함</p>	<p>지질의 투수성이 높은 지역에 설치하며 지하수위가 낮은 지역에 적정함.</p> <p>필요에 따라 유입수 전처리가 필요함</p>	<p>홍수조절을 위해 저류시설과 조합하는 것이 바람직함</p> <p>특별오염유발지역에서의 배출수는 전처리 필요</p>	<p>홍수조절을 위해 저류시설과 조합하는 것이 바람직함</p>

■ 위의 [표 2-5]에는 저류시설, 습지 등의 특성을 나타내어, 지역특성 및 목표에 맞게 비점오염저감시설을 적용할 수 있음

[표 2-6] 비점오염저감시설 별 비교

관리시설	장 점	단점
저류시설	<ul style="list-style-type: none"> •강우유출수의 수질과 수량 모두를 조절할 수 있는 수단 •기존의 우수지를 개선해 사용 가능 •침전물과 침전물에 흡착된 오염물질의 제거에 효과 	<ul style="list-style-type: none"> •비교적 대규모의 토지를 필요로 함 •용존성 오염물질은 제거효율 저조 •침전물이 제거되지 않았을 경우 대규모 강우 후 침전물 재부상 우려 •침전물 제거(준설)에 비교적 높은 비용 소요 •부적절하게 관리하면 냄새, 모기 등을 유발

관리시설	장 점	단점
인공습지	<ul style="list-style-type: none"> 고형물질 외에 용존성 오염물질 제거 가능 미관적으로 쾌적한 경관 제공 지역의 자산적, 효용적 가치 증가 	<ul style="list-style-type: none"> 비교적 대규모의 토지를 필요로 함 침전물 제거 등 준설이 필요 풀 깎기, 식중, 잡쓰레기 제거 등의 관리가 필요

관리시설	장 점	단점
침투저류지	<ul style="list-style-type: none"> 지역의 홍수피크를 감소 관리빈도가 비교적 적은 편임 저류용량만큼의 비점오염저감 효과 확보가능 	<ul style="list-style-type: none"> 토질조사 등의 기초현황조사가 부족하거나 설계가 부적절한 경우 저감효과가 미흡 고농도로 오염된 강우유출수나 침전물이 과도한 강우유출수를 처리하는 데에는 부적절 토양층 내에서 처리되지 않은 오염물질에 의해 지하수 오염 유발 가능 대규모 배수지역에는 부적합

관리시설	장 점	단점
침투도랑	<ul style="list-style-type: none"> 침투도랑은 월류빈도를 감소시키기 위해 강우유출수 배제시스템의 설계에 포함 가능 자연적 배수시스템 이용가능 관리빈도가 비교적 적은편임 공간이 제한된 지역에서 사용 가능 유지관리가 용이 	<ul style="list-style-type: none"> 토질조사 등의 기초현황조사가 부족하거나 설계가 부적절한 경우 저감효과가 미흡 고농도로 오염된 강우유출수나 침전물이 과도한 강우유출수를 처리하는 데에는 부적절 토양층 내에서 처리되지 않은 오염물질에 의해 지하수 오염 유발 가능 침전물에 의한 막힘 우려있음

관리시설	장 점	단점
유공포장	<ul style="list-style-type: none"> •별도의 토지소요량이 없고 도랑 등의 운송시스템이 불필요 •새로운 지역이나 기존개발지 모두에 적용 가능 •우기 동안에는 미끄럼 방지같은 안전성이 개선 •배수를 위한 부대시설 불필요 •현지의 자연적 물 흐름과 균형을 유지 	<ul style="list-style-type: none"> •막힌 유공성 포장면은 재생 어려움 •동결과 해빙으로 문제 유발 가능 •지하수 오염의 위험

관리시설	장 점	단점
식생여과대	<ul style="list-style-type: none"> •강우에너지로부터 토양을 보호함으로써 토양침식 감소 •지표면 유수속도 감소, 침수시간 증가, 침투증가에 의해 강우유출수량 감소 •유속이 감소됨에 따른 여과, 흡수 그리고 중력침전으로 부유성 침전물 제거 •자연환경개선에도 효과 	<ul style="list-style-type: none"> •저장과 침투기능이 충분하지 못할 경우 수질개선 미흡 •오염물질 제거에 필요한 이상적인 환경이 유지되는 것을 조건으로 함 •식생관리가 필요 •오염물질 제거를 위한 최소너비가 필요하므로 일정규모 이상의 토지가 필요함

관리시설	장 점	단점
식생수로	<ul style="list-style-type: none"> •강우에너지로부터 토양을 보호함으로써 토양침식 감소 •유수속도 감소, 침투증가에 의해 강우유출수량 감소 	<ul style="list-style-type: none"> •저장과 침투가 충분하지 못할 경우 수질개선 효과 미흡 •오염물질 제거에 필요한 이상적인 환경이 유지되는 것을 조건으로 함 •경사가 급한 장소에는 적용이 어려움 •집중호우 시 유실 가능성 큼

관리시설	장 점	단점
여과형	<ul style="list-style-type: none"> 부유성 고형물과 고형물에 부착된 오염물질 제거 가능 모래뿐만 아니라 다양한 여재 적용이 가능 	<ul style="list-style-type: none"> 대규모 배수지역에서 부적합 정기적인 여재 교체가 필요 유입부 전처리시설(침전) 필요 불투수성 지역에서 적용 토사 등이 다량 배출되는 공사현장·농촌·산지 등에는 바람직하지 않음

관리시설	장 점	단점
스크린형	<ul style="list-style-type: none"> 소용량 및 대용량 적용가능 유지관리용이 SS 제거 가능 	<ul style="list-style-type: none"> 용존성 물질제거가 곤란하므로 처리항목이 제한적임 수처리효과는 미흡

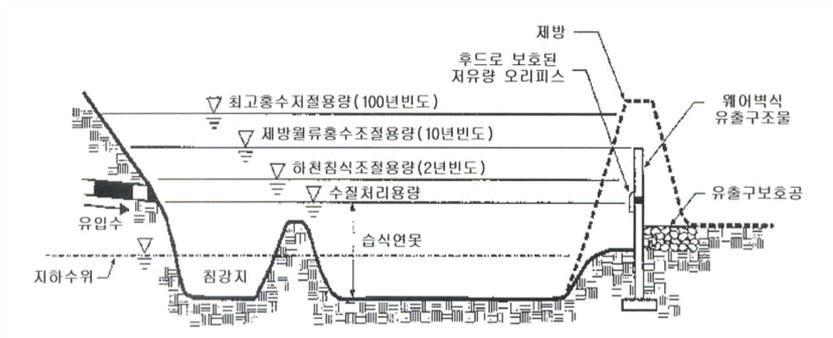
관리시설	장 점	단점
와류형	<ul style="list-style-type: none"> 대규모 유량처리가 가능 침전물과 부유물을 분리처리 가능 	<ul style="list-style-type: none"> 용존성 물질제거 곤란 유량변동 시 제거 효과가 미흡하여 유량조절장치용 부대시설이 필요할 수 있음

관리시설	장 점	단점
하수 처리형	<ul style="list-style-type: none"> BOD, SS, T-P에 대해서는 신속한 처리효과를 얻을 수 있음 	<ul style="list-style-type: none"> 유지관리인 확보 및 상시 관리가 필요 약품비 및 동력비, 슬러지 처리 등 운전비가 소요

2) 비점오염 저감시설의 종류4)

○ 저류지

- 비점오염물질을 줄이는 일반적인 시설. 저류지는 강우유출수를 저류하여 오염물질을 침전처리하고 하천 배출을 조절함으로써 홍수 방재기능도 할 수 있으며, 크게 자연형 저류지와 지하저류조로 구분하게 됨

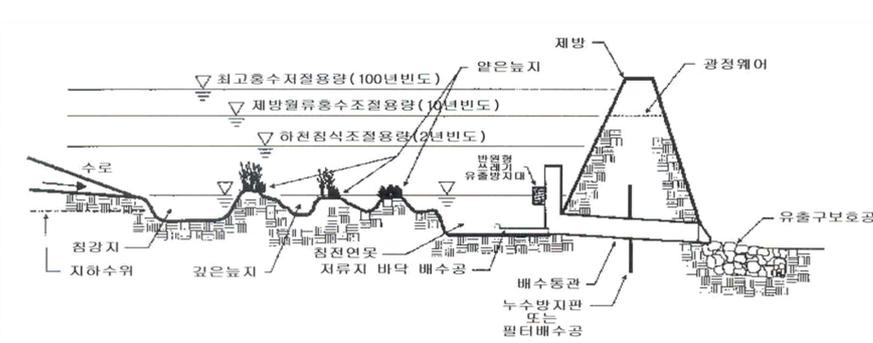


[그림 2-1] 소규모 저류지

○ 인공습지

- 습지에서는 침전·여과·흡착·미생물 분해, 식물에 의한 포획 등 종합적인 처리과정이 이루어짐으로써 퇴적물, 영양물질, 기름, 박테리아, 금속류 등 다양한 오염물질이 제거됨
- 총부유물질(TSS)과 납, 암모니아, 총인, 아연 등을 제거하기 위하여 강우 유출수의 유속을 줄여 부유고형물의 침전량을 증가시킴. 강우 유출수 처리를 위한 습지는 얇은 늪지(marsh)를 만드는 기법이며, 전체 수질 처리용량(WQV)를 처리하기 위하여 보통 작은 영구연못과(또는) 저류 공간으로 구성

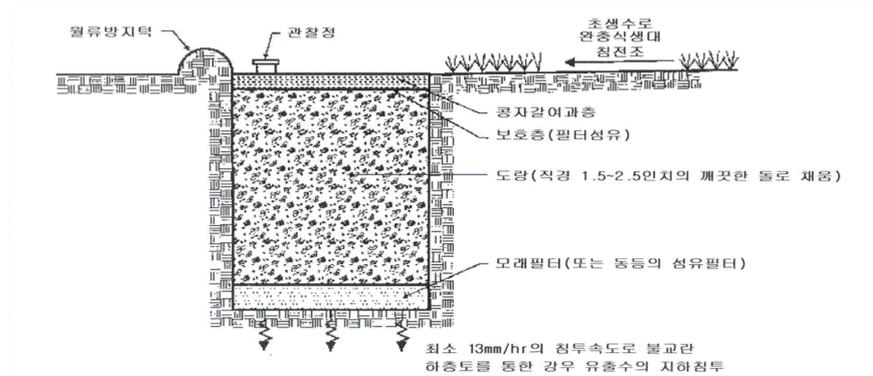
4) 환경부, 비점오염원관리 업무편람, 2006



[그림 2-2] 소규모 습지 예시

○ 침투시설

- ▮ 우수가 지하로 침투하도록 유도하는 시설로써 지표면이나, 지하의 공간에 쇄석 등의 다공질 매질을 충전하여 우수를 지표나 지표면보다 얇은 곳에서 불포화지층을 통해 침투시키는 시설물로 침투트렌치, 침투집수정, 침투저류지, 투수블럭 및 침투도랑 등이 있음
- ▮ 토양을 통해 강우유출수를 지하로 침투시키는 시설로써 지하수를 재충전할 수 있고 배수를 위한 우회로가 불필요하지만 관리가 미흡하면 침전물로 인해 공극이 폐색되고 지하수가 오염될 우려가 있음



[그림 2-3] 침투도랑 예시

○ 식생형시설

- 비점오염물질을 저감하고 침투유량을 조절함으로써 홍수억제에 기여할 뿐만 아니라 동·식물 서식공간을 제공하고 녹지경관으로 기능하는 장점이 있으며, 크게 식생수로와 식생여과대가 있음
- 강우시 토양침식을 줄이기 위해 수로에 식생을 도입한 식생수로 (grassed swale)는 부유고형물과 금속 등 오염물질의 제거에 효과적이며 침투기능을 통해 박테리아도 제거할 수 있으나 용존성 영양물질의 제거효율은 낮음
- 강우유출수가 식생여과대(vegetated filter strips)를 거치면서 유속이 낮아짐에 따라 오염물질이 여과, 흡착, 중력침전으로 제거되는데, 식생여과대는 강우유출수가 여과대 면을 균일하게 흐른다면 오염물질 제거에 매우 효과적임



[그림 2-4] 식생형시설 예시

대전시 T-P 개발부하량 확보방안 연구

1. 고속도로의 비점오염원 저감
2. 간이공공처리시설 적용에 의한 저감
3. 물순환선도도시, 비점오염원관리지역의 삭감계획에 의한 저감
4. 오수처리, 단독정화처리구역의 하수처리구역화에 의한 저감
5. 투수성포장 적용에 의한 저감
6. 하수관로 정비 및 하수도 편입에 의한 저감
7. 계획 개발사업의 재검토

3장 대전시 T-P 개발부하량 확보방안 연구

1절 고속도로의 비점오염원 저감

1. 대전시 이외에서 관리하는 삭감부하량 확보

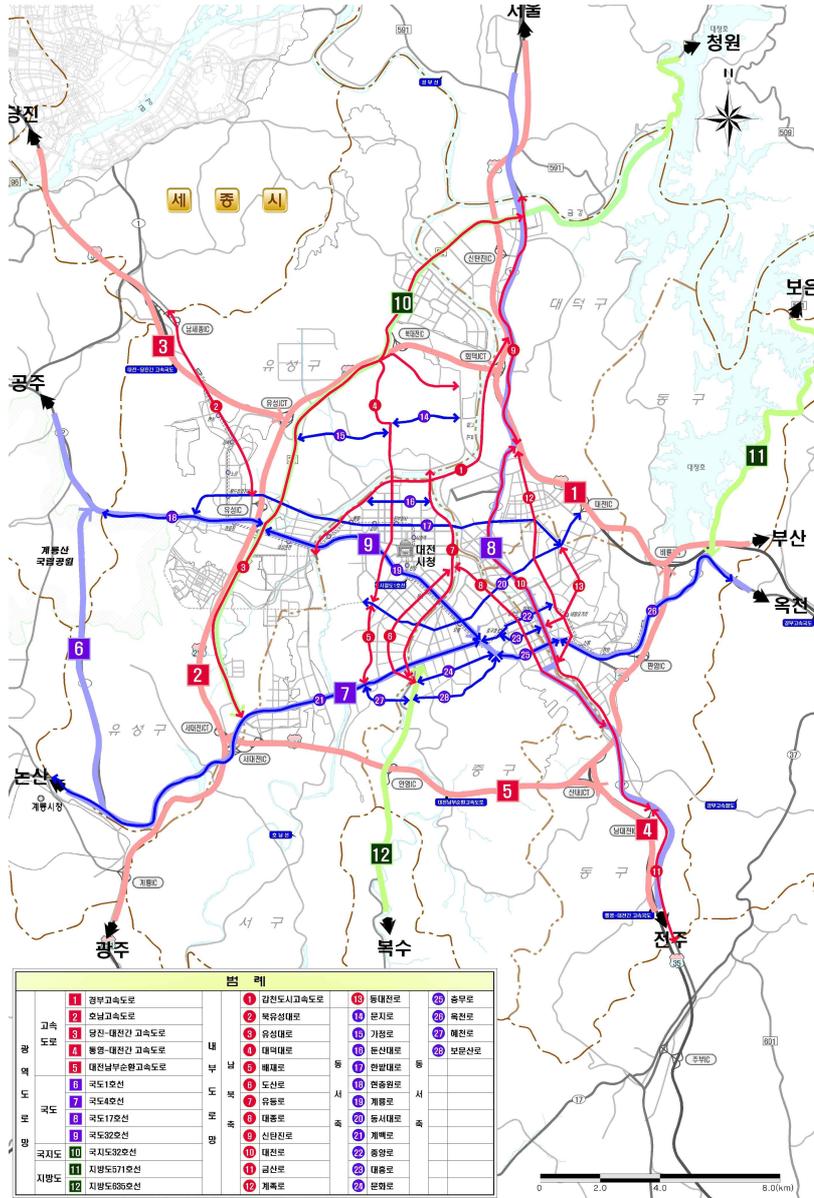
1) 삭감을 위한 새로운 시나리오 개발

- 수질오염총량제는 대부분 단위유역별로 할당된 지자체에서 수립된 개발사업 및 삭감계획을 관리함
- 하지만 일부 국가인프라 시설의 경우, 대전시가 아닌 곳에서 개발 및 삭감의 행위가 일어나기도 함
- 이러한 행위가 일어날 수 있는 기관의 협조를 얻어 삭감부하량을 확보하고자 함

2) 한국도로공사의 고속도로 관리를 위한 시설의 삭감부하량 적용

- 한국도로공사에서 설치·관리하는 고속도로는 대전시 둘레로 약 76 km, 면적으로는 약 1.9 km²을 차지하고 있음
- 현재 미개설되거나 미확장 된 곳은 없으나, 비점오염 저감을 위해 설치한 삭감시설에 대한 현황은 없음
- 제3단계 수질오염총량관리 시행계획의 기준년도인 2014년 이후인 2015년부터 수립된 비점오염저감시설 설치현황 및 계획은 삭감부하량 산정에 도움을 주게 됨
- 삭감부하량 산정에 필요한 자료를 한국도로공사의 도움을 얻어 확보하고, 이를 근거로 대전시 삭감부하량을 확보하고자 함

○ 대전광역시의 주요 도로망은 아래의 [그림 3-1]⁵⁾과 같음



[그림 3-1] 대전광역시 도로망

5) 대전광역시, 2020도시교통정비 중기계획, 2014

2. 삭감부하량 산정을 위한 필요자료

1) 비점오염 삭감의 필요성 제시

- 수질오염총량제는 수계별 단위유역의 목표수질 설정 및 목표수질을 달성할 수 있도록 지자체별로 오염물질의 배출한도를 관리하는 제도
- 대전시는 「금강수계 물관리 및 주민지원 등에 관한 법률」에 따라 수질오염총량제를 실시하고 있으며, 현재 제3단계(2016~2020년)를 시행 중임
- 향후 할당부하량이 초과되거나 개발부하량이 초과되는 경우, 고속도로 신설 및 확장 등의 개발사업 진행이 불가능함. 이에 대전시와 한국도로공사 상호간의 내용 인지 및 협조가 필요함
- 이에, 고속도로 유출수를 처리하는 비점오염저감시설을 대상으로 자료 수집 후 삭감계획의 적용 가능성 검토 예정

오염총량관리계획 설정

- 수계를 단위유역으로 나누고, 단위유역별로 목표수질을 달성·유지할 수 있는 오염물질의 배출한도(허용총량)를 설정, 관리하는 제도



개발사업 추진 불가능

- 배출부하량이 증가하여 할당부하량 미준수 시
→ 개발사업 진행에 제약을 받게 됨



[그림 3-2] 수질오염총량제에서 관리하는 삭감계획 및 개발사업 추진과의 관계

2) 대전시 입지한 고속도로의 정확한 현황 파악

- 대전시 내에는 경부고속도로, 호남고속도로지선, 대전남부순환고속도로, 당진영덕고속도로, 통영대전고속도로의 5개 고속도로가 있음
- 5개 고속도로에 대한 연장 및 면적의 파악이 발생오염원의 파악에 기준이 됨

[표 3-1] 대전시 고속도로 현황 (단위: m, m²)

도로별	총계획		포장도		미개설,미확장	
	연장	면적	연장	면적	연장	면적
합 계	76,140	1,943,172	76,140	1,943,172	0	0

3) 비점오염 관리를 위한 내용 및 계획

- 제3단계 수질오염총량제에 적용하기 위한 고속도로 비점오염저감시설은 2015년 이후에 완공된 시설에 적용됨
 - 2020년 이전에 완공되는 시설은 제3단계에 적용하며, 2021년부터 완공되는 시설은 향후 제4단계 수질오염총량제에 적용할 수 있음
- 비점오염저감시설에 의한 삭감부하량 산정을 위해서는 설치계획서가 요구되며, 중요 내용은 다음의 [표 3-2]와 같이 조사됨
 - 대전시 내 고속도로에 적용된 비점오염저감시설은 대부분 2013년 및 2014년에 완공되었음
 - 상수원관리지역이 있는 대청호에 설치되었으며, 모두 2015년 이전에 설치되어 대전시 제3단계 수질오염총량제의 삭감계획에 적용하기 어려움

[표 3-2] 대전시 내 비점오염저감시설 설치현황 및 계획

연번	사업명	착공일	완료일	위치
1	대청호 비점오염저감시설	2014.02.17	2014.12.23	동구 비룡동 303-1
2	대청호 비점오염저감시설	2014.02.17	2014.12.23	동구 비룡동 415-1
3	대청호 비점오염저감시설	2014.02.17	2014.12.23	동구 비룡동 19
4	대청호 비점오염저감시설	2014.02.17	2014.12.23	동구 비룡동 568-1
5	대청호 비점오염저감시설	2014.02.17	2014.12.23	동구 신상동 603
6	대청호 비점오염저감시설	2013.08.24	2013.12.24	동구 신상동 산53-3
7	대청호 비점오염저감시설	2014.02.17	2014.12.23	동구 신상동 376-2

연번	삭감방법	면적 (m ²)	용량 (m ³)	관리 방법
1	모래여과시설	2,422	12.0	
2	모래여과시설	4,836	24.0	
3	모래여과시설	9,791	49.0	
4	침투도랑	767	3.8	
5	저류지	13,900	69.5	
6	모래여과시설	5,158	25.8	
7	모래여과시설	8,328	41.6	

4) 기타 자료

- 고속도로 표면 청소현황은 없었음
- 2015년 이후 지목변경 내역은 없었음
- 2015년 이후 식생수로, 침투도랑, 투수성 포장 등 삭감시설 외 침투 등에 의한 비점오염원 삭감현황 및 계획은 없었음

3. 삭감부하량 산정방안

1) 개요

- 비점오염삭감부하량은 배출원 자체에 비점오염저감기법을 적용하기 전과 적용한 후에 발생하는 부하량의 차이
- 비점오염원 최적관리지침에서는 비점오염저감기법 적용에 따른 토지계 비점오염원 삭감부하량을 중심으로 부하량 산정방법을 제시

2) 토지계 비점오염삭감부하량 산정방법

(1) 생태면적

- 자연의 순환기능을 가진 공간에서 비점오염을 관리하는 경우, 계획된 공간의 가중치를 이용하여 결정한 생태면적을 임야로 간주하여 산정
- ① 설치할 공간유형 선정 및 대상지 면적(A) 결정
- ② 생태면적(자연순환 기능면적) 산정

$$Ag = w \times A$$

여기서 Ag = 생태면적(km^2), A = 전체 대상지 면적(km^2),
 w = 계획된 공간유형의 가중치

③ 삭감부하량(ΔL) 산정

$$\Delta L = UL_{pre} \times A - \{ UL_{post} \times Ag + UL_{pre} \times (A - Ag) \}$$

$$\therefore \Delta L = (UL_{pre} - UL_{post}) \times Ag$$

여기서 ΔL = 삭감부하량(kg/일), Ag = 생태면적(km^2),
 UL_{pre} = 생태면적 적용전 대상지의 원단위($\text{kg/일}/\text{km}^2$),
 UL_{post} = 생태면적 적용후 대상지의 원단위($\text{kg/일}/\text{km}^2$),
일반적으로 BOD $0.93\text{kg/일}/\text{km}^2$

(2) 빗물이용시설

- 빗물이용시설을 적용하여 비점오염원을 관리하는 경우, 비점오염삭감 부하량은 총강우량(초기우수배제량과 집수대상강우량의 합)에 대한 삭감대상부하비에서 초기우수배제량에 대한 삭감대상부하비를 공제한 삭감대상부하비, 빗물이용률 및 저감효율을 이용하여 산정
- 빗물이용시설은 대상집수지역의 집수대상강우량을 처리하는 용량으로 설계되고, 빗물이용률을 연간집수가능한 총용량을 고려하여 결정
- 집수된 빗물 중 용수로 이용되는 빗물의 저감효율은 100%, 이용되지 않는 빗물에 대한 저감효율은 일반적으로 저류조의 효율만큼 인정
- 강우시 가동되는 비점오염저감시설의 삭감부하량은 삭감대상부하량과 저감효율에 의하여 산정하며 저감효율은 아래의 표⁶⁾과 같음

$$\begin{aligned} \text{비점오염저감시설삭감부하량} &= \text{삭감대상부하량} \times \text{저감효율} \\ \text{삭감대상부하량} &= \text{삭감대상부하비} \times \text{발생부하량} \end{aligned}$$

- ① 초기우수배제량(P_1)을 기준으로 강우처리비 및 삭감대상부하비 산정

$$\begin{aligned} \text{설계강우량}(P_1) &= \text{초기우수배제량} \\ \text{강우처리비}_1 &= 0.2716 \times \ln(P_1) - 0.2425 \\ \text{삭감대상부하비}_1 &= \exp[-0.0184 \times (\ln(\text{강우처리비}_1))^2 + 0.6922] \\ &\quad \times \ln(\text{강우처리비}_1) \end{aligned}$$

- ② 초기우수배제량과 집수대상강우량의 총강우량(P_2)을 기준으로 강우처리비 및 삭감대상부하비 산정

$$\begin{aligned} \text{설계강우량}(P_2) &= \text{초기우수배제량} \\ \text{강우처리비}_2 &= 0.2716 \times \ln(P_2) - 0.2425 \\ \text{삭감대상부하비}_2 &= \exp[-0.0184 \times (\ln(\text{강우처리비}_2))^2 + 0.6922] \\ &\quad \times \ln(\text{강우처리비}_2) \end{aligned}$$

6) 국립환경과학원, 수질오염총량관리기술지침, 2014

③ 삭감대상부하비 산정

$$\text{삭감대상부하비} = \text{삭감대상부하비}_2 - \text{삭감대상부하비}_1$$
 ※ 초기우수배제량이 없으면 집수대상강우량에 대한 삭감대상부하비 적용

④ 삭감부하량(ΔL) 산정

$$\Delta L = A \times UL \times \text{삭감대상부하비} \times \{r + (1-r) \times E/100\}$$
 여기서 ΔL = 삭감부하량(kg/일), A = 집수유역면적(km²),
 UL = 집수유역의 원단위(kg/일/km²),
 r = 빗물이용률, E = 저감시설(일반적으로 저류조)의 저감효율(%)

⑤ 빗물이용시설의 규모 결정

$$\text{빗물저장조의 부피(m}^3\text{)} = \text{설치면적} \times \text{집수대상강우량}$$

⑥ 빗물급수계획의 결정

$$\text{빗물급수계획량(m}^3\text{)} = \text{빗물집수가능량} \times \text{빗물이용률}$$
 ※ 개별 강우사상에 따라 빗물저장조에 실제 저장되는 양은 달라지므로 이를 고려하여 빗물이용률을 결정

(3) 그 외 비점오염저감시설

- 그 외 비점오염저감시설을 설치하여 비점오염원을 관리하는 경우, 비점오염삭감부하량은 각 시설규모가 대상집수지역에 대한 수질처리용량을 처리할 수 있도록 설계되었음을 확인한 후 산정
- 비점오염삭감부하량은 수질처리용량의 설계강우량을 기준으로 산정한 삭감대상 부하비와 해당 비점오염저감시설의 저감효율을 이용해 산정

① 설계강우량(P) 결정

② 수질처리용량(WQv) 산정

$$WQv = 10^{-3} \times P \times A \times Rv$$

여기서 WQv = 수질처리용량(m³), A = 집수유역면적(m²),

Rv = 체적유출계수, P = 설계강수량(mm)

※ 비점오염저감시설은 WQv를 처리할 수 있는 규모로 설계

③ 설계강수량(P) 기준으로 강우처리비 및 삭감대상부하비 산정

$$\text{강우처리비} = 0.2716 \times \ln(P) - 0.2425$$

$$\begin{aligned} \text{삭감대상부하비} = & \exp[-0.0184 \times \{\ln(\text{강우처리비})\}^2 + 0.6922 \\ & \times \ln(\text{강우처리비})] \end{aligned}$$

④ 삭감부하량(ΔL) 산정

$$\Delta L = A \times UL \times \text{삭감대상부하비} \times E/100$$

여기서 ΔL = 삭감부하량(kg/일), A = 집수유역면적(km²),

UL = 집수유역의 원단위(kg/일/km²),

E = 저감시설의 저감효율(%)

[표 3-3] 대전시 내 고속도로 비점오염저감시설 삭감부하량

연번	저감효율		삭감대상부하량 (kg/일)		삭감대상부하비		삭감부하량 (kg/일)	
	BOD	T-P	BOD	T-P	BOD	T-P	BOD	T-P
1	0.50	0.54	0.21	0.005	0.649	0.614	0.07	0.002
2	0.50	0.54	0.42	0.010	0.649	0.614	0.13	0.003
3	0.50	0.54	0.84	0.021	0.649	0.614	0.27	0.007
4	0.77	0.73	0.07	0.002	1.000	1.000	0.05	0.001
5	0.34	0.36	1.19	0.029	0.307	0.272	0.12	0.003
6	0.50	0.54	0.44	0.011	0.649	0.614	0.14	0.004
7	0.50	0.54	0.72	0.017	0.649	0.614	0.23	0.006

- 위의 [표 3-3]과 같이 비점오염저감시설별로 BOD 0.05~0.27 kg/일, T-P 0.001~0.007 kg/일의 삭감효과가 있었음
- 총 고속도로 면적인 1,900,000 m²의 2.4%인 45,202 m²의 면적에서 BOD 1.01 kg/일, T-P 0.026 kg/일의 삭감효과가 나왔으며, 이를 확장하여 적용할 경우 보다 많은 삭감이 가능할 것으로 보임

[표 3-4] 비점오염저감시설 저감효율

구 분		BOD	T-N	T-P
저류형	저류지	34	28	36
	지하저류조	25	24	20
	인공습지	53	37	60
침투형	투수성포장	75	83	65
	침투저류지	69	58	69
	침투도랑	77	62	73
	침투통 침투관 침투측구	53	72	46
여과형	식생여과대	44	42	42
	식생수로	34	45	51
	모래여과시설 제조 여과시스템	50	46	54
생태저류형	침투화분	75	73	72
	빗물정원 통로화분 수목여과박스	54	49	65
와류형 시설		16	11	22
스크린형 시설		15	9	19
시설형(초고속응집·침전법)		80	20	85

2절 간이공공처리시설 적용에 의한 저감

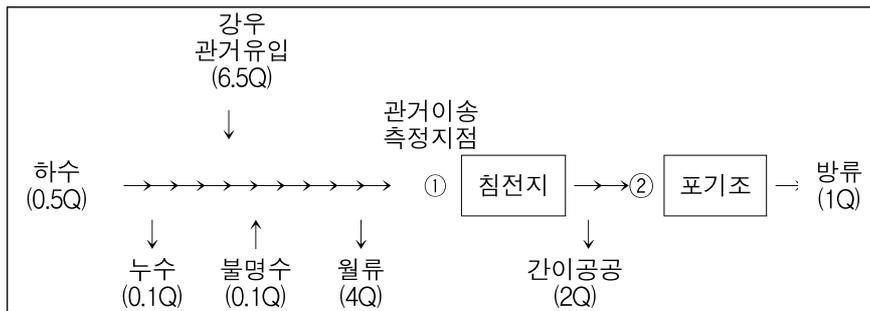
1. 간이공공처리시설

1) 간이공공처리시설의 개요⁷⁾

- 간이공공처리시설은 「하수도법」 제2조제9의2의 강우(降雨)로 인하여 공공하수처리시설에 유입되는 하수가 일시적으로 늘어날 경우 하수를 신속히 처리하여 하천·바다, 그 밖의 공유수면에 방류하기 위하여 지방자치단체가 설치 또는 관리하는 처리시설과 이를 보완하는 시설
- 간이공공하수처리시설은 I, II지역의 합류식 지역내 500 m³/일 이상 공공하수처리시설에 설치하는 것을 원칙으로 함

2) 수질오염총량제에서의 간이공공처리시설⁸⁾

- 수질오염총량제에서는 3단계 기본계획부터 해당시설(I·II지역, 500 m³/일 이상)의 관거해석 시 관거월류를 월류와 간이공공방류로 구분하여 오염부하량을 산정하고 시설 설치에 따른 간이공공 방류수질 개선효과를 삭감량으로 관리



7) 환경부, 간이공공하수처리시설 설치 및 운영·관리 지침, 2015

8) 국립환경과학원, 금강수계 3단계 수질오염총량관리 기본계획 관련 자료요청, 2014

○ 관거이송량(우기)

- 침전지 전단(①)에서 실측자료를 활용
- 다만, ②에서 측정한 경우에는 유량은 기초자료로부터 추정하고 수질은 ①과 ②지점이 동일한 것으로 가정
- ②에서 측정한 경우 관거이송대상량 중 설계 유입량(예, 3Q) 이하를 관거이송량(①)으로 추정하여 적용

$$\begin{aligned} \text{일별관거이송대상량} &= \text{일별관거유입량} - \text{일별누수량} + \text{일별불명수량} \\ \text{일별관거유입량} &= \text{일별토지계관거유입량} + \text{일별폐하수관거유입량} \\ \text{※} & \text{ 누수 및 불명수는 건기와 동일하게 적용} \end{aligned}$$

○ 월류량은 관거유입량과 관거이송량의 차이로 월류량 산정

$$\text{일별관거월류량} = \text{일별관거유입량} - \text{일별관거이송량}$$

○ 간이공공량은 관거이송량과 일별 간이공공방류 후 이송량(②)과의 차이로 간이공공방류량 산정

$$\begin{aligned} \text{일별간이공공방류량} &= \text{일별관거이송량} - \text{일별간이공공방류후이송량} \\ \text{일별간이공공방류후이송량} &= \text{방류량} - \text{직접이송량} + \text{재이용량} \\ \text{※} & \text{ ②지점 측정의 경우 직접이송 및 재이용용수 고려} \end{aligned}$$

3) 간이공공처리시설 삭감부하량 산정방법⁹⁾

- 삭감량은 시설 설치 전·후의 부하량 차이 및 저감효율 적용
- 계획농도법은 관거이송농도와 계획 방류농도 차이를 이용하여 산정

9) 국립환경과학원, 금강수계 3단계 수질오염총량관리 기본계획 관련 자료요청, 2014

삭감량 = 삭감대상량 - 계획방류량

삭감대상량 = 간이공공방류유량 × 관거이송농도

계획방류량 = 간이공공방류유량 × 계획방류농도

※ 계획방류농도는 법적기준이 있는 경우만 법적기준 적용

○ 저감효율법은 관거이송농도와 저감효율 활용

삭감량 = 삭감대상량 × 저감효율

삭감대상량 = 간이공공방류유량 × 관거이송농도

※ 저감효율은 법적기준이 없는 경우 간이공공시설 형태 등을 고려

※ 간이공공이 침전형 일 경우 T-P는 BOD 법적기준을 이용하여 추정

3) 대전시의 간이공공처리시설 운영

○ 대전하수처리장 시설용량 90만톤/일 이상으로 유입되는 경우는 간이공공처리(1차처리) 후 By-pass 유출되고 있음

■ 2015년부터 1차처리수 방류수를 간이공공처리시설 유출수로 데이터화하고 있음

■ 환경부에서는 강우시 처리대책으로 간이공공하수처리시설 설치지침으로 수립하였으며 신규시설에 한하여 BOD 40 mg/L 로 계획토록 하고 있으나, 현재 대전처리장의 경우 2025년 이전계획이 수립되어 있으며 현 침사지로 저류가 가능하여 별도의 시설설치는 어려움

■ 다만, 2025년 이전까지 강우시 1차처리수의 적정 처리를 통해 방류수역의 수질보전이 필요하며 이에 지속적인 관리를 추진할 계획임

○ 간이공공처리시설과 관련된 2015년의 처리현황은 다음의 [표 3-3]과 같이 나타남

[표 3-5] 간이공공처리시설(1차침전지) 유출특성

날짜	일강우량 (mm/d)	간이처리 By-pass (m ³ /d)	BOD		T-P	
			1차침전지 유입수질	간이처리 By-pass 수질	1차침전지 유입수질	간이처리 By-pass 수질
평균	17.8	49,344	245.9	145.2	6.225	4.399
최대	66.9	120,571	411.8	215.6	12.479	7.251
최소	1.5	12,278	78.6	59.8	2.894	2.533
2015-02-16	17	45,467	-	-	-	-
2015-03-18	37.4	76,800	-	-	-	-
2015-04-03	13	24,523	-	-	-	-
2015-04-04	13.5	47,913	-	-	-	-
2015-04-05	3.1	37,729	-	-	-	-
2015-04-14	10.5	46,674	-	-	-	-
2015-04-19	4	31,137	-	-	-	-
2015-04-20	13	104,090	-	-	-	-
2015-04-29	20.1	120,571	-	-	-	-
2015-05-11	10	15,546	-	-	-	-
2015-05-12	10.9	54,180	-	-	-	-
2015-06-20	16.3	14,647	-	-	-	-
2015-06-25	15	18,936	-	-	-	-
2015-06-26	66.9	112,124	-	-	-	-
2015-07-05	4.6	15,954	228.1	111.3	5.703	4.107
2015-07-09	29.6	65,703	78.6	59.8	2.894	2.630
2015-07-13	4.6	31,283	200.5	197.4	5.604	5.571
2015-10-01	49.8	38,836	142.2	72.3	4.870	2.533
2015-11-07	21.2	39,051	291.4	118.7	7.651	3.563
2015-11-13	30.7	80,672	331.0	176.7	6.471	4.607
2015-11-16	26.2	48,951	111.8	118.7	3.214	-
2015-11-17	1.5	12,278	290.2	127.1	6.775	3.502
2015-12-02	6.7	28,062	248.0	214.8	4.074	4.594
2015-12-10	10.3	75,743	411.8	215.6	8.741	5.630
2015-12-14	9.9	46,742	371.3	184.7	12.479	7.251

2. 간이공공처리시설 배출부하량 및 모니터링

1) 수질오염총량제 시행계획의 간이공공처리시설 배출

- 제3단계 수질오염총량제 시행계획에 나타난 간이공공처리시설의 By-pass 유량, 수질 및 부하량은 다음의 [표 3-3]과 같음
- 여기에서 By-pass 유량은 시행계획 수립 당시의 유량에 의하여 산정된 것으로, 이행평가를 진행하면 해당년도의 유량 패턴에 따라 변화함
- 수질은 2015년 기준(7/5~12/14)으로 유량가중평균농도로 산정함
- 부하량은 다음의 수식에 의하여 산정함

$$\text{간이공공처리시설 배출부하량} = \text{우기시 관거이송농도} \times (1 - \text{간이공공삭감비}) \times \text{간이공공처리방류량}$$

[표 3-6] 제3단계 수질오염총량제 시행계획의 간이공공처리시설 배출

		2015	2016	2017	2018	2019	2020
By-pass 유량 (m ³ /일)		11,811	11,811	11,811	11,811	11,811	11,811
수질 (mg/L)	BOD	105.13	105.13	105.13	105.13	105.13	105.13
	T-P	2.905	2.905	2.905	2.905	2.905	2.905
부하량 (kg/일)	BOD	1,241.69	1,241.69	1,241.69	1,241.69	1,241.69	1,241.69
	T-P	34.312	34.312	34.312	34.312	34.312	34.312

2) 모니터링에 의한 간이공공처리시설 배출

- 2015년에 간이공공처리시설의 모니터링이 있었으며, 이를 통하여 배출특성을 제시할 수 있었음

- 여기에서 By-pass 유량은 다양한 조건에서의 By-pass 유량을 제시함 (상황에 따라 보다 다양한 조건을 제시할 수 있음)
- 수질은 시행계획 및 모니터링 수질(4.511 mg/L)를 제시하였으며, 대전시의 배출수질의 관리 의지에 따라 변화할 수 있음
- 부하량은 다음의 수식에 의하여 산정함

$$\text{간이공공처리시설 배출부하량} = \text{By-pass 유량} \times \text{수질}$$

[표 3-7] 모니터링에 의한 간이공공처리시설 배출

		2015	2016	2017	2018	2019	2020
By-pass 유량 (m ³ /일)		3,380	4,000	4,000	3,600	3,600	3,380
수질 (mg/L)	BOD	148.86	148.86	148.86	148.86	148.86	148.86
	T-P	4.511	4.511	2.905	4.511	2.905	2.905
부하량 (kg/일)	BOD	503.11	595.44	595.44	535.89	535.89	503.15
	T-P	15.245	18.044	11.620	16.240	10.458	9.819

3. 간이공공처리시설 삭감부하량 산정 및 조건

1) 간이공공처리시설 삭감부하량

- 할당된 [표 3-4]의 간이공공처리시설 배출부하량 및 모니터링·예측에 의한 [표 3-5]의 배출부하량 차에 의하여 삭감부하량을 산정할 수 있음
- 2015년 모니터링 자료를 바탕으로 한 삭감부하량은 BOD 738.58 kg/일, T-P 19.067 kg/일이 산정됨

[표 3-8] 간이공공처리시설 삭감부하량

		2015	2016	2017	2018	2019	2020
부하량 (kg/일)	BOD	738.58	646.25	646.25	705.80	705.80	738.54
	T-P	19.067	16.268	22.692	18.072	23.854	24.493

- 이는 제3단계 수질오염총량제 시행계획에서 예측한 대전하수처리장에서 1차침전지를 거친 미처리배출수(간이공공처리시설)의 부하량이 존재함
- 제3단계 수질오염총량제 시행계획 당시에는 미처리배출수 모니터링이 이루어지지 않아 부하량을 정량화하지 못하였음
- 이에, 1차침전지를 관리하고, 강우시에 배출되는 미처리배출수를 모니터링 함으로써 시행계획 상의 배출부하량과 모니터링 배출부하량의 차이로 삭감부하량을 산정할 수 있었음
- 2015년 기준으로 간이공공처리시설의 역할을 하는 1차침전지 유출수의 모니터링을 진행한 결과, 2015년에 T-P 기준으로 19.067 kg/일 및 2020년에 24.493 kg/일의 삭감이 가능한 것으로 나타남

2) 간이공공처리시설의 삭감 조건

- 상기 삭감부하량 산정은 2015년 모니터링 결과 및 2016~2020년의 다양한 삭감조건(배출유량, 배출수질)에 따른 예측을 수치화 한 것임
- 간이공공처리시설의 역할을 하는 1차침전지의 By-pass 유량 및 수질 모니터링을 완벽하게 진행해야함
- 향후 년도별 강수량, 모니터링 결과에 따라 삭감부하량이 상이할 수 있으며, 간이공공처리시설 배출수질 및 By-pass유량을 적용하여 2020년까지의 삭감부하량 산정 가능

3) 지속 검토사항

- 2015, 2016년 1차침전지 후 배출수질을 지속적으로 확인하여야 함
 - 2015년 실제 배출수질은 4.511 mg/L로 2014년 시행계획 배출수질 2.905 mg/L 보다 많이 높음
 - 시행계획 예측치 및 실제 모니터링 수치를 비교하여 간이공공처리 시설 목표수질 설정하여야 함 (2.905 mg/L 추천)
- 간이공공처리시설의 삭감부하량은 주로 관거유입유량 감소에 의한 간이공공처리시설 배출유량이 감소하였기 때문임
 - 이에 2015~2020년 간이공공처리시설 배출유량 재설정해야 함
 - 또한 이러한 배출유량 감소를 유발한 직·간접적인 삭감계획, 하수관 거정비 등 반영해야 함
- 간이공공처리시설에 의한 삭감계획은 다른 어떠한 삭감계획보다 비용 대비 삭감효과가 큰 계획임
 - 삭감부하량(개발부하량)이 필요한 년도를 파악한 후, 최대한 빨리 대전하수처리장의 간이공공처리시설 유출수의 유량 및 수질 모니터링 계획을 수립해야 함
 - 모니터링은 「오염총량관리시행계획 이행평가 기준」¹⁰⁾에 의함

10) 환경부, 오염총량관리시행계획 이행평가기준, 환경부고시 제2012-192호

3절 물순환 선도도시, 비점오염원관리지역의 삭감 계획에 의한 저감

1. 물순환 선도도시

1) 물순환 선도도시 필요성

- 대전시는 도시화, 산업화 및 행정구역의 확대에 따른 주거, 업무 등 다양한 토지이용으로 불투수면적이 증가하면서 강우시 유출량과 비점오염 발생량이 증가되고 있음
- 대전시의 갑천은 금강으로 흐르는 수계이며 비점오염원에 대한 집중적인 오염부하량 삭감이 요구되는 지역임. 특히 기후변화에 따른 집중호우와 가뭄으로 하천수질 관리가 어려운 실정임
- 이에, 건전한 물순환체계의 확보, 비점오염물질의 저감 및 주민친화공간 조성을 위해서 강우(降雨) 유출수 저감을 위한 저영향개발을 확대하고, 기법 도입에 따른 타당성 연구용역을 선행 후 관련 조례를 제정하고 교육·홍보시스템을 구축하는 등 물순환 선도도시로 조성하고자 함

2) 수질오염총량제와의 연관성

- 대전시는 면적의 약 75%가 갑천유역으로, 수질오염총량관리 대상지역(갑천A, 금분F, 금분G, 금분H)이며, 비점오염원에 대한 집중적인 오염부하량 삭감이 요구되는 지역임
- 대전시 비점오염원 배출부하량은 12,739.55 kg/일로, 점오염원을 포함한 총 배출부하량(17,684.70 kg/일)의 72.0%에 해당하는 높은 비율을 차지하고 있음. 더불어, 제3단계 수질오염총량제(2016~2020년)은 강화된 목표수질과 총인 추가로 총량 목표달성이 어려운 실정으로 비점오

염원에 대한 체계적인 삭감방안이 필요함

- 비점오염원 삭감사업으로 신도시 조성 및 재개발지역에서는 「대전 산업단지 재생사업지구 내 저류조」 및 「대전도안 갑천지구 친수구역 조성사업 내 인공습지」를 조성할 계획임
- 둔산·월평지역의 「물순환 선도도시 조성사업」 참여는 콘크리트 포장 등으로 인한 물순환 차단을 개선함으로써 인근하천의 건천화를 개선할 수 있으며, 강수의 영향으로 하천 수질변화가 큰 도심하천에의 오염물질 배출을 억제함으로써 대전시 할당부하량 만족에 기여할 계획임

3) 물순환 선도도시 조성의 파급효과

- 대전시는 금강수계 전체인구의 45.7%를 차지하지만 배출부하량은 15.9%를 그치는 만큼 체계적인 관리를 통해 오염물질 저감에 앞장서고 있음¹¹⁾
- 더불어 물순환 선도도시 조성사업을 진행할 경우 “건전한 물순환 체계의 확보”, “비점오염물질의 저감”, “주민친화공간 조성”과 같은 효과가 타 도시보다 클 것으로 판단됨.
- 대전시에서 현재 계획·진행 중인 “샘머리 저류공원 조성사업” 및 “공공관서 옥상녹화사업” 등의 빗물관리 계획과 연계 추진한다면 물순환 회복의 목적 달성뿐만 아니라 타 지자체에 모범적인 사례로 전파될 수 있음.
- 특히, 대전시는 지리·교통적으로 타 도시와의 연결이 우수하므로 타 도시로의 우수사례 전파 효과가 용이할 것임. 이러한 홍보·교육은 둔산·월평지역 “샘머리공원 저류습지”에 물순환 및 LID 시범사업 교육센터를 설립·관리함으로써 그 효과를 극대화할 수 있음.

11) 이재근, 금강유역의 오염원 특성과 할당부하량 비교연구, 2014

4) 시범사업 대상지

○ LID 시범사업에 효과적일 것으로 판단되는 3개 지역을 선정하여 검토

■ 1안 원도심지역(중구 대흥·부사동 일원), 2안 도안 갑천지구 친수구역, 3안 둔산·월평 일부지역

■ 3개 후보 대상지에 대해 관련부서 및 민간전문가(교수, 한국주택토지공사, 대전발전연구원)의 의견을 수렴한 결과, “둔산·월평 일부 지역” 이 토지이용이 다양하여(관공서, 공원 등) 토지이용별 LID기법 적용이 용이하며, 비점오염 저감, 그리고 환경부의 「자연마당사업」 과 연계하여 사업의 홍보효과도 클 것으로 검토되어 후보 대상지로 결정됨

■ 배수구역 면적 : 2,670,000 m²



[그림 3-3] 대전시 물순환 선도도시 사업구간

5) 예상 적용가능 기술요소

[표 3-9] 물순환 선도도시 적용가능 LID 기술

LID 기술요소	적용구역	예상규모
계	12개 LID 기술	
투수성포장	공원, 상업·업무지역, 관공서, 차도·보도	16,800 m ²
식생체류지	공원	3,000 m ²
옥상녹화	상업·업무지역, 관공서 등	7,200 m ²
침투화분	공원, 차도·보도	2,200 m ²
나무여과상자	차도·보도	100 EA
식물재배화분	상업·업무지역, 관공서, 공동·단독주택	350 EA
식생수로	공원, 상업·업무지역, 관공서, 공동주택	4,800 m
침투도랑	공원	1,500 m
침투측구	단독주택, 차도·보도	4,000 m
침투통	공원, 상업·업무지역, 관공서, 공동·단독주택, 차도·보도	560 EA
침투저류조	공원	500 m ²

6) LID 사업을 진행함에 있어서 문제점

- 지역을 시가, 비시가 등으로 구분하여 목표를 구축해야 함
- LID 기법별로 많은 문제가 발생할 수 있음. 겨울의 식생, 토양의 특성, 구조물의 안정성 등이 고려되어야 하며 도시는 기술이 제한적임
- 방재, 지하수, 수리, 토목, 수문 등 다양한 로드맵이 분야별로 필요
- LID 모니터링 방법, 기술요소에 대한 평가기준이 있어야 함. 설계 담당자에게 기본적인 교육이 필요함
- ※ 위와 같이, LID기법 적용에 대한 면밀한 검토를 요구(환경부 도시물순환포럼 설계/교육분과, 2017.6.2.)

2. 비점오염관리지역

1) 추진배경

- 비점오염원 전국조사로 각 유역별 비점오염원의 기여율이 밝혀지며 점오염원 위주의 관리 정책만으로는 수질개선을 하기 어려움
- 대전시는 도시화, 산업화 및 행정구역의 확대에 의한 주거, 업무 등 다양한 토지이용으로 불투수면적이 증가하면서 강우 유출량과 비점오염 발생량이 증가되고 있음
- 대전시에서 추진하고 있는 물순환선도도시 사업은 도심내에서 배출되는 비점오염의 저감을 위한 사업이며, 사업 대상지는 갑천과 유등천의 사이에 위치하고 있으며, 인접한 하류에 도룡가동보가 있어 건강한 수질관리를 위해 비점오염원의 관리가 필요함
- 갑천가동보는 호수공원으로써 수상레저 등 시민들의 친수공간으로 활용되고 있어 비점오염물질의 유입으로 부영양화 발생의 우려가 커 상류의 비점오염원 배출을 억제할 필요성이 큼

2) 지정목적

- 대전시의 하수관거 보급률은 2015년 통계연보 기준으로 96%이며, 대전하수종말처리장의 운영상태 또한 양호하여 중권역 전체 배출부하량이 할당부하량을 상시 만족할 것으로 보이나 비점오염원에 의한 배출부하량의 증가로 할당부하량의 초과할 우려가 있음.
- 비점오염관리 대상지역의 인구수는 19개 소유역에 총 인구수 1,087,507인이며, 해당 소유역의 배출부하량을 기준으로 한 평균 비점 기여율은 BOD의 경우 56.6%, T-P는 66.1%로 조사되어 특히 보존성이 강한 T-P의 비점오염부하저감 대책이 필요함
- 대전시는 지리적으로 세종시, 공주시 등과 인접해 있고 교통의 중심

지로 타 도시와의 연결이 우수하며, 도안신도시를 비롯하여 교통, 교육, 문화 등 도시기반 시설 및 편의 시설의 확충 등으로 인해 이에 대한 관리가 필요한 실정임. 따라서 비점오염원관리지역을 지정하여 비점오염원의 적정관리가 필요함

3) 대상지역

- 비점오염관리 대상지역으로 갑천과 유등천 합수지점의 상류로 도시외곽에 해당하는 소유역 9개를 제외한 도심지역인 갑천A13~갑천A26, 갑천A28~갑천A32의 총 19개 소유역을 대상지역으로 선정함
- 대상지는 갑천과 유등천이 합수되는 중심에 위치해 있으며, 합수 후 하류에 갑천가동보가 위치해 있음. 갑천가동보는 대전시민들의 친수 공간으로 활용되고있어 부영양화의 우려가 큰 지역임

4) 비점오염관리지역 지정 근거

- 인구
 - 해당 비점오염원 관리지역의 인구수는 1,087,507인으로 조사되어, 환경정책기본법 시행령 제2조의 기준을 만족함
- 비점오염물질의 영향 정도(비점기여율)
 - 배출부하량 기준 T-P의 비점기여율을 보면 31.3~100.0%(평균 66.1%)의 분포를 보이고 있어, 비점기여율이 높음
 - 실측에 의한 비점기여율 또한 BOD의 경우 86.9%, T-P의 경우 62.2%로 조사되는 등 비점기여율이 높음.
- ※ 이에, 대전광역시는 비점오염관리지역 중에 <그림 2>에 표시된 A18, A21, A24, A26, A28, A30, A31, A32의 8개 소유역을 ‘비점오염원관리지역’으로 관리하여 목표수질을 수립하고 관리·평가를 할 예정임



[그림 3-4] 비점오염원관리지역 위치도

5) 관리대상 물질, 목표 및 관리방안

○ 관리대상 물질 : T-P

- ▮ 배출부하량 및 실측조사에서 모두 높은 비점기여율을 나타낸 T-P를 관리대상 물질로 함. 특히 보존성이 높아 비점오염원 관리지역의 하류에 위치한 갑천가동보와 갑천하류의 수질에 영향을 미칠 수 있으므로 T-P는 대전시의 중점 관리대상이 될 필요성이 있음

- 목표수질 설정 방법 : 부하지속곡선(LDC)을 이용
 - 주목표는 관리유량 구간에서 목표수질 LDC 만족하며 관리유량은 10~50% 유량발생구간으로 하고자함. 목표수질은 10~50% 유량구간에서의 T-P 농도 50,75,90 퍼센타일 중 강화된 값으로 함
 - 강우 시 관리지점 저감시설 설계기준 누적강수량 침투수질 및 EMC 농도 설정하고 비강우시 농업, 축산, 산업 및 도시 설정함
 - 목표달성평가는 조사지점 측정 및 유역모델 결과를 이용하여 목표 설정방식과 동일한 방법 이용하여 평가함.
 - 최근 3년 10~50% 유량구간에서의 T-P농도 50, 75, 90 퍼센타일 중 강화된 값으로 하며, 강우시 관리지점 저감시설 설계기준 누적강수량 침투수질 및 EMC 농도 평가하고 계획 시 수립한 정량적 목표(삭감부하량)를 기준으로 실제 이행을 평가함
- 비점오염원 관리방안
 - 대전시에서 추진하고 있는 물순환선도도시 사업 및 대전산업단지 재생사업, 원도심 재생사업과 연계하여 구조적 방법인 LID 기법과 비구조적인 방법을 연계하여 비점오염저감 효율을 극대화하고자 함

6) 기대효과

- 갑천유역 비점오염원 발생 및 배출특성에 맞는 관리방안을 제시하여 갑천 수질개선에 기여하고자 함
- 빗물의 지하수 침투로 도심하천 유지유량 및 지하수 유량의 확보
- 갑천유역에 대한 보전방향과 비점오염원관리대책 및 정책 수립을 위한 기초자료로 활용

3. 물순환선도도시 및 비점오염원관리지역 지정에 의한 삭감방안

1) 삭감을 위한 시설의 도입

- 배출부하량 삭감을 위한 물순환도시 및 비점오염원관리지역은 도심의 물순환에 의하여 비점오염원의 배출을 삭감할 수 있음
 - 대전시의 경우 물순환선도도시에 선정되어 수립을 위한 기본계획을 진행하고 있음
 - 비점오염원관리지역은 환경부에서 지정한 이후 기본계획 수립을 위한 준비과정에 있음
- 오염배출의 삭감에 있어서 물순환선도도시 및 비점오염원관리지역은 LID기법과 같은 저감시설 및 방법이 도입되어야 함
 - 하지만, LID기법 등의 효과 및 지속성에 대해 의문의 시각이 증가하고 있는 것도 사실임. 이에 대한 충분한 검토 후, 지속성이 확보되고 관리가 가능한 방안을 진행하여야 할 것임

2) 삭감부하량 산정방안

- 삭감을 위한 기법이 제시되어 있지 않아 삭감부하량 산정방안을 제시하기에 적합지 않은 상황임
 - 단, 본 연구 3장 1절의 토지계 비점오염삭감부하량 산정방법의 산정방안을 기본으로 할 수 있을 것임

3) 준비사항

- 대전시에서 진행되고 있는 두 개 사업에 대한 삭감시설을 지속적으로 모니터링하고, 시행계획 변경에 추가될 수 있도록 해야 할 것임

4절 오수처리, 단독정화처리구역의 하수처리구역화에 의한 저감

1. 하수처리 체계의 문제점

1) 낮은 하수처리율

- 하수도통계에서 대전시의 하수처리율이 97.3%이며¹²⁾, 전국오염원조사에서는 98.0%를 나타냄
 - 이는 단독정화 인구의 상승 및 배출부하량의 상승으로 이어짐

2) 처리 인구 산정방법

- 수질오염총량제에서 제시하는 분류식, 합류식, 오수처리, 정화조, 수거식 인구는 전국오염원 조사지침에 의하여 산정이 됨¹³⁾
 - ① 분류식 인구 : 하수관거의 형태로 오수와 빗물·지하수를 구분하여 흐르도록 한 하수관거 인구

분류식 인구 = 하수처리인구 × 하수처리시설분류비(분류식)

※ 하수처리인구 = 총인구 × 하수처리율

※ 하수처리율 산정에서 하수요금부과가 없으면 “0” / 하수도요금보과가 있으면 ⇨ “처리지역에서 법정동과 일치하는 (상수도+지하수)하수처리 가정용세대수”를 “통계인구의 세대수”로 나눈 값

※ 분류식/합류식 인구 동일한 문제점으로, 하수처리율에서 하수요금부과, (상수도+지하수)하수처리 가정용 세대수의 파악이 어려우며, 실제 하수처리구역의 세대수보다 더 낮게 파악이 되고 있음 ⇨ 이는 최종적으로 낮은 하수처리 인구를 생산하며, 최종적으로는 정화조 인구의 증가를 유발시키게 됨

12) 환경부, 2015년 하수도통계, 2017

13) 환경부, 2014년도 전국오염원 조사지침, 2014

② 합류식 인구 : 오수와 빗물·지하수가 함께 흐르는 하수관거 인구

합류식 인구 = 하수처리인구 × 하수처리시설분류비(합류식)
※ 분류식 인구에서 나올 수 있는 동일한 문제점을 가지게 됨

③ 오수처리 인구 : 오수처리시설 사용인구로써 기존의 오수정화시설과 합병정화조 사용인구를 모두 포함

오수처리 인구 = (미처리인구 - 수거인구) × 오수비
※ 오수비 : 해당 법정동과 일치하는 오수처리인구비. 현재 구축된 오수처리시설을 사용하지 않지만 폐쇄신고가 되지 않아 오수처리 인구가 실제보다 과다 조사되는 경향이 있음

④ 정화조 인구 : 정화조 사용인구

정화조 인구 = 미처리인구 - (오수처리인구 + 수거인구)
※ 현재 구축된 정화조를 사용하지 않지만 폐쇄신고가 되지 않아 정화조 인구가 실제보다 과다 조사되는 경향이 있음
※ 정화조 인구를 실질적으로 줄여도, 전국오염원조사 지침에 의해서는 정화조 인구를 줄일 수 없는 문제점이 있음

⑤ 수거식 인구 : 분뇨처리방식이 수거식인 지역에 거주하는 인구

수거식 인구 = 미처리인구와 (법정리벽인구×수거비) 값의 최소값 사용
※ 생활계 인구가 수거식인 경우는 없다고 봐야함. 하지만, 수거비 산정법이 없어 정확한 수거식 인구 산정이 어려움

2. 오수처리, 단독정화처리구역 현황

1) 수질오염총량제에 있어서 오수처리, 단독정화처리 인구

[표 3-10] 대전시 동구 오수처리, 단독정화처리 인구 (수질오염총량제)

읍면동	합계	분류식	합류식	오수처리	단독정화	수거식
효동	3,815	0	3,669	79	67	0
삼정동	441	0	435	2	4	0
자양동	12,973	0	12,751	25	197	0
비룡동	302	0	208	2	92	0
주산동	235	0	204	1	30	0
용계동	0	0	0	0	0	0
마산동	110	0	54	2	54	0
효평동	207	0	106	17	84	0
직 동	106	0	63	5	38	0
신상동	231	0	182	1	48	0
신하동	285	0	217	4	64	0
신촌동	57	0	45	0	12	0
사성동	48	0	45	0	3	0
오 동	65	0	35	8	22	0
주촌동	70	0	38	13	19	0
낭월동	11,261	5,770	5,326	83	82	0
이사동	429	0	247	100	82	0
대성동	8,570	1,989	5,661	358	562	0
소호동	183	0	171	3	9	0
구도동	105	0	77	7	21	0
삼괴동	430	0	266	36	128	0
상소동	418	0	211	56	151	0
하소동	340	0	242	26	72	0
합 계	238,833	30,513	205,649	828	1,841	2

[표 3-11] 대전시 서구 오수처리, 단독정화처리 인구 (수질오염총량제)

읍면동	합계	분류식	합류식	오수처리	단독정화	수거식
변 동	17,730	0	17,694	0	36	0
용문동	15,483	0	15,442	0	41	0
탄방동	28,344	22,915	5,375	0	54	0
괴정동	20,207	0	19,073	0	1,134	0
내 동	25,459	8,119	17,252	0	88	0
둔산동	78,943	77,761	0	0	1,182	0
월평동	52,304	51,940	0	0	364	0
관저동	56,119	55,740	0	116	263	0
후석동	690	359	84	25	222	0
매노동	412	149	0	145	118	0
산직동	384	0	108	75	201	0
장안동	606	0	283	185	138	0
평촌동	658	0	258	108	292	0
오 동	379	0	218	28	133	0
우명동	210	0	21	10	179	0
월정동	365	0	174	42	149	0
용촌동	206	0	71	24	111	0
봉곡동	236	0	129	45	62	0
괴곡동	368	0	318	19	31	0
합 계	494,379	306,029	182,730	822	4,798	0

[표 3-12] 대전시 대덕구 오수처리, 단독정화처리 인구 (수질오염총량제)

읍면동	합계	분류식	합류식	오수처리	단독정화	수거식
석봉동	12,973	554	6,367	2,899	3,153	0
목상동	7,017	2,455	3,839	531	192	0
문평동	148	0	0	40	0	108
신일동	684	591	65	7	21	0
평촌동	3,751	265	2,389	413	684	0
장 동	805	0	801	1	3	0
용호동	101	0	82	7	12	0
합 계	195,034	102,886	84,077	3,898	4,065	108

[표 3-13] 대전시 유성구 오수처리, 단독정화처리 인구 (수질오염총량제)

읍면동	합계	분류식	합류식	오수처리	단독정화	수거식
원내동	13,624	13,551	0	52	21	0
교촌동	5,123	4,970	0	16	137	0
학하동	847	654	0	91	102	0
계산동	5,816	0	5,003	208	201	404
봉명동	26,364	24,781	1	0	1,274	308
덕명동	4,989	4,255	0	246	488	0
상대동	18,888	18,232	0	45	25	586
복용동	1,145	1,091	0	51	3	0
지족동	42,346	38,891	0	3,209	246	0
죽 동	7,813	5,938	0	1,129	746	0
구성동	974	445	0	353	176	0
장 동	156	0	0	82	74	0
방현동	5	0	0	5	0	0
화암동	280	271	0	3	6	0
덕진동	79	36	0	43	0	0
하기동	11,449	11,168	0	256	25	0
자운동	108	98	0	10	0	0
수남동	91	0	64	0	27	0
안산동	405	0	332	36	37	0
외삼동	573	0	485	63	25	0
반석동	11,817	11,639	0	95	83	0
문지동	114	52	0	61	1	0
탑립동	478	331	0	125	22	0
용산동	5,163	4,831	0	324	8	0
봉산동	8,437	8,262	0	90	85	0
관평동	24,532	24,094	0	50	51	337
금고동	2	0	0	1	1	0
대 동	267	0	265	1	1	0
합 계	349,107	297,357	39,605	6,645	3,865	1,635

[표 3-14] 대전시 중구 오수처리, 단독정화처리 인구 (수질오염총량제)

읍면동	합계	분류식	합류식	오수처리	단독정화	수거식
선화동	16,574	0	16,456	2	116	0
사정동	6,420	6,324	0	5	91	0
안영동	1,820	1,480	0	129	211	0
무수동	88	0	73	2	13	0
구완동	63	0	57	0	6	0
침산동	162	0	122	14	26	0
목달동	158	0	70	32	56	0
정생동	220	0	183	22	15	0
어남동	186	0	71	16	99	0
금 동	143	0	109	4	30	0
합 계	254,052	28,317	224,846	226	663	0

[표 3-15] 대전시 오수처리, 단독정화처리 인구 (수질오염총량제)

읍면동	합계	분류식	합류식	오수처리	단독정화	수거식
동 구	238,833	30,513	205,649	828	1,841	2
중 구	254,052	28,317	224,846	226	663	0
서 구	494,379	306,029	182,730	822	4,798	0
유성구	349,107	297,357	39,605	6,645	3,865	1,635
대덕구	195,034	102,886	84,077	3,898	4,065	108
합 계	1,531,405	765,102	736,907	12,419	15,232	1,745

○ 2016년 기준 대전시의 전체 인구는 1,531,405인

■ 분류식 인구는 765,102인으로 50.0%, 합류식 인구는 736,102인으로 48.1%, 오수처리 인구는 12,419인으로 0.8%, 단독정화 인구는 15,232인으로 1.0%, 수거식 인구는 1,745인으로 0.1%을 차지함

■ 이 중 하수처리장에 유입되지 않는 인구는 동구 대성동, 중구 안영동, 서구 괴정동/둔산동, 유성구 봉명동/지족동/죽동, 대덕구 석봉동, 평촌동이 해당함

2) 하수처리체계의 문제점

- 하수도정비기본계획에서 제시하는 하수처리인구와 수질오염총량제에서 산정하는 하수처리인구가 일치하지 않음
 - 하수도정비기본계획에서는 하수처리분구를 정하고, 하수관로가 매설된 지역은 하수처리 인구로 정하고 있음
 - 반면, 수질오염총량제에서는 하수도요금 징수 인구를 중심으로 하수도율을 산정하여, 하수관로가 매설되어 하·폐수처리장에 연계·처리하여도 하수처리 인구로 인정하지 않음
 - 이에, 수질오염총량제서 산정되는 하수처리 인구가 하수도정비구역의 하수처리 인구와 상이한 경향이 있음

3. 하수처리구역 확대에 의한 삭감계획 및 조건

1) 하수관거의 연장 및 소규모 하수처리시설의 구축

- 하수관거에 연결되지 않은 지역의 하수관거 확충 사업으로 하수처리구역 확대
 - 반면, 하수관거가 형성되지 않은 지역 중에 기존의 하수처리구역에서 멀리 떨어진 단독정화 및 오수처리 대상이 많음
 - 이러한 지역은 하수관거를 연결하고 관리하는데 있어 이송하는 오수량에 비해 현실성이 떨어지는 경우가 많음
 - 이에, 대전시는 소규모 하수처리시설 설치 및 하수관거의 연장과 같은 방법은 하수처리율을 높이기엔 적당하지 않은 것으로 판단됨
 - 하수처리구역에서 멀리 떨어진 지역은 하수처리율을 높이는 방법보다는 간이처리 후 지역특성에 맞는 후처리공정을 추가하는 것이 효율적인 방법이라고 판단됨

2) 오수처리시설, 단독정화조시설 정상화

- 오수처리시설 및 단독정화조가 하수관거에 연결되어 있지만, 해당시설을 폐쇄하지 않아 관리대장에 남겨져 있는 상황이 있음
 - 제1단계 수질오염총량관리제부터 해결해야 할 사항이지만, 이의 진행이 순조롭지 않아 오수처리 인구 및 단독정화조 처리 인구가 많게 나타나고 있음
 - 필요성이 떨어지는 오수처리시설 및 단독정화조를 폐쇄하여 하수처리구역을 확대할 수 있으며, 이로 인하여 배출부하량을 삭감할 수 있음
- 건물구조, 하수관거와의 관계 등으로 단독정화조를 철거하지 못하여 대장이 남아있는 경우가 있음
 - 이 경우 하수관거를 통해 처리를 하지만 정화조 청소비용과 하수도세를 동시에 징수하는 문제점도 발생함
 - 배출된 오수를 정화조를 거치지 않고 직접 하수관거에 연결하는 방법을 사용하여 정화조를 철거하지 않고 하수처리구역으로 편입하는 방법을 진행할 수 있을 것으로 판단됨

3) 단독정화의 공공하수도 편입에 의한 삭감부하량 산정 사례

- 수질오염총량제 제3단계 시행계획
 - 2020년까지 하수도정비기본계획에 따른 단독정화처리를 대전하수처리장 등에 편입시킴으로써 T-P를 기준으로 2020년까지 3.063 kg/일을 삭감할 예정임
 - 위 삭감계획 기준으로 보면, 961인의 단독정화인구가 하수처리구역화 되면서 도출된 결과로 3.749 g/인의 삭감원단위가 산정됨
 - 단, 이러한 삭감은 지역특성에 따라 달라질 수 있지만, 대전시 어느 곳에서 단독정화인구를 조정할 수 있는지 정확히 예측할 수 없는

상황을 고려하면 개략적인 삭감부하량이 어느 정도가 예상되는지를 추정할 때 적용할 필요가 있음

[표 3-16] 제3단계 T-P 삭감계획에 의한 삭감부하량 및 이행시기

단위 구역	삭감방법	삭감 부하량 (kg/일)	삭감부하량 이행시기(kg/일)					이행 주체
			2016년	2017년	2018년	2019년	2020년	
갑천A	처리구역 확대	2.515	-	-	-	-	2.515	
금분F		0.907	-	-	-	-	0.907	
금분G		0.180	-	-	-	-	0.180	
합 계		3.603	-	-	-	-	3.603	

4) 단독정화처리 인구감소에 의한 삭감

○ 단독정화인구 집중 관리지역 선정

- 단독정화처리를 하수처리장 연계에 쉽게 할 수 있도록 시가지역에 있는 지역을 대상으로 하여 다음의 [표 3-17]에 나타내었음. 대상은 동구 3개동, 중구 1개동, 서구 4개동, 유성구 6개동 및 대덕구 3개동이 해당함
- 해당 지역 중 동구, 중구, 서구, 유성구의 14개 동은 갑천A 단위구역에, 대덕구의 3개 동은 금분G에 해당함
- 단독정화처리 인구의 하수처리장 연결은 하수도정비기본계획 및 수질오염총량제 연차별 삭감계획, 그리고 연결 난이도 등을 고려하여 일시적인 삭감보다는 장기적인 계획을 세워 추진하는 것이 바람직하다고 판단됨

[표 3-17] 단독정화의 하수처리장 연계가능 인구 및 예상 삭감부하량

구/동	단독정화인구 (인)	삭감원단위 (g/인/일)	1인물사용량 (Lpcd)	삭감부하량 (kg/일)
동 구 효 동	67	3.749	293.3	0.251
자양동	197	3.749	293.3	0.739
대성동	562	3.749	293.3	2.107
중 구 선화동	116	3.749	293.3	0.435
서 구 괴정동	1,134	3.749	293.3	4.251
둔산동	1,182	3.749	293.3	4.431
월평동	364	3.749	293.3	1.365
관저동	263	3.749	293.3	0.986
유성구 교촌동	137	3.749	293.3	0.514
학하동	102	3.749	293.3	0.382
봉명동	1,274	3.749	293.3	4.776
지족동	246	3.749	293.3	0.922
죽 동	746	3.749	293.3	2.797
구성동	176	3.749	293.3	0.660
대덕구 석봉동	2,899	3.749	293.3	10.868
목상동	192	3.749	293.3	0.720
평촌동	684	3.749	293.3	2.564
합 계	10,341	3.749	293.3	38.758

- 5개구 14개동의 단독정화 인구는 총 10,341인이며, 모두 하수처리구 역화 할 경우 총 T-P 38.758 kg/일(점배출, 갑천A 24.616 kg/일, 금본G 14.152 kg/일)에 해당하는 삭감효과를 얻을 수 있음
- 이는 대전시 수질오염총량제 제3단계 시행계획의 총 지역개발부하량인 30.688 kg/일(점배출 12.714, 비점배출 17.954)보다 많은 것으로, 제3단계 추가삭감 및 제4단계 삭감계획을 제공할 수 있음

5절 투수성포장 적용에 의한 저감

1. 지목의 원단위에 따른 발생부하량

1) 지목변화의 중요성

- 수질염총량관리 기술지침에는 5개의 지목별로 BOD 및 T-N, T-P의 발생부하량 원단위를 정의하고 있음¹⁴⁾

[표 3-18] 토지계 지목별 연평균 발생부하원단위 (단위: kg/km²/일)

지목	BOD	T-N	T-P
전	1.59	9.44	0.24
답	2.30	6.56	0.61
임야	0.93	2.20	0.14
대지	85.90	13.69	2.10
기타	0.960	0.759	0.027

- ‘전’ 은 지목별 면적 중 전, 과수원을 포함
- ‘답’ 은 지목별 면적 중 답
- ‘임야’ 는 지목별 면적 중 임야
- ‘대지’ 는 대지, 공장용지, 학교용지, 도로(사면 제외), 철도용지(선로 제외), 주차장, 주유소용지, 창고용지, 체육용지(골프장, 스키장 제외), 유원지, 종교용지, 사적지 포함. 도로사면 및 철도선로는 기타에 산입하며, 골프장, 스키장은 실제 토지이용형태에 따라 산입함
- ‘기타’ 는 광천지, 염전, 제방, 하천, 구거, 유지, 양어장, 수도용지, 공원, 묘지, 목장용지, 잡종지를 포함

14) 국립환경과학원, 수질염총량관리기술지침, 2014

- 하천부지 점용용지는 토지이용형태에 따라 해당 지목에 산입함
- 도심에서 많은 비율을 차지하는 대지의 T-P 발생부하원단위가 2.10 kg/km²/d 이지만, 전은 0.24 kg/km²/d로 약 10배의 차이가 있음
- 전에서 대지로 지목이 변환되는 개발사업이 발생할 경우, 그에 의한 생활계 오염의 증가보다 지목변화에 의한 비점오염원 배출의 증가가 오히려 큰 문제로 발생함
- 이에, 개발사업을 진행할 때에는 지목의 변화가 생기지 않도록, 지목 변화가 있어도 토지이용의 형태가 불투수층이 아닌 투수층을 유지하여 물순환을 유도하여야 함

2) 대전시 5개 지목면적 및 토지계 발생부하량

- 대전시에 해당하는 지목을 수질오염총량제의 5개 지목으로 변환한 면적과, 이에 의한 발생부하량 및 배출부하량을 다음의 [표 3-?]에 나타냄¹⁵⁾

[표 3-19] 대전시 지목별 면적 및 발생부하량 (단위: km², kg/km²/일)

지목	면적	발생부하량	
		BOD	T-P
전	30.123	47.94	7.236
답	32.123	73.73	19.555
임야	279.554	259.46	39.058
대지	129.197	11,075.50	270.763
기타	68.262	65.40	1.839

15) 대전광역시, 대전광역시 수질오염총량관리 시행계획 2015년 이행평가 보고서, 2016

2. 토지배출의 삭감 방법

1) 삭감 방법

- 『수질오염총량관리를 위한 비점오염원 최적관리지침』(국립환경과학원, 2012)에 따라 비점오염 삭감계획을 수립할 수 있으며, 아래 [표 3-?]의 저감효율을 적용하여 산정
- 투수성포장 집수구역의 원단위는 수질오염총량관리기술지침(국립환경과학원, 2014)에 따라 BOD 85.9 kg/km²/일, T-N 13.69 kg/km²/일, T-P 2.10 kg/km²/일을 적용하여 산정

$$\Delta L = A \times UL \times \text{삭감대상부하비} \times E/100$$

여기서 ΔL = 삭감부하량(kg/일), A = 집수구역면적(km²),
 UL = 집수구역의 원단위(kg/일/km²),
 E = 저감시설의 저감효율(%)

[표 3-20] 침투형 비점오염저감시설 저감효율(%)

구 분		BOD	T-N	T-P
침투형	투수성포장	75	83	65
	침투저류지	69	58	69
	침투도랑	77	62	73
	침투통, 침투관, 침투측구	53	72	46

3. 삭감을 위한 투수성포장 필요자료 (관련부서 협조 양식)

1) 비점오염 삭감의 필요성

- 수질오염총량제는 수계별 단위유역 목표수질 설정 및 목표수질을 달성할 수 있도록 지자체별로 오염물질의 배출한도를 관리하는 제도임
- 대전시는 「금강수계 물관리 및 주민지원 등에 관한 법률」에 따라 수질오염총량제를 실시하고 있으며, 현재 제3단계(2016~2020년)를 시행중임
- 향후 할당부하량이 초과되거나 개발부하량이 초과되는 경우, 지목의 변환 등 배출부하량이 증가하는 개발사업 진행이 불가능함
- 이러한 문제점의 해결을 위한 방안으로, 대지의 투수율 향상이 이루어지는 각종 사업을 대상으로 삭감계획의 적용 가능성 검토하여 삭감부하량(개발부하량)을 산정할 필요가 있음. 이에 대전시와 개발수행부서간의 내용 인지 및 자료협조가 필요함

오염총량관리계획 설정

- 수계를 단위유역으로 나누고, 단위유역별로 목표수질을 달성·유지할 수 있는 오염물질의 배출한도(허용총량)를 설정, 관리하는 제도



개발사업 추진 불가능

- 배출부하량이 증가하여 할당부하량 미준수 시
→ 개발사업 진행에 제약을 받게 됨



[그림 3-5] 수질오염총량제에서 관리하는 삭감계획 및 개발사업 추진과의 관계

2) 적용 대상시설의 특성

○ 투수블록, 투수성포장의 기능

- 주요기능 : 여과기능, 침투기능, 증발산, 지하수함양
- 강우유출수와 오염물질 저감을 위해 다공성 아스팔트, 콘크리트, 투수블록 등과 쇄석의 공극을 통과하여 강우유출수를 토양에 침투시키고 오염물질을 저감



[그림 3-6] 투수블록의 시공 사례



[그림 3-7] 투수성포장의 시공 사례

- 투수성포장은 「수질 및 수생태계 보전에 관한 법률」 시행규칙 별표6에서 규정하고 있는 비점오염저감시설 중 침투시설 중 유공포장의 기능을 가짐

- 투수성포장은 「수계오염총량관리기술지침」에서 구분하고 있는 비점오염저감시설 중 투수성포장의 기능을 가짐

[표 3-21] 투수성포장의 기술 효율

BOD	T-N	T-P	유출저감량(Q)	침투유량
75%	83%	65%	15.7~38.2%	19.9~40.3%

- BOD, T-N, T-P : 수계오염총량관리기술지침 중 투수성포장
- 유출저감량, 침투유량 : 투수성 포장재를 사용한 호우시 우수유출 저감효과 분석¹⁶⁾

○ 투수성포장 저감사례[목동3 재정비촉진구역 주택재개발 정비사업]¹⁷⁾

- 사업명 : 목동3 재정비촉진구역 주택재개발 정비사업
- 대상지 : 대전광역시 중구 목동 1-95번지 일원
- 개발면적 : 56,993.89 m²
- 사업기간 : 2015년 ~ 2020년
- 사업대상지역 사업 후 토지계 삭감부하량 및 최종배출부하량(BOD)
 - 침투형 : 투수성포장(2,412.16 m²)

사업 후 배출부하량 (kg/일)	삭감대상 배출부하량 ¹⁾ (kg/일)	개별삭감 대상부하비	BOD 제거율 (%)	삭감 부하량 ²⁾ (kg/일)	최종 배출부하량 (kg/일)
3.867	0.207	1	75%	0.155	3.712

1) 투수성포장 면적(2,412.16 m²) × 대지 발생부하원단위(85.9 kg/km².일) × 10⁻⁶
 2) 삭감대상배출부하량(0.207 kg/일) × 개별삭감대상부하비 × 제거효율(0.75)

16) 이재응, 여운광, 심재현, 강태호, 투수성 포장재를 사용한 우수유출 저감효과 분석, 대한토목학회, 2001
 17) 대전광역시, 수질오염총량관리제 협의관련 검토결과 보고, 2015

- 사업대상지역 사업 후 토지계 삭감부하량 및 최종배출부하량(T-P)
- 침투형 : 투수성포장(2,412.16 m²)

사업 후 배출부하량 (kg/일)	삭감대상 배출부하량 ¹⁾ (kg/일)	개별삭감 대상부하비	BOD 제거율 (%)	삭감 부하량 ²⁾ (kg/일)	최종 배출부하량 (kg/일)
0.0945	0.0051	1	65%	0.0033	0.0912

1) 투수성포장 면적(2,412.16 m²) × 대지 발생부하원단위(2.10 kg/km²·일) × 10⁻⁶
2) 삭감대상배출부하량(0.0051 kg/일) × 개별삭감대상부하비 × 제거효율(0.65)

3) 비점오염 관리를 위한 내용 및 계획의 작성 및 삭감부하량 산정

- 제3단계 수질오염총량제에 적용하기 위한 투수성 향상 사업으로 2015년 이후에 완공된 사업에 적용됨
 - 2020년 이전에 완공되는 사업은 제3단계에 적용하며, 2021년부터 완공되는 사업은 향후 제4단계 수질오염총량제에 적용할 수 있음
- 투수성 향상 사업에 의한 삭감부하량 산정을 위해서는 설치계획서 등의 세부사항이 첨부로 필요함
 - 삭감부하량 산정을 위해 조사된 사업 및 삭감부하량 산정을 위해 필요한 사항은 다음의 [표 3-22] 및 [표 3-23]과 같이 나타내었음
 - 총 25개 사업이 있었으며 대부분 도심을 재포장하면서 투수블록을 적용하였음
 - 삭감효과로 25개 사업에서 BOD 2.19 kg/일, T-P 0.044 kg/일의 삭감부하량이 산정되었음
 - 반면, 이러한 침투시설의 효율을 지속하기 위한 관리가 반드시 필요함

[표 3-22] 대전시 내 투수성 향상 사업현황 및 계획

연번	사업명	착공일	완료일	위치
1	쌍청당로 주변 보도정비공사	2015.04.03	2015.06.04	대덕구 쌍청당로 일원
2	계족산로5번안길 보도정비공사	2015.10.27	2016.01.24	대덕구 계족산로5번안길 일원
3	읍내동 현대@ 보도정비공사	2015.11.04	2016.01.02	대덕구 읍내동 현대@ 앞
4	선비마을1단지 외 4개소 보도정비공사	2015.11.04	2016.01.02	대덕구 선비마을1단지 외 4개소
5	읍내동 자전거도로 정비공사	2017.04.28	2017.06.19	대덕구 읍내동 100번지 일원
6	반지어린이집 주변 어린이보호구역 정비사업	2017.04.20	2017.08.04	서구 계룡로 379-25 일원
7	성천초 및 성룡초 주변 어린이보호구역 정비사업	2017.04.11	2017.06.09	서구 갈마역로 139 일원
8	2016 노인보호구역 개선사업	2016.05.24	2016.07.21	동구 세천공원로 69(삼곡경로당)
9	2017년 자전거 이용시설 정비공사	2017.02.15	2017.06.27	만년동 1번지 일원 외 1개소
10	서구 문화원 앞 자전거도로 정비공사	2017.03.15	2017.05.30	탄방동 667번지 일원
11	성룡초 일원 보도 정비공사	2017.03.20	2017.05.17	월평동 304번지 일원
12	자전거 보행자 겸용도로 정비사업	2017.03.28	2017.06.28	도마네거리 일원
13	햇님,한마루아파트 주변 보도 정비	2017.03.28	2017.06.21	둔산동 1383번지 일원
14	대학로 유니버설디자인 문화도시 조성사업	2015.05.29	2016.04.19	유성구 대학로 일원
15	태평로 유니버설디자인 문화도시 조성공사	2015.05.26	2016.05.27	중구 태평로 태평~버드내네거리
16	상습교통정체구간(대덕대 로)개선사업	2015.12.21	2016.09.13	서구 둔산동 은하수~정부청사역
17	한밭대로 간선자전거 도로망 구축사업	2016.11.28	2017.06.13	유성구죽동삼거리일원
18	수통골 주차장 조성공사	2014.12.26	2015.12.11	유성구 계산동 354
19	대전학하지구 주차장 조성공사	2015	2015.09.11	유성구 복용동 604-1
20	대전학하지구 주차장 조성공사	2015	2015.09.11	유성구 학하동 714-9
21	대전학하지구 주차장 조성공사	2015	2015.09.11	유성구 학하동 721-1
22	대전학하지구 주차장 조성공사	2015	2015.09.11	유성구 덕명동 595
23	대전학하지구 주차장 조성공사	2015	2015.09.11	유성구 계산동 758-7
24	장대동 공영주차장 환경정비공사	2017.05.16	2017.06.28	유성구 장대동 263-2
25	노은역 동편광장 정비공사	2015.03.31	2015.05.10	유성구 노은로 161(지족동 903)

[표 3-23] 대전시 내 투수성 향상 식감방법 및 사업주체 (m², m×m)

연번	식감방법	사업면적	폭×길이	사업주체	유지관리
1	투수블록	476	3×158	대덕구	대덕구
2	투수블록	2,500	2.5×1000	대덕구	대덕구
3	투수블록	620	2×310	대덕구	대덕구
4	투수블록	140	2×70	대덕구	대덕구
5	투수블록	574	3.5×164	대덕구	대덕구
6	투수블록	180	1.8×100	자체사업	건설과
7	투수블록	300	2.3×108	자체사업	건설과
8	투수블록	853	3.2×370	보조사업	교통과
9	투수아스콘	2,431	1.5~5.2×691	건설과	건설과
10	투수아스콘	939	1.5~7.2×335	건설과	건설과
11	투수아스콘	1,266	3~4×362	건설과	건설과
12	투수블록	3,590	4~7.2×680.5	건설과	건설과
13	투수블록	1,328	2×664	건설과	건설과
14	투수블록	9,099	1.5~5×2930	자체사업	유성구 건설과
15	투수블록	149	1.5~5×2030	자체사업	중구 건설과
16	투수블록	2,633	1.5~10×360	자체사업	서구청 건설과
17	투수블록	2,658	1.5~5.5×3300	자체사업	유성구건설과
18	투수블록	3,033		유성구	유성구
19	투수블록	109		대전광역시	유성구
20	투수블록	197		대전광역시	유성구
21	투수블록	167		대전광역시	유성구
22	투수블록	135		대전광역시	유성구
23	투수블록	90		대전광역시	유성구
24	투수블록	210		유성구	유성구
25	투수블록	209	14.4×14.5	자체사업	운송주차과

[표 3-24] 대전시 내 침투시설 설치현황 및 삭감부하량

연번	저감효율		삭감대상부하량 (kg/일)		삭감대상부하비		삭감부하량 (kg/일)	
	BOD	T-P	BOD	T-P	BOD	T-P	BOD	T-P
1	0.75	0.65	0.04	0.001	1	1	0.03	0.001
2	0.75	0.65	0.21	0.005	1	1	0.16	0.003
3	0.75	0.65	0.05	0.001	1	1	0.04	0.001
4	0.75	0.65	0.01	0.000	1	1	0.01	0.000
5	0.75	0.65	0.05	0.001	1	1	0.04	0.001
6	0.75	0.65	0.02	0.000	1	1	0.01	0.000
7	0.75	0.65	0.03	0.001	1	1	0.02	0.000
8	0.75	0.65	0.07	0.002	1	1	0.05	0.001
9	0.75	0.65	0.21	0.005	1	1	0.16	0.003
10	0.75	0.65	0.08	0.002	1	1	0.06	0.001
11	0.75	0.65	0.11	0.003	1	1	0.08	0.002
12	0.75	0.65	0.31	0.008	1	1	0.23	0.005
13	0.75	0.65	0.11	0.003	1	1	0.09	0.002
14	0.75	0.65	0.78	0.019	1	1	0.59	0.012
15	0.75	0.65	0.01	0.000	1	1	0.01	0.000
16	0.75	0.65	0.23	0.006	1	1	0.17	0.004
17	0.75	0.65	0.23	0.006	1	1	0.17	0.004
18	0.75	0.65	0.26	0.006	1	1	0.20	0.004
19	0.75	0.65	0.01	0.000	1	1	0.01	0.000
20	0.75	0.65	0.02	0.000	1	1	0.01	0.000
21	0.75	0.65	0.01	0.000	1	1	0.01	0.000
22	0.75	0.65	0.01	0.000	1	1	0.01	0.000
23	0.75	0.65	0.01	0.000	1	1	0.01	0.000
24	0.75	0.65	0.02	0.000	1	1	0.01	0.000
25	0.75	0.65	0.02	0.000	1	1	0.01	0.000
합 계							2.19	0.044

6절 하수관로 정비 및 하수도 편입에 의한 저감

1. 가수원동 일원 하수관로 정비

1) 사업개요

- 도안신도시 등 개발지역 하수도가 분류식으로 설치되었으나, 인근의 가수원동 지역은 합류식으로 악취·해충 등 위생복지가 낙후되어 주민 복지향상 및 도시균형발전을 위해 분류식화 하수관로 정비를 추진

- 위 치 : 대전 서구 가수원동 은아아파트 일원
- 방류수계 : 갑천 → 금강
- 총사업비 : 5,606백만 원(총 국고 1,682백만원)

2) 하수도보급률 향상 효과 및 추진일정

[표 3-25] 가수원동 하수도보급률 향상 효과

	처리구역 면적(km ²)		보급률(명)				
			총인구	처리인구		보급률(%)	
	현행	사업후		현행	사업후	현행	사업후
대전하수 처리장	118.36	118.36	1,518,775	1,477,417	1,477,417	97.3	97.3

- 기존 하수처리구역 내 분류식 관로 신설 및 기존관로 개량으로 보급률 변경사항은 없음

[표 3-26] 가수원동 향후 추진일정

구 분	공사발주	공사착수	공사종료	시운전	준공일
추진기간	2016.11.	2016.12.	2018.12.		2018.12.

2. 장동처리분구 하수관로 정비

1) 사업개요

- 하수처리 외 구역인 장동지역의 오수가 용호천으로 방류되어 금강 수질오염을 가중시키고 있음
- 오수를 대전하수처리장으로 연계하여 소하천 수질정화로 금강수계 상류 수질 오염물질 유입을 미연에 방지

■ 위 치 : 대덕구 장동일원 욱골 등 5개 단위부락

■ 방류수계 : 갑천→금강

■ 총사업비 : 6,021백만 원(총국고 1,806백만 원)

2) 하수도보급률 향상 효과 및 추진일정

[표 3-27] 장동처리분구 하수도보급률 향상 효과

	처리구역 면적(km ²)		보급률(명)				
			총인구	처리인구		보급률(%)	
	현행	사업후		현행	사업후	현행	사업후
대전하수 처리장	118.36	118.36	1,518,775	1,477,417	1,477,417	97.3	97.3

- 기존 하수처리구역 내 분류식 관로 신설 및 기존관로 개량으로 보급률 변경사항은 없음

[표 3-28] 장동처리분구 향후 추진일정

구 분	공사발주	공사착수	공사종료	시운전	준공일
추진기간	2017. 4.	2017. 4.	2018. 12.		2018. 12.

3. 대덕연구단지 일원 하수관로 정비

1) 사업개요

- 대덕연구개발특구(문지동, 전민동, 화암동 등) 일원의 하수관로가 노후화가 심각하게 진행
- 노후된 하수관로의 정비로 방류 수역인 갑천의 수질오염을 방지하고 민원 및 생활불편 해소와 지역 주민의 삶의 질을 향상시키고자 함
- 위 치 : 대전광역시 유성구 문지, 전민, 화암동 일원
- 방류수계 : 관평천, 탄동천 → 갑천 → 금강
- 총사업비 : 8,552백만원(총 국고 2,133백만원)

2) 하수도보급률 향상 효과 및 추진일정

[표 3-29] 대덕연구단지 하수도보급률 향상 효과

	처리구역 면적(km ²)		보급률(명)				
			총인구	처리인구		보급률(%)	
	현행	사업후		현행	사업후	현행	사업후
대전하수 처리장	118.36	118.36	1,518,775	1,477,417	1,477,417	97.3	97.3

- 기존 하수처리구역 내 분류식 관로 신설 및 기존관로 개량으로 보급률 변경사항은 없음

[표 3-30] 대덕연구단지 하수관로 정비 향후 추진일정

구 분	공사발주	공사착수	공사종료	시운전	준공일
추진기간		2014.02	2016.04	2016.4.~ 2018.12.	2018.12.

4. 대전 1,2산단 처리분구 하수관로 분류화

1) 사업개요

- 1:2산단 재생산업단지 지구지정에 따른 하수도시설 정비계획과 연계하여 기존 하수관 정비를 통한 하수관로기능 정상화로 방류수역인 갑천의 수질오염방지와 주민생활환경을 개선함에 그 목적이 있음
 - 위 치 : 대전광역시 오정동 외 6개동 일원
 - 방류수계 : 갑천 → 금강
 - 총사업비 : 48,451백만 원(총 국고 14,535백만원)
- 대전시 1:2산단은 현재 재생산업단지 지구지정 대상으로 재생 계획을 수립중이며, 주요 사업내용으로는 기반시설(도로, 상·하수관로 등) 확충 및 정비계획이 포함되어 2020년 완료를 목표로 공사 중에 있음

2) 하수도보급률 향상 효과 및 추진일정

[표 3-31] 1,2산단 하수도보급률 향상 효과

	처리구역 면적(km ²)		보급률(명)				
			총인구	처리인구		보급률(%)	
	현행	사업후		현행	사업후	현행	사업후
대전하수 처리장	118.36	118.36	1,518,775	1,477,417	1,477,417	97.3	97.3

- 기존 하수처리구역 내 분류식 관로 개량으로 보급률 변경 없음

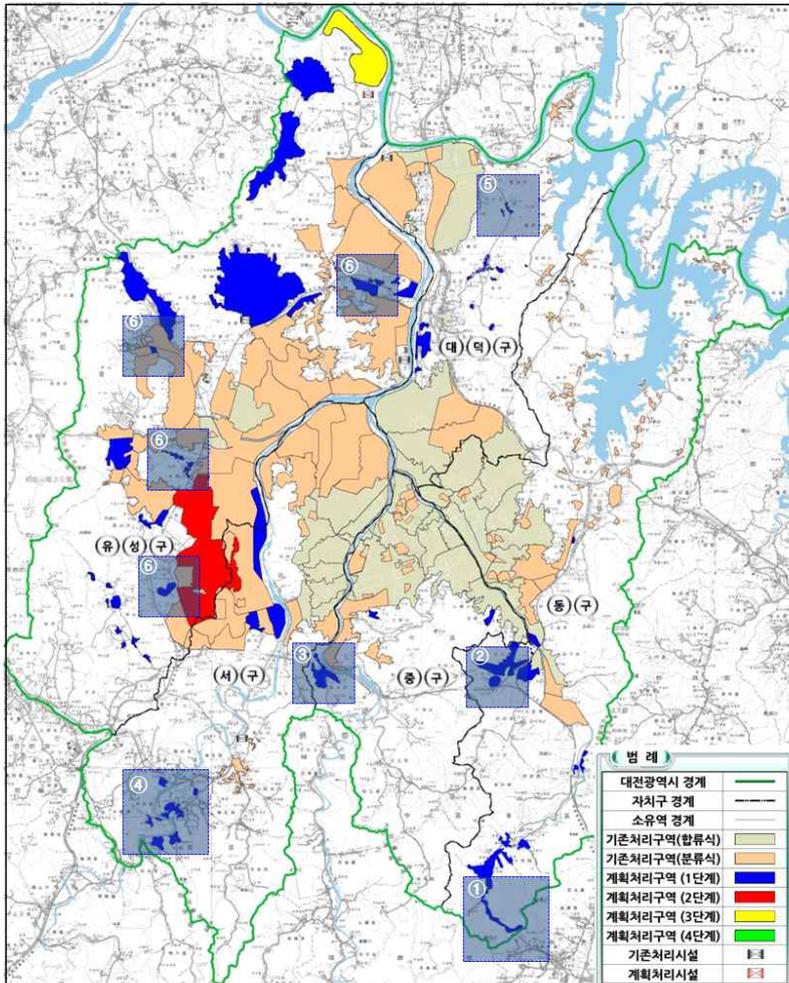
[표 3-32] 1,2산단 하수관로 정비 향후 추진일정

구 분	공사발주	공사착수	공사종료	시운전	준공일
추진기간		2014.02	2016.04	2016.4.~ 2018.12.	2018.12.

5. 하수미처리구역 공공하수도 편입계획

1) 하수미처리구역 공공하수도 편입계획

- 하수정비기본계획 1단계(~2020년)에 따르면 5개 자치구, 6개 지역의 하수미처리구역을 공공하수도에 편입하려는 계획을 가지고 있음



[그림 3-8] 공공하수도 편입지역

2) 공공하수도 편입지역 개요

- 동구 만인산 인근 하수관로정비사업
 - 사업개요 : 만인산 인근 하수미처리구역 → 공공하수도 편입
 - 사업위치 : 동구 이사동 192번지 일원 (처리구역 A=127,000 m²)
- 동구 절암천 취락지역 하수관로정비사업
 - 사업개요 : 절암천 취락지역 하수미처리구역 → 공공하수도 편입
 - 사업위치 : 동구 하소동 460번지 일원 (처리구역 A=49,700 m²)
- 중구 안영IC 일원 하수관로정비사업
 - 사업개요 : 안영IC 일원 하수미처리구역 → 공공하수도 편입
 - 사업위치 : 중구 안영동 600번지 일원 (처리구역 A=192,700 m²)
- 서구 평촌일반산업단지 일원
 - 사업개요 : 평촌일반산업단지(계획) 인근 취락지역 하수미처리구역 → 공공하수도 편입
 - 사업위치 : 서구 평촌동 360번지 일원 (처리구역 A=245,000 m²)
- 유성구 지족동 등 5개 마을
 - 사업개요 : 유성구 5개 마을 하수미처리구역 → 공공하수도 편입
 - 사업위치
 - ① 유성구 지족동 580번지 일원 (처리구역 A=60,000 m²)
 - ② 유성구 교촌동 490번지 일원 (처리구역 A=32,000 m²)
 - ③ 유성구 구암동 328번지 일원 (처리구역 A=140,000 m²)
 - ④ 유성구 구암동 479번지 일원 (처리구역 A=42,000 m²)
 - ⑤ 유성구 탑립동 588번지 일원 (처리구역 A=154,000 m²)
- 대덕구 상용호마을
 - 사업개요 : 상용호 마을 하수미처리구역 → 공공하수도 편입
 - 사업위치 : 서구 용호동 119번지 일원 (처리구역 A=37,000 m²)

6. 하수관로 정비, 공공하수도 편입에 의한 삭감계획 적용 방안

1) 하수관로 정비사업 사례

- 1~4와 같이 「대전시 하수도정비기본계획」에 제시된 하수관로정비 사업 외에 다음의 사업들이 있음
 - 신탄진 처리분구 하수관로 정비
 - 대전천 좌안, 옥계동 상류 하수관로 정비
 - 대청호 하수관로 확장(2단계)
 - 노후관로(1단계 긴급보수) 정비
 - 서구 내동 일원 하수관로 정비
 - 대덕구 오정동 일원 하수관로 정비
 - 서구 복수동 일원 하수관로 정비
 - 노후관로(2단계 긴급보수) 정비
- 하지만 현재 예정된 하수관로 사업은 모두 기존의 하수처리구역 내에서 분류식화 및 노후관거를 개량하는 것으로 삭감계획으로 적용하기에는 어려움이 있음

2) 공공하수도 편입에 의한 삭감계획 수립

- 5와 같이 단독정화 및 오수처리 지역의 공공하수도 편입은 발생부하량에 대한 처리율의 차이로 인하여 부하량의 삭감이 생성됨.
 - 물론 하수관거에 유입됨에 따라 관거누수부하량 및 관거월류부하량이 추가되기도 하지만 처리율에 의한 삭감부하량이 크기 때문에 일반적으로 공공하수도의 편입계획은 삭감부하량이 생성되는 사업이라고 할 수 있음

3) 공공하수도 편입에 의한 삭감부하량 산정방법

○ 부하량은 다음의 수식에 의하여 산정함

$$\begin{aligned} & \text{공공하수도 편입에 의한 삭감부하량} \\ & = \text{단독정화(오수처리) 배출부하량} - \text{공공하수처리시설 배출부하량} \\ & \quad - (\text{공공하수도 편입에 의해 증가하는 관거월류/누수부하량}) \end{aligned}$$

- 삭감부하량 산정에 필요한 단독정화(오수처리) 배출부하량, 공공하수처리시설 배출부하량은 일반 수식이 아닌 수계오염관리기술지침에서 제시하는 방법에 의하여 산정함
- 또한 관거월류부하량 및 관거누수부하량은 공공하수도 편입 전·후의 부하량 차이를 이용하여 산정·적용함

7절 계획 개발사업의 재검토

1. 삭감계획 수립의 한계 및 기존 개발계획의 문제점

1) 수질오염총량제 삭감계획 수립의 한계

- 제1단계 및 제2단계 수질오염총량제의 삭감계획은 주로 시행계획에서 구체적인 방법 및 부하량을 제시함
- 제1단계의 삭감계획을 다음의 [표 3-32]에 나타내었음

[표 3-33] 제1단계 수질오염총량제 삭감계획

삭감계획		삭감량 (BOD)	방법
할당 방법	대전하수처리장 3차처리시설	3,033.0	방류수질 개선(9.7 → 6 mg/L) 계획방류유량 819,761 m ³
	대전하수처리장 계곡수 및 불명수 차단	719.0	6 mg/L 방류수질에 대한 119,761 m ³ /일 불명수 저감
	3·4폐수종말처리장 운전방법 개선	187.0	방류수질 개선(9.72 → 6.6 mg/L) 계획방류유량 60,000 m ³
	자운대오수처리장 3차처리	46.0	방류수질 개선(11.6 → 6.5 mg/L) 계획방류유량 9,000 m ³
	후석하수처리장 신설	24.0	개별배출오수를 병합처리함 (배출수질 31.0 → 7.0 mg/L) 계획방류유량 1,000 m ³
할당 이외의 방법	하수처리구역 확대	119.0	오수처리, 단독정화 개별배출을 하수처리화 함에 따른 배출 저감
	월류배출량 감소	2,651.1	합류식 관거의 분류식화로 월류배출 저감

- 제1단계 기간 동안 주 삭감계획은 개별 할당대상시설에서의 사업들로 대전하수처리장 및 자운대오수처리장의 3차처리 시설을 추가, 3·4폐수종말처리장에서는 운영방법 개선에 의한 방류수 수질 개선

이 주된 삭감방안이었음. 또한 흑석동 토지구획정리사업 및 주변마을의 발생하수를 처리하기 위해 2005년까지 흑석하수처리장을 신설하는 삭감계획을 수립하였음

- 할당이외의 방법으로는 하수처리구역 확대 및 하수관거 분류식화로 인한 월류배출 감소를 위한 계획이 수립되었음

○ 제2단계의 삭감계획을 다음의 [표 3-34]에 나타내었음

- 대전하수처리장에 유입되는 유량을 감소시키는 방안이 주된 삭감방안이었음. 당시 대전시에는 하수관거 분류식화 및 개선을 위한 계획이 추진 중이었으며, 다른 어떠한 방법보다 결과를 보증할 수 있는 삭감계획이었음
- 제2단계 기간은 환경부에서 비점오염원의 삭감을 유도하던 시기로 합류식하수관거유출수(CSOs)의 저감을 위한 저류조의 설치가 장려되었음. 하지만, 저류조 설치에 의한 실제 삭감부하량이 수질오염총량제에서 산정되는 삭감부하량보다 작게 표현되어 주요 삭감계획으로 진행하기에 어려움이 있었음

[표 3-34] 제2단계 수질오염총량제 삭감계획

삭감계획		삭감량 (BOD)	방법
할당 방법	대전하수처리장 유입유량 감소	600.0	6 mg/L 방류수질에 대한 100,000톤/일 관거유입 저감
	불명수 유입량 저감	329.7	6 mg/L 방류수질에 대한 54,958톤/일 불명수 저감
할당 이외의 방법	우수토실, 저류조	606.0	우수토실, 저류조 설치에 의한 비점오염원의 저감
	하수처리구역 확대	202.1	오수처리, 단독정화 배출을 하수처리화 함에 따른 배출 저감

- 위와 같이 하수처리장의 수질개선, 하수관거정비사업에 의한 유입유량 및 불명수의 감소, 하수처리구역 확대에 의한 단독정화 배출의 억제, 저류조 등의 설치에 의한 비점오염물질의 저감 등의 삭감이 이루어져 왔음. 이러한 삭감계획의 고도화 및 확대가 제3단계부터는 진행이 어려운 상황에 있음
- 이에, 제3단계에서는 다음의 [표 3-34]와 같이 삭감계획의 적용에 일부 변화가 나타났음
 - 하수처리장의 방류수질을 낮추는 방안은 처리시설의 한계에 도달하여 제외됨. 단, 자운대오수처리장과 같이 방류수질이 높은 시설을 처리효율이 높은 처리시설로 이송 처리하는 방법이 추가됨
 - 불명오염원의 발견에 의한 하수관거 정비 사업이 추가됨
 - 비점저감시설의 설치는 큰 삭감은 없지만 새로이 추가됨

[표 3-35] 제3단계 수질오염총량제 삭감계획

삭감계획		삭감량 (T-P)	방법
할당 방법	대전하수처리장 불명수 유입량 저감	5.166	0.240 mg/L 방류수질에 대한 21,524 m ³ /일 불명수 저감
	대전하수처리장 방류수 재활용	14.880	0.240 mg/L 방류수질에 대한 62,000 m ³ /일 방류수 재활용
할당 이외의 방법	하수처리구역 확대	4.164	오수처리, 단독정화 배출을 하수처리화 함에 따른 배출 저감
	하수관거정비	21.787	대전1,2산업단지 관거정비를 통한 오점배출의 개선
	비점저감시설 설치	6.260	대전산업단지 재생사업지구 내 저류지 설치
	비점저감시설 설치	0.410	대전도안 갑천지구 친수구역 조성사업 내 인공습지 설치
	자운대오수처리장의 대상처리시설 변경	10.095	대전하수처리장으로 대상처리시설 변경으로 배출수질 개선 (2.000→0.240 mg/L)

2) 수질오염총량제 개발계획 수립의 문제점

- 제1단계 및 제2단계 수질오염총량제 결과를 보면 공통적으로 기본계획보다 시행계획에서 더 많은 개발부하량이 할당되며, 이행평가 기간 중에 개발사업이 추가 할당됨
 - 개발사업을 기본계획 및 시행계획 기간 동안 모두 수집하여 할당하는 것은 매우 어려운 일로, 이행평가 기간 중에 새로 추진되는 사업을 파악하여 시행계획을 변경해야 했음
- 반면 최종적으로는 시행계획 및 시행계획 변경에 의하여 최종 할당된 개발계획에 비하여, 실제 이루어진 최종년도의 개발계획은 일치하지 않음
 - 단지, 개발계획만 세우고 구체적인 실행방안이 없는 개발계획이 다수 존재함

[표 3-36] 단계별 개발부하량 할당 및 최종 소비된 부하량 비교

	기본계획 ¹⁾	시행계획 ²⁾	최종계획 ³⁾	최종이행 ⁴⁾
제1단계 (2006~2010년)	3,093.0	1,131.9	996.61	825.55
제2단계 (2011~2015년)	1,566.7	1,620.8	1,038.45	517.63

- 1) 갑천A, 금분F, 금분G, 금분H 단위유역의 개발계획부하량임(BOD 기준)
- 2) 갑천A, 금분G, 금분H 단위유역의 개발계획부하량임(BOD 기준)
- 3) 갑천A, 금분F, 금분G, 금분H 단위유역의 최종년도 시행계획 변경을 통한 최종 개발계획부하량(BOD 기준)임
- 4) 갑천A, 금분F, 금분G, 금분H 단위유역의 최종년도 이행평가에서 조사된 실제 완공된 개발부하량임(BOD 기준)

2. 개발사업 현황 및 변화

○ 개발사업 취합 시기에 따른 사업건수 및 개발부하량의 변화

- 아래의 [표 3-36]에서 나타다듯이 기본계획에서는 59개 개발사업에서 T-P 22.803 kg/일의 부하량이 배출되었음
- 시행계획에서는 68개 개발사업에서 T-P 20.634 kg/일의 부하량이 배출됨
- 이행평가에서는 개발사업이 98건으로 증가하였지만 배출부하량은 15.111 kg/일로 감소하였음

[표 3-37] 수질오염총량제 진행에 따른 개발부하량의 변화

계획명	계획건수	개발면적(km ²)	T-P		
			계	점	비점
제3단계 수질오염총량제 기본계획	59	18.169	22.803	7.835	14.968
제3단계 수질오염총량제 시행계획	68	18.579	20.634	6.359	14.275
제3단계 수질오염총량제 2016년 이행평가	98	14.656	15.111	5.622	9.489

3. 개발사업의 정리

- 앞으로 제3단계 수질오염총량제가 진행되면서 개발사업 진행에 많은 변화가 있을 것으로 판단됨
- 시행계획에 할당된 개발계획이 제3단계 기간 동안 완료될 수 있는지에 대해서 지속적인 검토 및 관계부서 협의를 거쳐 관리해야 함
- 특히, 주택재개발사업, 도시환경정비사업 등과 같이 사업진행이 지연되는 사업은 지속적인 관심으로 완공여부를 모니터링해야 함

[표 3-38] 수질오염총량제 진행 중 취하/연기된 개발사업

계획명	완공 년도	변경 사항	T-P		
			계	점	비점
대전역세권 재정비촉진계획	2020	4단계 연기	0.022	0.000	0.022
보문산성역사공원 조성사업	2020	취하	0.000	0.000	0.000
대전광역시 도시철도 기본계획	2020	4단계 연기	0.640	0.343	0.297
대덕연구개발특구 2단계 개발사업-용산지구	2017	취하	0.908	0.329	0.579
대흥동 1구역 주택재개발 정비사업	2016	4단계 연기	0.119	0.036	0.083
유천 1+2구역 도시환경정비사업	2020	취하	1.221	0.441	0.780
노은3 보금자리주택지구 조성사업	2017	사업중복	0.200	0.074	0.126
안영 생활체육시설단지 조성사업	2020	4단계 연기	0.000	0.000	0.000
용두동2구역 주택재개발정비사업	2016	4단계 연기	0.097	0.030	0.067
양지근린공원 및 가로공원 조성사업	2020	4단계 연기	0.000	0.000	0.000
도안지구 2단계 도시관리계획결정	2020	4단계 연기	3.818	0.000	3.818
어남동 도시관리계획 (폐기물처리시설)	2016	사업중복	0.009	0.009	0.000

4장

결론 및 정책제언

1. 결론
2. 정책제언

4장 결론 및 정책제언

1. 결론

- 대전시의 성공적인 수질관리와 지속가능한 발전을 위해서는 할당부하량 준수 및 개발사업에 대한 부하량을 확보하기 위한 대안이 필요함
 - 이에, 지금까지와는 다른 방법의 삭감계획 발굴이 필요함
- 고속도로의 비점오염원 저감
 - 지금까지 도로의 투수성포장 및 청소 외에 강수시 유출되는 오염물질의 처리에 의한 삭감계획은 없었음
 - 대전시 내 고속도로에서 한국도로공사에서 2013~2014년에 설치한 7개의 비점오염저감시설에서 BOD 1.01 kg/일, T-P 0.026 kg/일을 삭감할 수 있었음
- 간이공공처리시설의 적용
 - 수질오염총량제에서는 3단계 기본계획부터 관거월류를 월류와 간이공공방류로 구분하여 오염부하량을 산정하고 시설 설치에 따른 간이공공 방류수질 개선효과를 삭감량으로 관리
 - 대전시는 2015년부터 1차처리수 방류수를 간이공공처리시설 유출수로 데이터화 함
 - 3단계 시행계획에서의 삭감전 하수처리장 월류부하량과 2015년 간이공공처리시설 유출 모니터링 결과를 비교하여 2020년 기준으로 BOD 1241.69 kg/일, T-P 34.312 kg/일을 삭감할 수 있었음
- 물순환 선도도시, 비점오염원 관리지역
 - 건전한 물순환체계의 확보, 비점오염물질의 저감 및 주민친화공간 조성을 위해서 강우 유출수 저감을 위한 저영향개발을 확대하는 물순환선도도시 및 비점오염원관리지역을 진행하고 있음
 - 물순환선도도시는 현재 기본계획 수립이 진행 중이고, 비점오염원

관리지역은 환경부에서 갑천유역을 선정하여 관리할 예정임

- 삭감을 위한 세부적인 계획이 없는 상황에서 삭감부하량을 산정하기 어려운 상황이며, 삭감부하량은 비점오염원 특성상 크지 않을 것으로 판단됨

○ 단독정화처리구역의 하수처리구역화

- 단독정화조가 하수관거에 연결되어 있지만, 해당시설을 폐쇄하지 않아 관리대장에 남겨져 있는 상황이 있음
- 필요성이 떨어지는 단독정화조를 폐쇄하여 하수처리구역을 확대할 수 있으며, 이로 인하여 배출부하량을 삭감할 수 있음
- 하수처리구역 중 정화조가 설치되어 있는 지역을 중심으로 삭감계획을 적용할 경우 10,341인이 대상이 되며 이는 BOD 882.46 kg/일, T-P 38.758 kg/일의 삭감이 산정되었음

○ 투수성포장의 적용

- 개발사업을 진행할 때에는 지목의 변화가 생기지 않도록, 지목변화가 있어도 토지이용의 형태가 불투수층이 아닌 투수층을 유지하여 토지계 오염배출을 줄일 수 있음
- 2015년 이후에 적용한 대전시 투수성 향상 사업은 총 25개로 BOD 2.19 kg/일, T-P 0.044 kg/일의 삭감부하량이 산정되었음

○ 하수관로 정비에 의한 저감

- 가수원동 일원 하수관로 정비 등의 사업이 있었음
- 반면, 이러한 사업은 기존 하수처리구역 내 분류식 관로 신설 및 기존관로 개량이 목적으로 하수처리율을 높이는 하수처리구역의 확장이 되지 않아 삭감부하량 산정이 되지 않음

○ 계획 개발사업의 재검토

- 반면 최종적으로는 시행계획 및 시행계획 변경에 의하여 최종 할당된 개발계획에 비하여, 실제 이루어진 최종년도의 개발계획은 일치

하지 않음. 단지, 개발계획만 세우고 구체적인 실행방안이 없는 개발계획이 다수 존재함

- 이에, 기존에 수립된 개발계획이 그대로 진행되는지를 검토하여 취하 및 연기된 개발계획의 개발부하량을 추가 개발계획에 할당할 수 있음

[표 4-1] 대전시 추가 T-P 삭감계획 및 삭감부하량

계획명	분류	삭감부하량 (kg/일)		삭감 여부	비고
		BOD	T-P		
고속도로의 비점오염원 저감	비점	1.01	0.026	불가능	2015년 이전에 완공하여 삭감부하량 산정 어려움
간이공공처리시설 적용 및 모니터링	점	646.25~738.58	16.268~24.493	가능	기본계획 변경으로 지역개발부하량 확보
물순환선도도시, 비점오염관리지역	비점	-	-	가능	설치계획이 없어 수치 제시 어려움. T-P 1kg/일 미만으로 예상
단독정화처리의 하수처리구역화	점	882.46	38.758	가능	단독정화조를 폐쇄한 증명이 필요함
투수성포장의 적용	비점	2.19	0.044	가능	투수성포장을 진행하는 부서의 적극적인 협조사 필요함
하수관로 정비	점	-	-	불가능	하수관거의 개선을 대상화한 것으로, 삭감부하량 산정 불가
계획 개발사업의 재검토	점	31.62	1.262	가능	모든 개발계획에 대한 지속적인 모니터링 있어야 가능
	비점	252.97	5.772	가능	
합계	점	1,560.33	56.288	가능	고속도로 비점오염원 저감, 하수관로정비 삭감계획은 제외
	비점	255.16	5.816	가능	

※ 참고1 : 제3단계 수질오염총량관리 기본계획 T-P 개발부하량은 총 22.803 kg/일임 (점 7.825 kg/일, 비점 14.968 kg/일)

※ 참고2 : 제1단계 및 제2단계의 기본계획 할당부하량 대비 최종 사용부하량의 비율은 각각 26.7%, 32.9%임

2. 정책제언

- 할당부하량 준수를 위한 삭감계획을 준수하기 위하여 다음과 같은 노력이 필요함
- 고속도로의 비점오염원 저감
 - 토지계에서 가장 많은 오염배출이 있는 지목은 대지로, 그 중에서 교통량이 많은 고속도로 및 주요도로의 배출은 공공구역의 수질에 큰 영향을 미침
 - 반면, 지금까지는 한국도로공사가 대청호유역에 설치한 비점오염저감시설이 거의 유일한 도로 오염물질의 저감시설로 이의 확대가 요구됨
 - 특히, 도로에서 하천으로 직접 유입되는 오염물질은 하천수질 및 생태계에도 영향을 미치므로 하천과 가까운 도로를 우선으로 하여 비점오염저감시설을 확대해야 할 것임
- 간이공공처리시설의 적용
 - 간이공공처리시설의 모니터링은 가장 적은 비용으로 가장 확실한 효과를 도출할 수 있는 방법임
 - 2015년에 진행한 1차침전지 배출 모니터링과 같은 방법으로 1년 동안 있었던 모든 간이처리배출수에 대한 유량과 수질을 모니터링이 필수적임
 - 2020년 이전에 반드시 계획에 도입될 수 있도록 모니터링 예산을 편성하여야 하며, 그 모니터링 결과로 2018년 이전에 시행계획 변경을 실시하는 것이 바람직 함
- 물순환 선도도시, 비점오염원 관리지역
 - 물순환 선도도시 및 비점오염원 관리지역으로부터의 삭감부하량은 그 규모에 비하여 크지 않을 것으로 예상됨
 - 하지만 이러한 사업에 의한 도심 물순환의 정상화가 기대되므로 지

속적인 관심이 필요함

○ 단독정화처리구역의 하수처리구역화

- 단독정화처리는 공공하수처리장에서 배출하는 농도보다 매우 높게 배출되어 수질관리 및 할당부하량 준수를 위해서는 지속적인 단독정화조 저감이 필요함
- 단, 한꺼번에 모든 단독정화조를 폐쇄하는 것 보다는 하천수질의 영향, 대상지역, 할당부하량 준수와의 관계를 고려한 계획을 수립 후 제4단계 수질오염총량제 기간까지 진행할 필요가 있음
- 특히, 단독정화조를 폐쇄할 때에는 이를 증명할 수 있는 증빙을 반드시 구축하여야 함

○ 투수성포장의 적용

- 투수성포장이 T-P 배출부하량 삭감에 미치는 영향은 크지 않은 것으로 나타남
- 하지만 투수성포장은 물순환 선도도시 및 비점오염원 관리지역의 진행에서 중요한 LID 기법 중 하나임
- 이러한 투수성포장 등의 저감을 높이기 위한, 그리고 관리의 효율성을 높이기 위한 방법을 지속적으로 모니터링/선정해야 할 것임

○ 계획 개발사업의 재검토

- 제3단계 수질오염총량관리 기간 동안 개발사업은 수많은 변화가 있을 것으로 예상됨
- 이에, 모든 개발사업을 잠재적 취하/연기가 가능한 사업으로 인식하여야 함. 또한 지역개발부하량의 효율적인 활용을 위해 수시적으로, 그리고 지속적으로 개발사업을 추진하는 부서와 협조 하에 진행상황을 모니터링 하여야 할 것임

○ 위와 같은 개발상황을 고려하면 [표 4-2]와 같이 절차를 수행하여야 하고 [표 4-3]과 같은 년도별 삭감부하량이 예상됨

[표 4-2] 대전시 추가 T-P 삭감계획 수립을 위한 절차

계획명	2018	2019	2020	2021~
고속도로의 비점오염원 저감	대상지 분석	삭감주체 결정	4단계 삭감	삭감적용
간이공공처리시설 적용 및 모니터링	모니터링비 확보(유량, 수질)	모니터링 실시	모니터링 실시 기본계획 변경	모니터링 실시
물순환선도도시, 비점오염관리지역	적용요소 검토	삭감량 산정	4단계 삭감	삭감적용
단독정화처리의 하수처리구역화	5개구청과 단독정화처리 삭감 협의	삭감량 산정	4단계 삭감	삭감적용
투수성포장의 적용	관련부서와 협의	삭감량 산정	4단계 삭감	삭감적용
하수관로 정비	계획시 적용	계획시 적용	계획시 적용	계획시 적용
계획 개발사업의 재검토	지속 모니터링 이행평가 적용	지속 모니터링 이행평가 적용	지속 모니터링 이행평가 적용	지속 모니터링 이행평가 적용

[표 4-3] 년도별 적용가능 T-P 삭감부하량

T-P 삭감부하량	2018	2019	2020	2021~
점 (kg/일)	1.262		16.268~ 24.493	38.758
비점 (kg/일)	5.816			

※ 참고 : 2019년까지는 투수성포장 및 기본계획 개발사업 중 취하/연기된 개발할당부하량을 이용하여 신규 개발사업 진행. 추가 개발사업 중 규모가 큰 사업은 2020년 이내에 완공이 어려운 상황으로 간이공공처리시설로부터의 삭감으로 개발부하량을 확보

참고문헌

- 국립환경과학원(2014), 금강수계 3단계 수질오염총량관리 기본계획 관련 자료요청
- 국립환경과학원(2014), 수질오염총량관리기술지침
- 대전광역시(2016), 대전광역시 수질오염총량관리 시행계획 2015년 이행평가 보고서
- 대전광역시(2015), 수질오염총량관리제 협의관련 검토결과 보고
- 대전광역시(2014), 2020도시교통정비 중기계획
- 이재근(2014), 금강유역의 오염원 특성과 할당부하량 비교연구
- 이재응, 여운광, 심재현, 강태호(2001), 투수성 포장재를 사용한 우수유출 저감효과 분석
- 환경부(2015), 간이공공하수처리시설 설치 및 운영·관리 지침
- 환경부(2006), 비점오염원관리 업무편람
- 환경부(2013), 수질오염총량관리기본방침
- 환경부(2012), 오염총량관리시행계획 이행평가기준, 환경부고시 제2012-192호
- 환경부(2014), 2014년도 전국오염원 조사지침
- 환경부(2017), 2015년 하수도통계