

현안과제연구

Issue Report

2018. 12. 14

CONTENTS

< 요약 >

- I. 배경 및 목적
- II. 제3단계 계룡시 금강수계 수질오염총량관리 시행계획
- III. 목표수질 및 할당부하량 준수를 위한 환경기초시설 운영방안
- IV. 향후 관리계획

계룡시 수질오염총량관리 시행을 위한 효율적인 환경기초시설 운영방안

김홍수 충남연구원 물환경연구센터 책임연구원(adonis@cni.re.kr)

최정호 충남연구원 물환경연구센터 전임연구원(kongbi79@cni.re.kr)

본 연구는 제3단계 계룡시 수질오염총량관리제 시행지역의 계룡 하수종말처리장 할당부하량 초과에 따른 대응방안 및 목표수질 준수를 위한 수질개선 방안을 제시

요 약

- 계룡시 갑천A, 논산A 단위유역 3단계(2016년~2020년) 할당부하량을 달성하기 위하여 시행계획에서 제시된 삭감계획 이행을 높이기 위한 방안마련이 필요
- 환경기초시설 운영방안
 - ① 계룡하수종말처리장 운영을 정상상태로 유지하기 위한 원인분석 및 개선을 통하여 방류수 수질기준 준수
 - ② 현재 3단계 삭감계획으로 제시된 방류수 수질기준 강화에 따른 시설 개선 및 고도화 필요
 - ③ 하수처리구역 내 불명수, 관거정비 상태 등 실태조사를 통한 개선방안 마련
 - ④ 계룡하수종말처리장의 삭감부담률을 분담할 수 있는 신규 시설 설치 필요
- 향후 관리계획
 - 3단계 시행계획에서 제시된 광석, 도곡, 향안마을하수처리시설의 조기 착공 및 4단계 추가 삭감방안 마련 필요
 - 삭감시설 설치 및 관리와 함께 지역개발사업 협의과정에서 배출부하량을 최소화 하기 위하여 LID(저영향개발기법)을 활용하고 비점저감시설 설치 등을 유도하여 3단계 지역개발부하량을 초과하지 않도록 관리

● 배 경

- 「금강수계 물관리 및 주민지원 등에 관한 법률」(이하 “금강수계법”이라 한다)제11조에 따라 계룡시 관할 단위유역의 목표수질을 준수하기 위하여 오염총량관리 시행계획을 수립·시행하여야 함
- 「금강수계법」 제12조에 따라 지자체장(계룡시장)은 목표수질을 달성 및 유지하기 위하여 필요하다고 인정되면 오염물질을 배출하는 사업장에 대하여 오염부하량을 할당할 수 있음
- 제3단계 금강수계 계룡시 수질오염총량관리 시행계획(이하 “계룡시 시행계획”이라 한다)에서는 할당대상시설로 지정한 계룡하수종말처리장이 최근 방류수질 초과로 인하여 총량관리 부과금을 지출하고 있는 실정임

● 연구목적

- 계룡시 할당부하량 준수를 위한 단위유역별 관리방안 제시
- 계룡시하수종말처리장 방류수 수질개선 및 할당부하량 준수 방안 제시
- 계룡시의 수질개선 정책수립 및 수질오염총량관리제 추진 시 기초자료로 활용

● 연구범위

- 대상기간 : 2018년 ~ 2020년
- 대상물질 : 총인(T-P)
- 대상범위 : 갑천A, 논산A 단위유역(계룡시 전지역)

제3단계 계룡시 금강수계 수질오염총량관리 시행계획 ◀

02

1) 수립범위 및 대상지역

- 관련규정 : 금강수계 물 관리 및 주민지원 등에 관한 법률 제11조
- 계획기간 : 2016. 1. 1. ~ 2020. 12. 31.
- 목표연도 : 제3단계 2020년
- 관리 대상물질 : T-P
- 시행계획 수립대상 및 단위유역별 목표수질

단위유역	대상물질	목표수질 (mg/L)	평가수질(mg/L)		시행계획 수립여부
			'13~'15	'14~'16	
갑천A	BOD	5.2	5.2	5.0	×
	T-P	0.200	0.337	0.234	○
논산A	BOD	3.9	3.7	3.5	×
	T-P	0.146	0.197	0.168	○

- 계룡시 유역구분 현황

시·군	단위유역	총유역		관할유역		
		면적(km ²)	소유역수	면적(km ²)	소유역수	점유율
계룡시	갑천A	526.2	37	44.3	1	8.4%
	논산A	665.2	32	16.5	1	2.5%

◎ 계룡시 금강수계 단위유역도



2) 계룡시 시행계획 주요내용

◎ 단위유역별 오염원 현황 및 전망(kg/일)

단위 유역	오염원	2016년	2017년	2018년	2019년	2020년
갑천A	인구(인)	33,715	32,524	41,269	44,102	44,111
	물사용량(m³/일)	11,068.4	10,963.8	14,001.0	14,846.5	14,845.6
	축산사육 (두수)	젖소	0	0	0	0
		한우	66	125	125	125
		돼지	0	490	490	490
		말	0	0	0	0
		양·사슴	533	216	216	216
		개	158	2,040	2,040	2,040
		가금	155	196	196	196
		합계	912	3,067	3,067	3,067
	폐수배출업소수(개소)	14	21	21	21	21
	산업폐수발생량(m³/일)	439.6	695.8	695.8	695.8	695.8
	산업폐수배출량(m³/일)	434.1	660.9	660.9	660.9	660.9
	토지면적(km²)	전	1.872	2.194	2.084	1.964
		답	2.050	2.760	2.498	2.256
		임야	28.359	27.895	27.647	27.491
		대지	4.799	4.158	4.573	4.788
		기타	7.309	7.239	7.444	7.616
		합계	44.389	44.246	44.246	44.246
	양식장시설면적(m²)	0	0	0	0	0
	매립장침출수시설수(개소)	1	1	1	1	1
	매립장침출수발생량(m³/일)	21.3	63.3	63.3	63.3	63.3
논산A	인구(인)	9,123	10,346	10,545	10,746	10,946
	물사용량(m³/일)	2,171.5	3,171.4	3,235.1	3,287.9	3,340.4
	축산사육 (두수)	젖소	0	0	0	0
		한우	345	351	351	351
		돼지	0	0	0	0
		말	0	0	0	0
		양·사슴	0	65	65	65
		개	10	277	277	277
		가금	550	206	206	206
		합계	905	899	899	899
	폐수배출업소수(개소)	11	5	5	5	5
	산업폐수발생량(m³/일)	67.2	48.2	48.2	48.2	48.2
	산업폐수배출량(m³/일)	54.6	20.0	20.0	20.0	20.0

단위 구역	오염원		2016년	2017년	2018년	2019년	2020년
	토지면적(km ²)	전	0.940	0.962	0.957	0.957	0.957
		답	1.845	1.755	1.709	1.704	1.700
		임야	11.464	11.453	11.425	11.422	11.420
		대지	1.354	1.446	1.461	1.465	1.469
		기타	0.730	0.854	0.918	0.922	0.924
		합계	16.333	16.470	16.470	16.470	16.470
	양식장시설면적(m ²)		0	0	0	0	0
	매립장침출수시설수(개소)		0	0	0	0	0
	매립장침출수발생량(m ³ /일)		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

● 단위구역별 T-P 배출부하량 현황 및 전망(kg/일)

단위 구역	오염원그룹		연도별 T-P 배출부하량(kg/일)				
			2016년	2017년	2018년	2019년	2020년
갑천A	생활계	점	4.772	5.244	6.011	6.322	5.030
		비점	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		소계	4.772	5.244	6.011	6.322	5.030
	축산계	점	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		비점	0.169	0.758	0.758	0.758	0.758
		소계	0.169	0.758	0.758	0.758	0.758
	산업계	점	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006
		비점	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		소계	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006
	토지계	점	0.369	0.786	0.770	0.755	0.549
		비점	15.751	15.088	15.237	15.354	15.382
		소계	16.120	15.874	16.007	16.109	15.931
	양식계	점	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		비점	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		소계	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	매립계	점	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
		비점	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		소계	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
	합계	점	5.148	6.037	6.788	7.084	5.586
		비점	15.920	15.846	15.995	16.112	16.140
		소계	21.068	21.883	22.783	23.196	21.726
논산A	생활계	점	0.946	1.511	1.556	1.584	0.586
		비점	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		소계	0.946	1.511	1.556	1.584	0.586

단위 구역	오염원그룹		연도별 T-P 배출부하량(kg/일)				
			2016년	2017년	2018년	2019년	2020년
	축산계	점	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		비점	0.774	0.905	0.905	0.905	0.905
		소계	0.774	0.905	0.905	0.905	0.905
	산업계	점	0.000	0.044	0.044	0.044	0.044
		비점	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		소계	0.000	0.044	0.044	0.044	0.044
	토지계	점	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		비점	5.910	6.054	6.084	6.089	6.095
		소계	5.910	6.054	6.084	6.089	6.095
	양식계	점	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		비점	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		소계	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	매립계	점	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		비점	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		소계	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	합계	점	0.946	1.555	1.600	1.628	0.630
		비점	6.684	6.959	6.989	6.994	7.000
		소계	7.630	8.514	8.589	8.622	7.630

● 단위구역별 T-P 할당부하량(kg/일)

단위 구역	오염원 그룹		할당부하량			삭감부하량	잔여량
			계	오염부하량	개발부하량		
갑천A	생활계	점	5.408	4.020	1.388	1.295	0.068
		비점	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		계	5.408	4.020	1.388	1.295	0.068
	축산계	점	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		비점	0.779	0.779	0.000	0.000	0.021
		계	0.779	0.779	0.000	0.000	0.021
	산업계	점	0.006	0.006	0.000	0.000	0.000
		비점	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		계	0.006	0.006	0.000	0.000	0.000
	토지계	점	0.601	0.558	0.043	0.193	0.009
		비점	15.806	15.603	0.203	0.000	0.424
		계	16.407	16.161	0.246	0.193	0.433
	양식계	점	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

단위 유역	오염원 그룹		할당부하량			삭감부하량	잔여량
			계	오염부하량	개발부하량		
		비점	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		계	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	매립계	점	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000
		비점	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		계	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000
	합계	점	6.016	4.585	1.431	1.488	0.077
		비점	16.585	16.382	0.203	0.000	0.445
		계	22.601	20.967	1.634	1.488	0.522
논산A	생활계	점	0.782	0.652	0.130	1.028	0.083
		비점	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		계	0.782	0.652	0.130	1.028	0.083
	축산계	점	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		비점	0.975	0.912	0.063	0.000	0.007
		계	0.975	0.912	0.063	0.000	0.007
	산업계	점	0.059	0.050	0.009	0.000	0.006
		비점	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		계	0.059	0.050	0.009	0.000	0.006
	토지계	점	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		비점	6.555	6.074	0.481	0.000	0.043
		계	6.555	6.074	0.481	0.000	0.043
	양식계	점	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		비점	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		계	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	매립계	점	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		비점	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		계	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	합계	점	0.841	0.702	0.139	1.028	0.089
		비점	7.530	6.986	0.544	0.000	0.050
		계	8.371	7.688	0.683	1.028	0.139

◎ 계룡시 할당시설 지정현황(T-P)

단위유역	할당시설명	시설 용량 (m ³ /일)	계획 유량 (m ³ /일)	계획 수질 (mg/L)	할 당 부하량 (kg/일)
갑천A	계룡하수종말처리시설	27,000	16,146	0.25	4.037

목표수질 및 할당부하량 준수를 위한 환경기초시설 운영방안 ◀

03

1) 단위유역별 수질현황

- ◎ “금강수계법” 시행규칙 별표2에 따라 금강수계 오염총량관리 목표수질 지점에 대한 목표수질 달성여부를 평가하고 있음
- ◎ 계룡시 관할 단위유역인 갑천A, 논산A 단위유역은 관리대상항목 BOD, T-P 모두 만족하고 있음
- ◎ 단위유역 목표수질 측정결과

단위 유역	대상 항목	목표 수질	연도별수질				평가수질		평가결과	
			2014	2015	2016	2017	'14~'16	'15~'17	'14~'16	'15~'17
갑천A	BOD	5.2	3.4	3.1	3.1	3.1	3.2	3.1	달성	달성
	T-P	0.200	0.124	0.092	0.119	0.128	0.110	0.110	달성	달성
논산A	BOD	3.9	3.6	3.2	3.0	3.6	3.3	3.3	달성	달성
	T-P	0.146	0.140	0.091	0.131	0.129	0.121	0.117	달성	달성

- ◎ “금강수계법” 시행규칙 별지 서식3호에 따른 환경부에서 측정한 단위유역 및 소유역 측정자료를 토대로 LDC*기법을 이용하여 유량조건 등에 따른 수질 평가결과 갑천A 단위유역은 BOD는 2016년 보다 수질이 개선(초과율 8.4%→7.3%)되었으나, T-P는 악화(초과율 7.2%→9.8%)됨
- ◎ 논산A 단위유역은 BOD는 2016년 보다 수질이 악화(초과율 36.6%→40.0%)되었으나, T-P는 개선(초과율 24.4%→22.5%)되었음

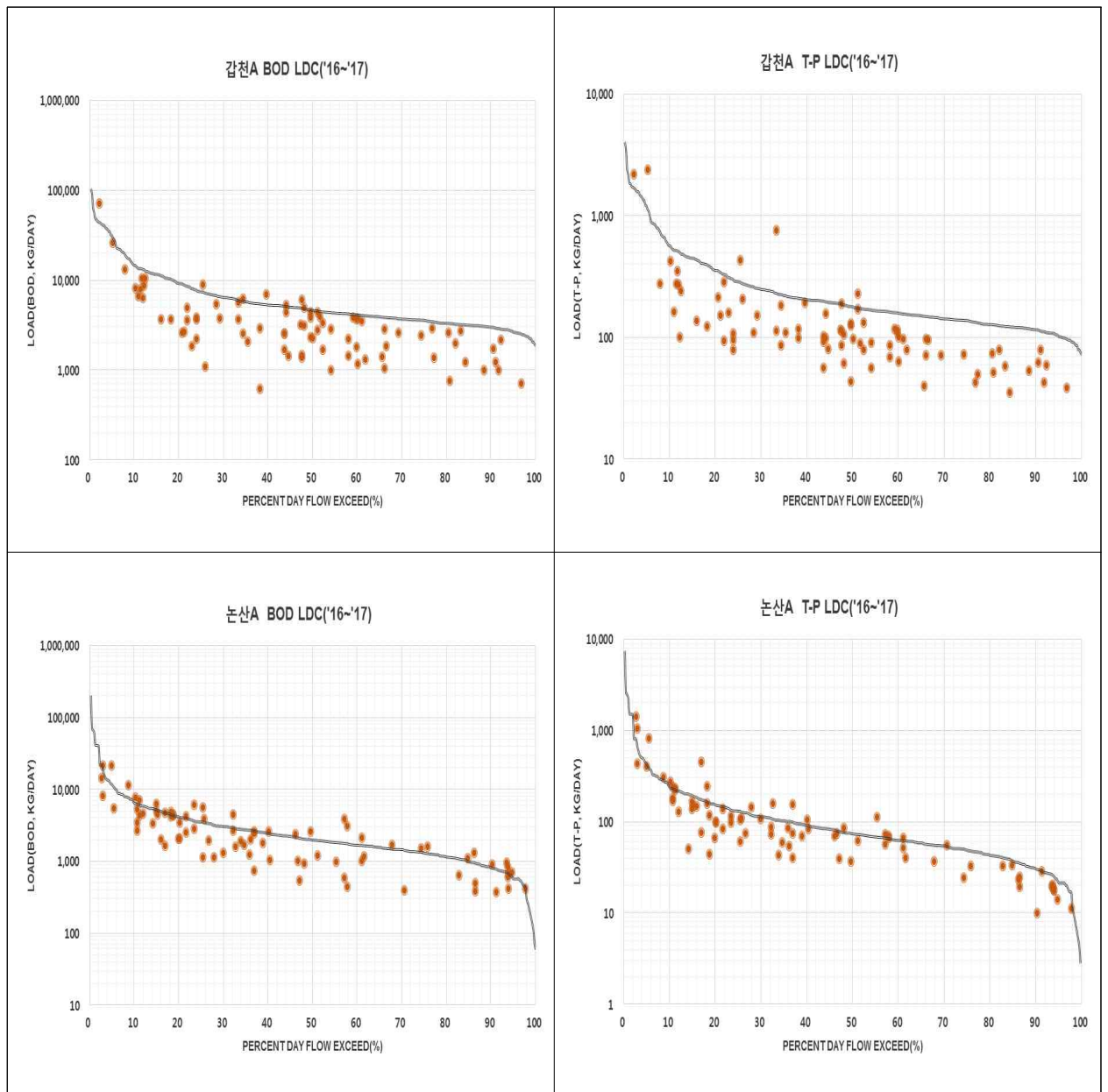
* LDC(부하지속곡선, Load Duration Curve) : 일별 유량자료와 수질자료로부터 부하량을 산정하여 목표(기준)수질 대비 유량 지속간격(초과확률)별로 도식화한 곡선

● 단위유역 유량구간별 수질측정자료 평가결과

단위 유역	구분		유량구간 (Flow Duration Interval, %)						
			0~10	10~40	40~60	60~90	90~100	전체	
			홍수	풍수	평수	저수	갈수		
갑천A	전체 측정 자료수		3	29	28	18	5	83	
	측정 자료수		1	11	14	10	5	41	
	전체 평균유량(m^3/sec)		66.990	19.394	10.292	8.022	6.261	14.786	
	평균유량(m^3/sec)		96.150	20.661	10.172	7.573	6.261	13.972	
	BOD	2016년~ 2017년	초과자료수	1	3	3	0	0	7
			초과율(%)	33.3%	10.3%	10.7%	0.0%	0.0%	8.4%
			초과순위	1	3	2	4	4	-
		2017년	초과자료수	1	1	1	0	0	3
			초과율(%)	100.0%	9.1%	7.1%	0.0%	0.0%	7.3%
			초과순위	1	2	3	4	4	-
	T-P	2016년~ 2017년	초과자료수	2	2	2	0	0	6
			초과율(%)	66.7%	6.9%	7.1%	0.0%	0.0%	7.2%
			초과순위	1	3	2	4	4	-
		2017년	초과자료수	1	1	2	0	0	4
			초과율(%)	100.0%	9.1%	14.3%	0.0%	0.0%	9.8%
			초과순위	1	3	2	4	4	-
논산A	전체 측정 자료수		6	42	13	12	9	82	
	측정 자료수		3	16	6	9	6	40	
	전체 평균유량(m^3/sec)		40.886	12.062	5.901	3.776	1.947	10.872	
	평균유량(m^3/sec)		53.420	10.348	5.553	4.068	1.813	10.166	
	BOD	2016년~ 2017년	초과자료수	3	12	5	6	4	30
			초과율(%)	50.0%	28.6%	38.5%	50.0%	44.4%	36.6%
			초과순위	1	5	4	1	3	-
		2017년	초과자료수	1	4	3	6	2	16
			초과율(%)	33.3%	25.0%	50.0%	66.7%	33.3%	40.0%
			초과순위	3	5	2	1	3	-
	T-P	2016년~ 2017년	초과자료수	4	8	6	2	0	20
			초과율(%)	66.7%	19.0%	46.2%	16.7%	0.0%	24.4%
			초과순위	1	3	2	4	5	-
		2017년	초과자료수	2	1	4	2	0	9
			초과율(%)	66.7%	6.3%	66.7%	22.2%	0.0%	22.5%
			초과순위	1	4	1	3	5	-

- 1) 전체측정자료 : 단계시작년도부터 누적 활용하여 평가
- 2) 측정자료수 : 해당연도 이행평가 기간의 자료만 활용하여 평가
- 3) 전체평균유량은 연간 측정값의 산술평균
- 4) 평균유량은 해당 이행평가 기간 내 측정값의 산술평균

● 단위유역 유량구간별 LDC 현황



2) 오염부하량 배출현황

- ◎ 「금강수계법」 및 같은 법 시행령과 시행규칙, 오염총량관리 기본방침, 수질오염총량관리기술지침, 오염총량 관리시행계획 이행평가기준(환경부고시 제2016-157호, '16.07.29)에 따르며, 계룡시 수질오염총량관리시행계획의 이행사항을 평가

※ 금강특별법 제11조 제3항, 같은법 시행규칙 제19조, 3대강 오염총량관리시행계획 이행평가 기준 고시(환경부고시 제2016-157호, 2016.07.29)에 의거 시행계획에 대한 전년도(2017년도) 이행평가 결과를 금강유역환경청 및 금강수계관리 위원회에 제출

- ◎ 계룡시 수질오염총량관리 시행계획 2017년 이행평가 결과 단위유역별 할당부하량을 준수하는 것으로 나타났음

- ◎ 계룡시 할당부하량 준수여부 평가 (단위:T-P, kg/일)

단위 유역	오염원		2017년 시행계획(A)	2017년 이행평가(B)	이행(B) -시행(A)	할당 준수여부
갑천A	생활계	점	5.344	4.077	-1.267	할당준수
		비점	0.000	0.000	0.000	할당준수
		계	5.344	4.077	-1.267	할당준수
	축산계	점	0.000	0.000	0.000	할당준수
		비점	0.758	0.155	-0.603	할당준수
		계	0.758	0.155	-0.603	할당준수
	산업계	점	0.006	0.009	0.003	할당초과
		비점	0.000	0.000	0.000	할당준수
		계	0.006	0.009	0.003	할당초과
	토지계	점	0.827	0.377	-0.450	할당준수
		비점	15.528	15.990	0.462	할당초과
		계	16.355	16.367	0.012	할당초과
	양식계	점	0.000	0.000	0.000	할당준수
		비점	0.000	0.000	0.000	할당준수
		계	0.000	0.000	0.000	할당준수
	매립계	점	0.001	0.001	0.000	할당준수
		비점	0.000	0.000	0.000	할당준수
		계	0.001	0.001	0.000	할당준수
	합계	점	6.178	4.464	-1.714	할당준수
		비점	16.286	16.145	-0.141	할당준수

단위 구역	오염원		2017년 시행계획(A)	2017년 이행평가(B)	이행(B) -시행(A)	할당 준수여부
		계	22.464	20.609	-1.855	할당준수
논산A	생활계	점	1.511	0.949	-0.562	할당준수
		비점	0.000	0.000	0.000	할당준수
		계	1.511	0.949	-0.562	할당준수
	축산계	점	0.000	0.000	0.000	할당준수
		비점	0.905	0.796	-0.109	할당준수
		계	0.905	0.796	-0.109	할당준수
	산업계	점	0.044	0.001	-0.043	할당준수
		비점	0.000	0.000	0.000	할당준수
		계	0.044	0.001	-0.043	할당준수
	토지계	점	0.000	0.000	0.000	할당준수
		비점	6.290	5.964	-0.326	할당준수
		계	6.290	5.964	-0.326	할당준수
	양식계	점	0.000	0.000	0.000	할당준수
		비점	0.000	0.000	0.000	할당준수
		계	0.000	0.000	0.000	할당준수
	매립계	점	0.000	0.000	0.000	할당준수
		비점	0.000	0.000	0.000	할당준수
		계	0.000	0.000	0.000	할당준수
	합계	점	1.555	0.950	-0.605	할당준수
		비점	7.195	6.760	-0.435	할당준수
		계	8.750	7.710	-1.040	할당준수

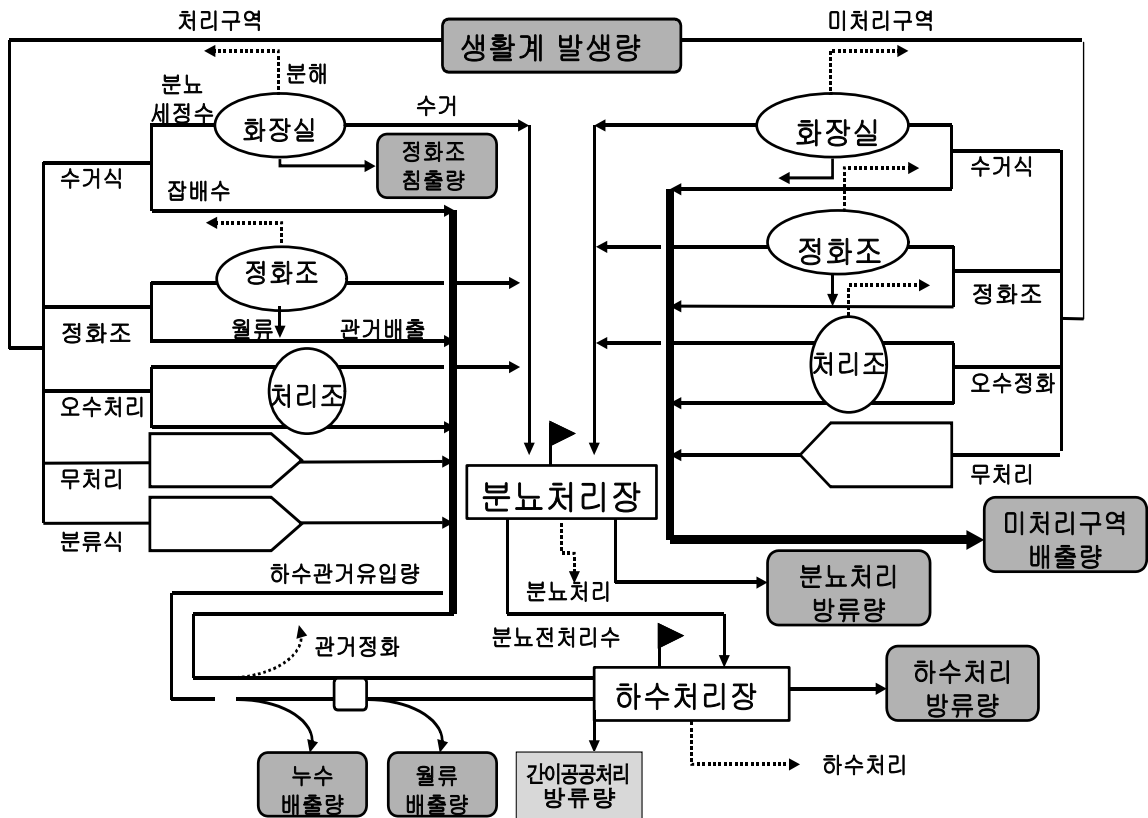
3) 삭감계획 추진현황

- “계룡시 수질오염총량관리 시행계획”에서는 단위구역별 할당부하량을 준수하기 위하여 삭감계획을 제시하여야 하며, 삭감계획에서는 삭감방법별 처리규모, 사업기간, 삭감부하량, 시설비용, 관련계획의 반영여부 등에 관한 사항이 포함
- 환경기초시설 신설, 처리구역 확대 및 연계처리에 따른 삭감부하량은 "기술지침"에 따라 시설 준공 전·후 처리구역의 배출부하량의 차이로 산정

● 생활계 배출부하량 산정

- ① 생활계 배출원은 환경기초시설의 처리구역과 미처리구역으로 대분하여 처리구역은 우수와 오수를 함께 배제하는 합류식 관거 사용인구와 우수와 오수를 분리하여 배제하는 분류식 관거 사용인구로, 미처리구역은 재래식화장실(수거식), 정화조, 오수처리시설 사용인구로 세분
- ② 재래식 화장실 사용인구의 오염물질 배출경로는 잡배수의 하수배출, 분뇨의 화장실에서의 분해, 침출 및 농지환원, 분뇨처리장 이송으로 세분
- ③ 정화조 사용인구의 오염물질 배출경로는 분뇨 및 세정수의 정화조에서의 분해, 정화조오니의 분뇨처리장 이송, 정화조 상등액과 잡배수의 하수배출로 세분
- ④ 오수처리시설 사용인구의 오염물질 배출경로는 잡배수와 분뇨의 오수처리시설 분해, 정화조오니의 분뇨처리장 이송, 처리수의 방류로 세분
- ⑤ 합류식 하수처리구역내에서 오수처리시설 사용인구의 분뇨는 정화조 수준의 개별처리 후 관거로 유입, 분류식관거 사용인구의 잡배수와 분뇨는 개별처리 없이 직접 관거로 유입
- ⑥ 분뇨처리장으로 이송된 수거식 분뇨와 정화조오니의 배출경로는 처리 후 공공수역으로의 직접방류와 병합처리시설로의 연계처리로 구분
- ⑦ 관거로 유입된 생활계 오염물질의 배출경로는 다음과 같이 세분
 - 관거저류변화 : 관거에서 오염물질의 분해, 침전 및 퇴적, 관거 퇴적물의 재부상으로 인한 변화
 - 관거누수 : 관거불량 부위로부터 오염물질의 누수
 - 관거월류 : 우기시 관거용량 부족으로 합류식 관거의 맨홀로부터 오염물질의 월류, 분류식 관거의 맨홀 등으로부터 오염물질의 월류
 - 관거이송 : 환경기초시설 처리시설로의 이송·유입
 - 간이공공처리방류 : 우기시 처리용량 부족으로 간이공공처리시설을 통해 방류
 - 방류 : 환경기초시설 처리시설에서의 처리 후 방류

● 생활계 오염물질 배출구조



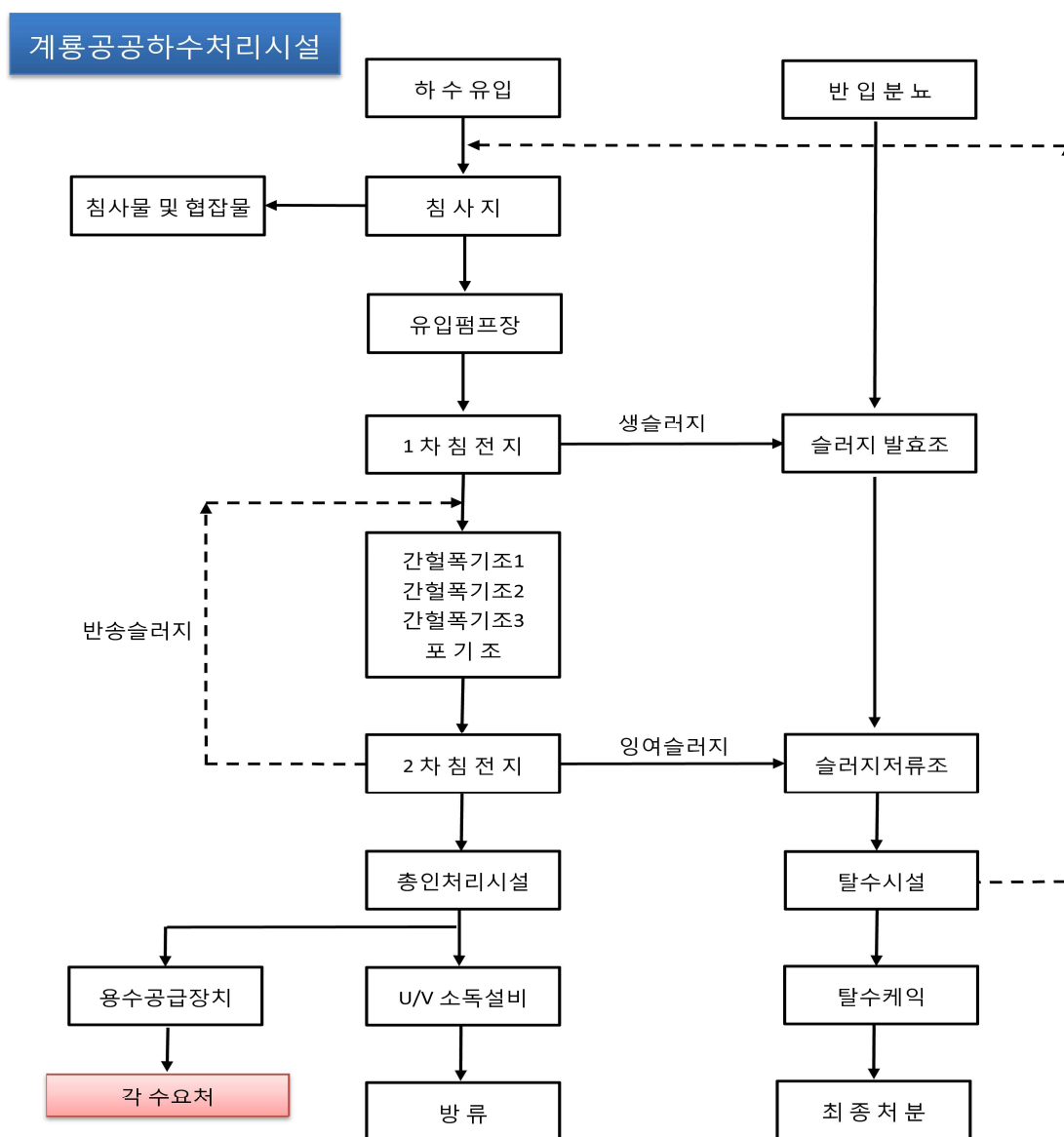
● 2020년까지 계룡시는 4개소 삭감계획(환경기초시설 신·증설, 방류수질 개선)을 통해 T-P 부하량을 1.709kg/일 삭감할 계획임

삭감시설명	삭감방법	시설용량 (m³/일)	삭감부하량 (kg/일)
계룡하수종말처리장	방류수 수질개선	27,000	1.301
광석마을하수처리시설	환경기초시설 신설	50	0.118
도곡마을하수처리시설	환경기초시설 신설	50	0.226
향한마을하수처리시설	환경기초시설 신설	40	0.064

- 계룡공공하수처리시설은 기존 표준활성슬러지공법을 강화된 방류수 수질기준 만족하고, 금강수계의 깨끗한 상수원을 확보하여 국민 보건향상에 기여할 수 있도록 주요시설물 개선계획이 있음

● 계룡하수종말처리장 현황 및 처리공정도

명 칭	시설용량(m ³ /일)	수처리 공법	비 고
계룡하수종말처리장	27,000	간헐식접촉산화법 (Denipho)	



● 계룡하수종말처리장 주요시설물 개선계획

시설물	시 설 개 요		개량 및 정비계획
	기존 시설물 현황	시설개선사업	
침사지 및 유입펌프장	중력식, W1.3m × L10.0m × H0.8m × 2지		기존시설 이용 (펌프정 2조로 분리)
일차침전지	평행류 장방형, W7.1m × L28.0m × H3.0m × 4지		기존시설 이용
간헐포기접촉 산화조(포기조)	상시포기식 장방형 W7.0m×L40.0m×H6.0m×4지	간헐포기식 장방형 W7.0m×L40.0m×H6.0m×6지	2지 증설 (포기장치 포함)
슬러지발효조 (소화조)	45Nm ³ /min×95kW×3sets	45Nm ³ /min×95kW×4sets	45Nm ³ /min×95kW 1set 증설
이차침전지	원형 Ø18.5m × H3.5m × 4지		기존시설 이용
여과시설	-	중력식 W8.6m×L10.0m×H3.5m	신설
소독시설	-	UV소독방식×1조	신설
방류펌프	-	수동펌프 10.0m ³ /min×H6.0m×3대	신설
슬러지 저류조	원형 Ø7.0m × H3.0m × 2조		슬러지 저류조로 활용
탈수시설	벨트프레스 3대(1대 예비)	농축탈수기로 교체 30m ³ /hr × 2대	기존 시설물 교체

● 계룡하수종말처리장 개선계획 주요내용

구 분	기존시설 현황	시설개선사업
침사지 설비	· 스크린 간격 큼, 협잡물 유입 · 침사 세정장치의 세정 및 운반불능 · 유지관리용 호이스트 없음	· 스크린 간격 조정 · 세정장치 교체 · 침사지 유지관리용 호이스트 신설
일차침전지 설비	· 생슬러지펌프→농축조로 이송 · 슬러지수집기 불량	· 생슬러지펌프→슬러지발효조로 이송 · 생슬러지펌프 교체 · 슬러지수집기 1대만 교체
포기조 설비	· 산기장치 폐쇄 · 산소전달율 저하 · 송풍량 부족	· 고도처리공정과 병합하여 막힘 없도록 산기장치 (수중포기기)로 교체 · 송풍기 1대 추가
소화조	· 소화조로 이용	· 소화 과정이 없어짐 · 슬러지발효조로 이용(조내에 교반기 설치)
여과+소독+방류설비	· 기존 활성슬러지 법에는 없음	· 여과설비 신설 · 소독설비 신설 · 방류펌프장 신설
슬러지 탈수설비	· 벨트탈수기	· 원심 농축탈수기로 교체
엄사중계 펌프장	· 협잡물 제거가 안 됨	· 협잡물 제거용 세목스크린 설치

- "계룡시 시행계획"에서는 계룡하수종말처리장의 T-P 항목의 방류수 수질을 기존 0.3mg/L에서 0.25mg/L로 개선할 계획임

● 계룡하수종말처리장 방류수 수질개선 계획

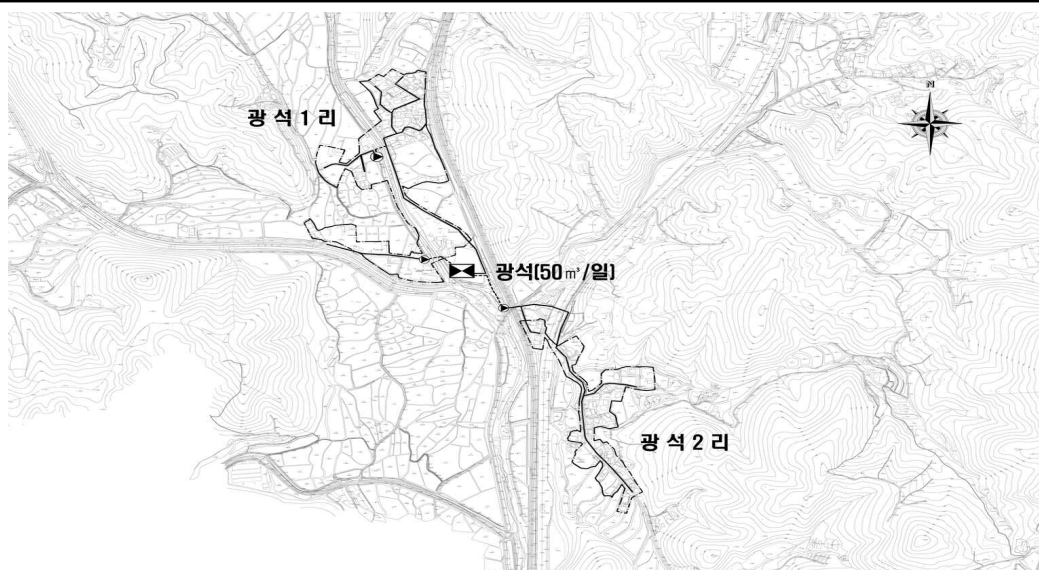
단위 구역	시설명	평균유량 (m ³ /일)	기준배출수질(mg/L)		비고
			BOD	T-P	
갑천A	계룡하수종말처리장	16,146	3.71	0.300	방류수 수질개선
			3.20	0.250	

● 계룡하수종말처리장 할당시설 지정현황

할당시설명	기존/ 신규	시설 용량 (m ³ /일)	계획배 출유량 (m ³ /일)	계획배 출수질 (mg/L)	할당 부하량 (kg/일)	할당부하량 이행시기(kg/일, 일자)				
						2016년	2017년	2018년	2019년	2020년
계룡하수 종말처리장	기존	27,000	16,146	0.300 (0.250)	4.844	4.844	4.844	4.844	4.844	4.037

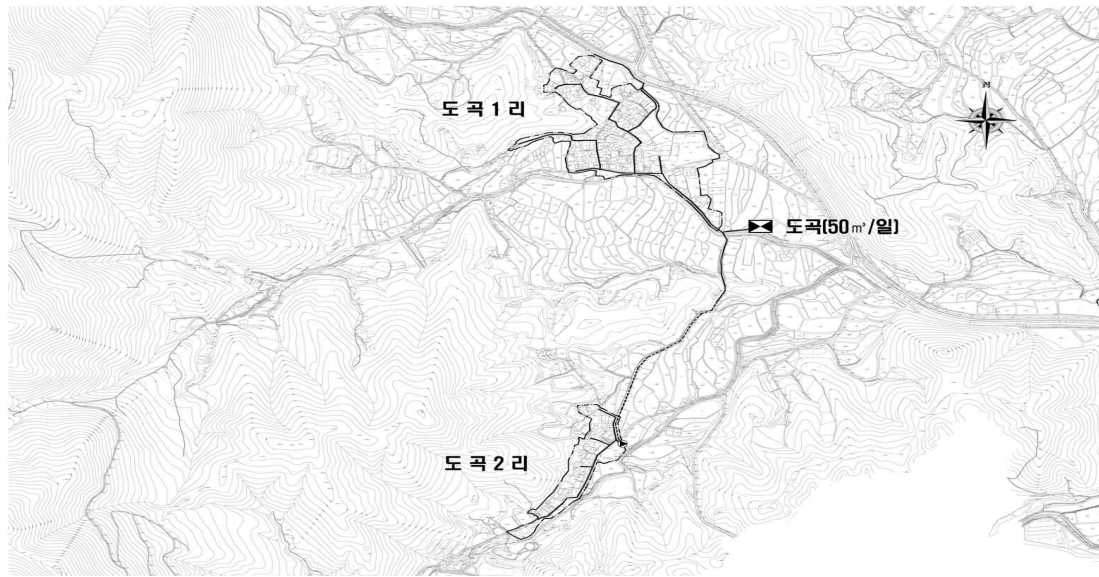
● 광석 마을하수처리시설 시설계획

시설명	대상마을	처리인구(인)	시설용량(m ³ /일)	관거계획(m)	비 고
광석	광석1, 2리	162	50	오수관 : 1,840 압송관 : 260	



● 도곡 마을하수처리시설 시설계획

시설명	대상마을	처리인구(인)	시설용량(m^3 /일)	관거계획(m)	비 고
도곡	도곡1리,2리	221	50	오수관 : 2,410 압송관 : 540	



● 향한 마을하수처리시설 시설계획

시설명	대상마을	처리인구(인)	시설용량(m^3 /일)	관거계획(m)	비 고
향한	향한2리	182	40	오수관 : 2,170 압송관 : 90	



4) 환경기초시설 운영현황

- 3단계 시행계획에서 제시된 삭감계획 4개소 중 계룡하수종말처리장을 제외한 3개소는 착공되지 않았으며, 현재 가동중인 하수종말처리장 운영현황을 검토하였음
- 계룡하수종말처리장의 최근 3년 운영자료를 분석한 결과 연도별 평균유량이 증가하는 것으로 나타났으며, 일최대 유량의 변동폭이 큰 것으로 조사됨
- 또한 T-P항목을 기준으로 평균수질은 방류수 수질기준을 준수하는 것으로 나타났으나 2018년의 경우 일최대수질이 3.899mg/L등과 같이 수질기준을 초과하는 횟수가 많은 것으로 조사됨

연도	평균			일최대		
	방류량 (m ³ /일)	T-P (mg/L)	배출량 (kg/일)	방류량 (m ³ /일)	T-P (mg/L)	배출량 (kg/일)
2016년	14,295	0.090	1.300	26,886	0.207	3.191
2017년	15,205	0.087	1.318	30,138	0.208	3.098
2018년	16,529	0.156	2.749	22,496	3.899	77.789
평균	15,247	0.108	1.712	30,138	3.899	77.789

● 할당대상시설 할당부하량 초과 분석결과

- 계룡하수종말처리장의 2018년 운영자료(2018.01.~2018.10.)를 기준으로 할당부하량 준수여부 평가결과 총 24회(8.5%)를 초과하는 것으로 분석되었으며, 갑천A 단위유역 할당부하량 및 할당대상시설 할당부하량 준수를 위한 조치계획이 필요한 것으로 판단됨

연도	할당부하량 (kg/일)	개수	할당준수	할당초과	초과율
2016년	4.844 (4.037)	366	366	0	-
2017년		365	365	0	-
2018년		284	260	24	8.5%

5) 환경기초시설 운영방안

- 계룡시는 2020년까지 계획된 3개 마을하수처리시설의 설치가 불확실하기 때문에 기존 운영중인 계룡하수종말처리장의 관리가 중요하며, 최종년도 할당대상시설 할당량을 준수하여 삭감계획을 이행할 수 있도록 해야함
- 삭감계획 불이행에 따른 갑천A 최종년도(2020년) 할당부하량 평가결과
 - 2017년 이행평가 자료를 기준으로 평가한 결과 ‘계룡하수종말처리장’의 할당량을 준수할 것으로 가정하더라도 최종년도(2020년) 갑천A 단위유역 할당부하량을 초과할 것으로 예상됨

구분	합계	오염원		지역개발	비고
		오염원 (처리장제외)	처리장		
갑천A 할당부하량	6.016	0.548	4.037	1.431	
할당부하량 달성 평가	6.253	<u>0.785*</u>	4.037	1.431	

※ 1. 할당부하량 달성 평가 오염원 : 2017년 이행평가 오염원 적용

- 계룡하수종말처리장의 2018년 운영현황을 분석한 결과 개발사업 준공에 따른 유입유량 증가요인과 처리공정 관리 문제로 인한 방류수 수질기준을 초과하는 경우가 발생하는 것으로 조사됨
- 따라서 계룡시 갑천A 단위유역 할당부하량, 계룡하수종말처리장 할당대상시설 할당량 준수를 위한 조치방안이 필요한 것으로 판단됨
 - ① 계룡하수종말처리장 운영을 정상상태로 유지하기 위한 원인분석 및 개선을 통하여 방류수 수질기준(T-P, 0.3mg/L) 준수 필요
 - ② 현재 3단계 삭감계획으로 제시되어 있는 방류수 수질기준 강화에 따른 시설 개선을 위하여 계룡시의 지원 필요
 - T-P 0.3mg/L(2016년~2019년) → 0.025mg/L(2020년)

- ③ 계룡시 지역의 특수성을 고려할 때 군사시설에서 유입되는 오·폐수량, 불명수, 관거정비 상태 등의 실태조사를 통하여 개선방안 마련 필요
- ④ 또한 지역적 특성에 의해 계룡시는 계룡하수종말처리장 운영이 단위 유역 할당부하량 달성에 직접적인 영향을 미치고 있기 때문에 추가로 삭감 및 할당을 분담할 수 있는 시설 설치가 필요함
- 추가 조치계획으로 4단계(2021년~2030년) 수질오염총량관리 시행을 준비하기 위하여 기존 삭감계획에 포함된 마을하수처리시설의 설치가 조기에 착공될 수 있도록 추진 필요

- 계룡시의 갑천A, 논산A 단위유역의 3단계 수질오염총량관리 할당부하량을 달성하기 위하여 시행계획에서 제시된 삭감계획 이행율을 높이기 위한 방안마련이 필요한 것으로 판단됨
- 3단계 시행계획에서 제시된 점 삭감시설 설치계획 추진 지연으로 인한 기존 운영시설(계룡하수종말처리장)의 부담이 커지고 있으며, 최종년도 할당부하량 초과가 우려되는 상황임
- 당초 삭감계획으로 제시된 광석, 도곡, 향한마을하수처리시설의 설치를 조기에 착공하여 삭감목표량을 달성할 수 있도록 할 필요가 있으며, 지연되어 추진될 경우 4단계(2021년~2030년) 수질오염총량관리 시행 시 삭감방안으로 활용
- 3단계 할당부하량 달성과 4단계 수질오염총량관리 시행을 위한 계룡하수종말처리장 운영방안 제시
 - ① 계룡하수종말처리장 운영을 정상상태로 유지하기 위한 원인분석 및 개선을 통하여 방류수 수질기준(T-P, 0.3mg/L) 준수 필요
 - ② 현재 3단계 삭감계획으로 제시되어 있는 방류수 수질기준 강화에 따른 시설 개선을 위하여 계룡시의 지원 필요
 - T-P 0.3mg/L(2016년~2019년) → 0.025mg/L(2020년)

- ③ 계룡시 지역의 특수성을 고려할 때 군사시설에서 유입되는 오·폐수량, 불명수, 관거정비 상태 등의 실태조사를 통하여 개선방안 마련 필요
 - ④ 또한 지역적 특성에 의해 계룡시는 계룡하수종말처리장 운영이 단위 유역 할당부하량 달성에 직접적인 영향을 미치고 있기 때문에 추가로 삭감 및 할당을 분담할 수 있는 시설 설치가 필요함
- 삭감시설 설치 및 관리와 함께 지역개발사업 협의과정에서 배출부하량을 최소화하기 위하여 LID(저영향개발기법)을 활용하고, 비점저감시설 설치 등을 유도하여 3단계 지역개발부하량을 초과하지 않도록 관리하여야 함
- 계룡시의 수질오염총량관리제 시행현황을 분석한 결과 타 지역에 비해 불리한 수계 여건과 추가 삭감방안 부재로 인한 문제점을 해결하기 위하여 향후 단계별 수질오염총량관리제 시행을 위한 체계적인 관리방안 마련이 시급한 것으로 판단됨

◆ 참고 자료 ◆

환경부, ‘금강수계 물관리 및 주민지원 등에 관한 법률’

환경부, ‘금강수계 물관리 및 주민지원 등에 관한 법률 시행령’

환경부, ‘금강수계 물관리 및 주민지원 등에 관한 법률 시행규칙’

환경부, 2013, 수질오염총량관리기본방침

국립환경과학원, 2014, 수질오염총량관리기술지침

충청남도, 2015, 제3단계 충청남도 금강수계 수질오염총량관리 기본계획

계룡시, 2016, 제3단계 계룡시 금강수계 수질오염총량관리 시행계획

계룡시, 2018, 계룡시 오염총량관리 시행계획 2017년 이행평가